



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Científica

Numero 35(2)

Mayo-Agosto de 2019

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ciencias y Educación

ISSN 0124-2253
e-ISSN 2344-2350

Rector

Dr. Ricardo García Duarte

Vicerrector académico

Dr. William Fernando Castrillón Cardona

Director Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico

Dr. Giovanni Tarazona Bermúdez



Centro de
**INVESTIGACIONES Y
DESARROLLO CIENTÍFICO**

EDITORIA

Dra. Adriana Patricia Gallego Torres

COMITÉ EDITORIAL/CIENTÍFICO

Dr. Vicente A. Talanquer
University of Arizona (Estados Unidos)

Dra. Stephanye Zarama Alvarado
University of Massachusetts Amherst (Estados Unidos)

Dr. Marco Antonio Moreira
Universidad Federal de Río Grande del Sur (Brasil)

Dra. Tania Pérez Bustos
Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

Dra. Johanna Camacho González
Universidad de Chile (Chile)

Dr. Rubén González Crespo
Universidad Pontificia de Salamanca (España) (Colombia)

Dr. Luis Fernando Martínez Arcade
Ecole nationale d'Ingénieurs de Tarbes (Francia)

Mg. Edwin Millán Rojas
Universidad de la Amazonia (Colombia)

Dr. Jaime Duvan Reyes Roncancio
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Dr. Agustín Aduriz Bravo
Universidad Autónoma de Buenos Aires (Argentina)

Dr. Charbel Nino El Hani
Universidade Federal da Bahia (Brasil)

Dra. Amparo Vílchez
Universidad de Valencia (España)

Dr. Mario Quintanilla Gatica
Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)

Graciela Utges
Universidad de Rosario (Argentina)

Dr. Carlos Furio Mas
Universidad de Valencia (España)

Dr. Roberto Figueroa Molina
Universidad del Atlántico (Colombia)

COMITÉ TÉCNICO

Ingri Gisela Camacho Triana
Gestor editorial

David Mauricio Valero Gonzalez
Diagramación y fotografía de portada

Fabián Gullavan
Corrector de estilo

Julieth Rincón
Marcación XML-JAST

NATURALEZA REVISTA CIENTÍFICA

Periodicidad

La Revista Científica tiene una periodicidad cuatrimestral, los números circulan los meses de enero, mayo y septiembre.

Alcance

La Revista Científica es una revista de acceso abierto. Publica artículos científicos en el área de las Ciencias de la Educación, cubriendo los campos de la Física, la Química, la Biología, las Matemáticas, Ciencias de la Computación, Ciencias Ambientales, Educación Científica e ingeniería. El objetivo es difundir investigaciones inéditas y originales, de calidad científica elaborados por los miembros de la comunidad académica y profesional nacional e internacional. Todas las conclusiones presentadas en los artículos deben estar basadas en el estado actual del conocimiento y soportadas por un análisis riguroso y una evaluación equilibrada. La revista acepta artículos de investigación, revisión y reflexión en español e inglés.

Indexación

Bases de datos

- Publindex Categoría C
- SciELO
- Academic Journal Database
- EMERGING SOURCES CITATION INDEX- Thomson Reuters
- EBSCO Fuente Academica Premier Plus
- EBSCO Academic Search Premier
- Google metrics
- Google Scholar
- MIAR
- Informe Académico (GALE)
- PROQUEST

Catálogos, Directorios y Repositorios

- LATINDEX
- DOAJ Directory of Open Access Journals
- Dialnet
- Sherpa/Romeo
- Dulcinea
- REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico)
- Actualidad Iberoamericana
- Periodica
- Clase
- BASE
- Journal TOCS
- SUNCAT
- NEBIS (recherche Zürich)
- find ejournal(Universidad de Chicago)
- ent (Universidad de Strasbourg)
- BIU Santé
- WILBERT (Wildauer Bücher+E-Medien Recherche-Tool)
- ERIH PLUS
- (OAJI)
- WorldCat

Dirección postal

Carrera 7 # 40-53, piso 3, Bogotá, Colombia

Correo electrónico:

revcientifica-cidc@correo.udistrital.edu.co

Página web:

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

CONTENIDO

EDITORIAL

- ¿Qué es la Educación en Ingeniería? 156-157
Adriana Patricia Gallego-Torres

EDUCACIÓN CIENTÍFICA

- The STEAM como herramienta para fomentar los estudios de ingeniería 158-166
STEAM como herramienta para fomentar los estudios de ingeniería
María Amparo Oliveros Ruiz
- La Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Una experiencia para desarrollar el Pensamiento Crítico 167-182
The nature of science and technology. An experience to develop Critical Thinking
Vanessa Ortega-Quevedo, Cristina Gil Puente
- Las aulas virtuales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Estadística 183-191
Virtual classrooms in the teaching and learning process of Statistics
Dayana Alejandra Barrera, Nidia Danigza Lugo-López
- La educación en energías renovables desde las controversias socio-científicas en la educación en ciencias 192-200
Education in renewable energies from socio-scientific controversies in Science
Vladimir Ballesteros Ballesteros, Adriana Patricia Gallego-Torres
- La solución de un problema matemático no convencional por estudiantes universitarios 201-215
The solution of an unconventional mathematical problem by university students
Juan Arturo Hernández-Morales, Apolo Castañeda-Alonso, Rosa Isela González-Polo
- 50 años de institucionalización de la licenciatura en química en Colombia: Hacia un estudio histórico necesario en la UPN 216-224
50 years of institutionalization of the chemistry teachers training in Colombia. towards a historic study necessary at the UPN
Ricardo Andrés Franco-Moreno

CIENCIA E INGENIERÍA

- La espiral de Euler en la montaña rusa 225-233
The Euler spiral on the roller coaster
Javier Camilo García Matos, Nicolás Avilán Vargas
- Evaluación de ruido ambiental en alrededores a centros médicos de la localidad Barrios Unidos, Bogotá 234-246
Evaluation of environmental noise in the vicinity of medical centers in the Barrios Unidos area, Bogotá
Laura Maria Chaux Alvarez, Baudilio Acevedo Buitrago
- Prototipo para orientación de personas con discapacidad Visual mediante una aplicación para móvil 247-257
Prototype for orientation of visually impaired people using a mobile application
Dannyl Michell Zambrano, Yohanna Daniela Daza Álava



¿QUÉ ES LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA?

Las investigaciones en Educación en Ingeniería comenzaron a consolidarse a mediados del siglo XX. Así, por ejemplo, entidades como el Consejo para el Desarrollo Profesional de la Ingeniería (ECPD), hoy en día Consejo para la Acreditación para Ingeniería y Tecnología (ABET), American Society for Engineering Education, European Society for Engineering Education (SEFI) y la International Technology and Engineering Educators Association se plantearon la necesidad de establecer modelos propios para la formación de ingenieros alejados de los establecidos en las ciencias básicas que se adaptaran de la mejor manera posible a *los cambios económicos y sociales que se venían dando debido al crecimiento de las ingenierías*. Esta línea de investigación se consolidó con la creación de revistas especializadas como *Journal of Engineering Education (EJEE)*, *The International Journal of Engineering Education IJEE*, *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *Handbook Engineering Education*, entre otros.

En un principio, las dificultades estaban centradas en discutir problemas relacionados con la especificidad de las ingenierías y la necesidad de formular metodologías propias a la hora de formar a las próximas generaciones. Pero, ya en la década de 1980, cuando se dio paso a las didácticas específicas, las preocupaciones se centraron en la necesidad de formar ingenieros capaces de identificar y resolver cada vez más problemas globales, en lugar de problemas técnicos, como se pretendía en los inicios de la ingeniería como disciplina científica. Por ello, era importante para los ingenieros tener habilidades no solo en términos de su campo disciplinar particular, sino también en su capacidad para identificar los aspectos no técnicos de los problemas, la interacción entre estos aspectos y las posibles soluciones.

Entrado el siglo XXI, las investigaciones en educación en ingeniería empezaron a plantearse la necesidad no solo de formar los ingenieros desde una perspectiva social y humanística; se dio, además, la necesidad de plantear el desarrollo de competencias laborales y de sentar una base epistemológica. Lo anterior supondría plantearse cómo se genera el conocimiento y, sobre todo, cómo desarrollar en los estudiantes un pensamiento ingenieril; es decir, que piensen como ingenieros a la hora de plantearse desafíos y problemas contemporáneos y globales. Desde esta perspectiva, se pusieron en marcha modelos aprendizaje contextualizados a la enseñanza de la ingeniería, siendo uno de los más conocidos el ABP, el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas, como una estrategia que permitía que los estudiantes, a partir de situaciones problemáticas, trabajaran en equipo, fueran responsables de su propio aprendizaje a la vez que desarrollaban otro tipo de competencias y destrezas.

Otro de los problemas que se trabajaron durante este siglo en la Educación en Ingeniería fue el componente ético y moral, dado el significado social y los efectos

del conocimiento que generan las diferentes ingenierías. En este sentido, e instauradas las políticas ambientales y las economías solidarias, este tema ha tomado mayor auge con la entrada del siglo XXI, en el que son importantes las reflexiones sobre los caminos que debemos seguir en materia de investigación y desarrollo; sobre todo, teniendo en cuenta que los recursos naturales se están agotando y la enorme cantidad de desechos tecnológicos que se producen a diario en el planeta.

Desde este último punto es que la *Revista Científica*, que dedica una de sus secciones a la educación científica, hace un llamado a la necesidad de reformular las propuestas educativas de formación de ingenieros en Colombia y en Latinoamérica. Propondemos por una discusión y reflexión acerca del significado social de los ingenieros del siglo XXI y exhortamos que se planteen modelos educativos contextualizados pero acordes a las necesidades globales, siendo conscientes de que la introducción e integración de estos aspectos en la educación en ingeniería no es una tarea fácil y requiere enfoques innovadores y de un mayor número de investigaciones en el campo.

Adriana Patricia Gallego-Torres Ph.D
Editora





STEAM as a tool to encourage engineering studies

STEAM como herramienta para fomentar los estudios de ingeniería

STEAM como uma ferramenta para incentivar estudos de engenharia

Maria Amparo Oliveros-Ruiz¹

Received: February de 2019

Accepted: April de 2019

Citation: Oliveros-Ruiz, M., A. (2019). STEAM as a tool to encourage engineering studies. *Revista Científica*, 35(2), 158-166. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14526>

Abstract

In recent times women have been making their way into engineering, one of the most booming fields internationally. However, women enrollment in these careers in Mexico has grown slowly, only about 30 % of the total student population enrolled in an engineering related program are women. For the purposes of this research, a survey was applied to the students of three universities in the northwest region of Mexico conformed a STEAM network aiming to promote enrollment, retention and gender equality on STEM careers, in order to present the outcome about their motivation for this career choice. As well as the future performance model of female students enrolled in engineering degrees. Findings have shown that there is no female model to follow, so it is proposed to include a Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) model in the Schools of Engineering to increase preference and enrollment of women in this area of knowledge.

Keywords: Engineering, gender, STEM teaching, Role models.

Resumen

En los últimos tiempos, las mujeres se han estado abriendo camino hacia la ingeniería, uno de los campos más florecientes a nivel internacional. Sin embargo, la inscripción de mujeres en estas carreras en México ha crecido lentamente, solo alrededor del 30% de la población estudiantil inscrita en un programa relacionado con la ingeniería son mujeres. Para los fines de esta investigación, se aplicó una encuesta a los estudiantes de tres universidades de la región noroeste de México conformando una red STEAM con el objetivo de promover la inscripción, la retención y la igualdad de género en las carreras STEM, con el fin de presentar el resultado sobre su motivación para esta elección de carrera. Además del futuro modelo de desempeño de las alumnas matriculadas en carreras de ingeniería. Los hallazgos han demostrado que no hay un modelo femenino a seguir, por lo que se propone incluir un modelo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM) en las escuelas de ingeniería para aumentar la preferencia y la inscripción de mujeres en esta área de conocimiento.

¹. Universidad Autónoma de Baja California México. México. amparo@uabc.edu.mx

Palabras clave: ingeniería, género, enseñanza STEM, modelos a seguir.

Resumo

Nos últimos tempos, as mulheres estão abrindo caminho na engenharia, um dos campos mais florescentes internacionalmente. No entanto, a matrícula de mulheres nas carreiras no México tem crescido lentamente, somente um 30% da população estudantil matriculada em um programa relacionado à engenharia são mulheres. Para os propósitos desta pesquisa, um questionário foi aplicado aos estudantes de três universidades na região noroeste do México formando uma rede STEAM com o objetivo de promover matrícula, retenção e igualdade de gênero em cursos STEM, a fim de apresentar o resultado sobre sua motivação para essa escolha de carreira. Além do modelo de desempenho futuro dos alunos matriculados em carreiras de engenharia. Os resultados mostraram que não existe um modelo feminino a seguir, por isso propõe-se incluir um modelo de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM) em escolas de engenharia para aumentar a preferência e a inscrição de mulheres nesta área de conhecimento.

Palavras-chaves: engenharia, gênero, ensino STEM, modelos.

Introduction

The low rate of young people enrolled in the areas of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) is a major international challenge. In studies of global innovation, mainly tertiary education, the STEM fields have been identified as a critical determinant in the level of innovation Pruitt, S.L. (2014). In the case of Mexico according to the National Association of Universities and Institutions of Higher Education (Anuies, 2013), only 30 % of women opt for a STEM career, the objective of this work is to determine data to understand the factors that define the motivation of women of STEM careers in three public universities: Autonomous University of Baja California, Polytechnic University of Baja California and University of Sonora Estate.

Young people and their interest in studying

A number of researches point to some gender differences in the choice of higher education studies (Holman *et al.*, 2018). The published studies on this subject offer numerous explanations and adopt diverse methodological approaches, but the common factors to be taken into consideration are social, economic, ethnic context; family context; gender issues; influence of schools and quality of teaching; interests and aptitudes for science (Ellis *et al.* 2016. Literature in this field has highlighted the influence of the family context on the motivation of the student's education and progress, and the importance of positive relationships between parents and children as a fundamental element for the adaptation and success in the educational context (Munk, 2011).

The underrepresentation of women

An investigation by (Cheryan *et al.*, 2017), summarizes the reasons for the underrepresentation of women in the STEM area: biological differences between men and women, lack of scientific preparation of teachers, poor attitude of women towards science as a consequence of a lack of positive experiences since childhood, the absence of female role models to follow in the areas of science and engineering, irrelevant curricula for women, pedagogy of science teaching favoring male students, "cold environments" for women in science classes; cultural pressure on women to adjust to traditional gender roles and an inherent view of the masculine world in scientific epistemology.

Progress of women in engineering

According to the National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics 2017; (NSF) in the United States, women's participation in undergraduate degrees has increased gradually from 1970 to 2013, from 43 % to 57 %. While in the case of Mexico, it was possible to increase from 16 % to 49 %, and the same happens

at the postgraduate level. The enrollment of women studying in the STEM area shows a significant increase from 28 % in 1970 to 50 % in 2015. The results show that women in the United States have reached a percentage close to or greater than 50 %, as an indicator of the progress in the inclusion of women and an increase in diversity.

In the case of Mexico according to ANUIES, in 2013 (women constituted 49 % of bachelor degrees and 46 % of P.H. D's in all fields. In the STEM areas, women represent 30 % of the undergraduate and 28 % of postgraduate populations. Compared to 1970 with 13 % of undergraduates and 7 % in postgraduates. There are few women who excel in the areas of science and technology according to the National Council of Science and Technology (Conacyt, 2012), 8.245 women and 15.072 men are registered in the National System of Researchers (SNI). This situation could be a consequence of family structure; in Mexico according to the Organization for Cooperation and Development (OECD, 2015), 34 % of children said that their parents expect them get jobs related to the STEM area, while only 13 % of women expressed that their parents expect them to work in these areas.

In the report of the first National Meeting of Young People in Engineering in November of 2015, regarding the presence of women in engineering, it was pointed out that there is still taboo-based gender discrimination such as women's intellectual incapacity given the greater male presence and that this limits the opportunities in the labor market. "It is not a matter of equity if not equality", it was settled, and the government is also urged to invest in a program of motivation for science and technology from the lower levels of education.

The OECD report, "The ABC of Gender in Education," shows progress in gender equality in member countries. In some disciplines, women have gained more ground than men. 56 % of university students in OECD countries are women and, according to various studies, women have demonstrated better performance, motivation, discipline, as well as a varied use of study strategies, in

careers that traditionally have not been considered suitable for them (Duarte *et al.*, 2011). However, a gender gap persists in engineering career choices. In figure 2, according to OECD 2015, only one in five students who graduated in the engineering fields were women. The lack of gender equality in these areas is oriented to the absence of role models of women scientists and engineers in education (Blickenstaff, 2005).

The importance of women scientists as role models

Several studies claim that fewer women than men decide to enter careers in STEM areas (Hill *et al.*, 2010). However, female students have shown better overall performance compared to their male counterparts (Rincón and George-Jackson, 2016). One way to encourage women to study in the STEM area is to show them role models of successful women in those areas (Lockwood, 2006). It is increasingly accepted that female role models are effective in inspiring girls like the books of the National Academy of Science and "Adventures of Women in Science" (Cheryan *et al.*, 2011)

STEM as a tool to encourage engineering studies

With the aim of promoting the insertion of women in the productive sector as a fundamental element for economic development, the OECD establishes educational policies for Latin America based on the STEAM model. In this manner, combines many different types of content that accentuate the educational strategies with the aim of motivating and avoiding desertion of women in engineering, besides, to understand the complex world, adopt the current signatures, acquire knowledge, experience, and to become leaders of their societies and nations.

Strategies include internship programs in companies for the practical application of knowledge acquired in school, implementation of experiential workshops, critical reading, debates, discussion

tables, critical thinking, science fairs and competitions, clubs and research networks, as well as workshops and talks of successful mentors in the STEM areas.

A step further is the teaching of Science and Art in an integrated manner, to be able to manage subjects of universal culture. Figure 1, with STEAM at its center, illustrates its competent experts and their activities that improve the wisdom, understanding, and knowledge of the students.

Methodology

To reach the objectives of this study, a questionnaire was applied to 426 enrolled women out of a total of 1421 students on STEM careers from the three universities, in order to investigate intrapersonal and interpersonal factors that may influence the choice of STEM courses, the questionnaire Relevance of Science Education questionnaire (ROSE-Q) was applied; this instrument is composed of closed questions (Schreiner and Sjoberg, 2004). For the purposes of this paper, 5 questions were selected to investigate the experiences of learning in school, the inspiration for the choice of career, as well as the future expectations of employment.

For the processing of the information obtained from the questionnaires we used the SPSS software,

a statistical package for data analysis with application in social and economic sciences research.

Results

Results showed the career choice profile through the students' responses to some of the items in the ROSE-Q, which raises the importance of the existing personal beliefs, the importance of people and future employment expectations.

When students were asked about their decision to pursue a career in engineering, they provided their opinions, most of which are linked to family, cultural background and particular aspirations.

Question 1. What motivated you to choose your career?

38% of students stated that their choice for engineering was informed, as they investigated the different courses of the program and the graduation profile. In addition, 18% chose their career based on job opportunities and activities in the field of work and it is surprising to find that for 25% of them, engineering was not their first choice, but they started a career in engineering, convinced by these opportunities. Only 19% stated that their engineering inclination was due to their preference



Figure 1. Activities of the experts that improve the wisdom, understanding, and knowledge of the students.

and mastery of mathematics. Being skilled in mathematics has always been a major incentive to study engineering; currently STEM represents a platform that encompasses science and technology with the study of mathematics.

Question 2. How influential the following people were on your career choice?

59% of the students have their parent's support. The above shows that families are changing their ideas of women's traditional role, to whom they strongly suggest and support, (Perkrun et al., 2014). Women who decided on STEM careers were those who grew up in a family environment where the parents dedicated themselves to these disciplines and could solve their concerns. 29% expressed feeling supported by their friends, and the lowest percentage was represented by teachers, indicating the need to strengthen the awareness of faculty members towards STEM activities.

Question 3. Is there a female role model to follow?

In the question regarding the existence of a female role model to follow (Figure 4), answers showed

that 75 percent of the women did not have one, 19 percent said they were motivated by their teachers and only 6 percent said they had an engineer in their families. For college students, having a role model can influence their career choice as well as their motivation to keep studying over the course of the program (Lockwood, 2006), as well as the inspiration for achieving better professional development conditions by obtaining a degree in engineering. Having a role model to follow provides important additional benefits, especially in women, influenced by attitudes, achievements, and support from others (Henes *et al.*, 1995).

Question 4. What is your goal?

When 59% of student's state that their goal by studying engineering is to demonstrate that they can do it, it becomes clear that most students are men and that women struggle to succeed in an adverse environment. In the literature, it is found that female engineering students are discouraged by strong competition. (Chesler and Chesler, 2002). 25% said that their goal was to apply to engineer and to do projects and only 8% stated that their goal was to become entrepreneurs and to start their own companies.



Figure 2. Source: Prepared.

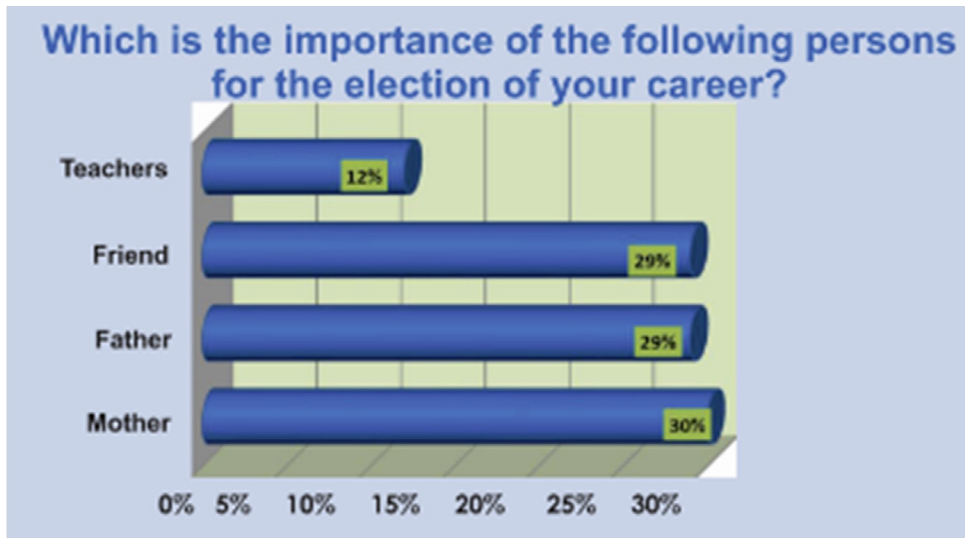


Figure 3. Source: Prepared.

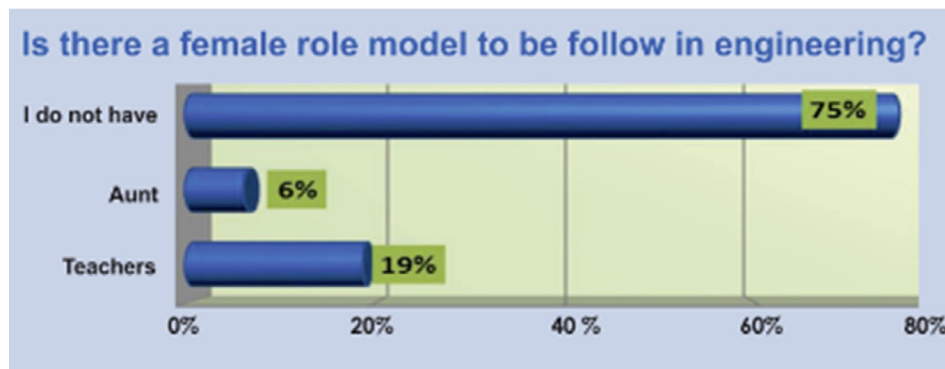


Figure 4. Source: Prepared.

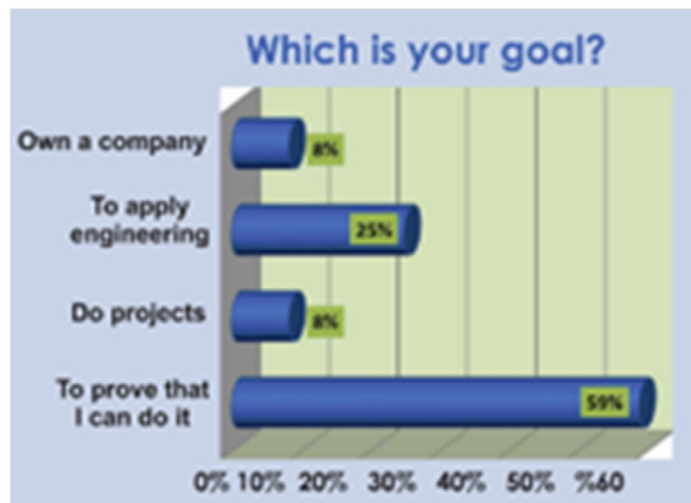


Figure 5. Source: Prepared.

Question 5. Where would you want to work?

50% expressed their desire to work in a company. 32% said they wanted to start their own company. While, 6% expressed interest in research, which would imply continuing their education in postgraduate programs. Only 6% showed an interest in teaching and 6% for working in a government agency. This shows, once again, a change in the perception of the role of women, since only 12% showed interest in employment considered more traditional for women as teachers or government employees. According to Cólás and Jiménez (2006), spaces must be created in which social practices between genders are transformed to avoid gender discrimination in the workplace.

Conclusions

As a conclusion, we observed that women are increasingly informed when choosing a career based on future expectations of employment, as well as having a greater ability for mathematics.

In the family aspect, there was a greater conviction of women's opportunities in the areas of science and technology, as the results show that families supported them in a large percentage when choosing a career in the STEM area.

Seventy-five percent of the students said they did not have a female role model to follow, just as a small percentage of the students had a female engineer in their families. According to Hill *et al.*, (2010), one of the factors that have inspired many women to choose engineering careers is to have examples of successful women in this field of knowledge.

Engineering students of the three universities have plans to use their knowledge and skills in the future to contribute to the development of the country Richard *et al.* (2016).

It is necessary to combine efforts between the Secretary of Public Education and the private sector, to implement programs in schools, that allow contact with successful women in science and engineering with the students in order to promote interest on careers in the STEM area and increase the number of women enrolled.

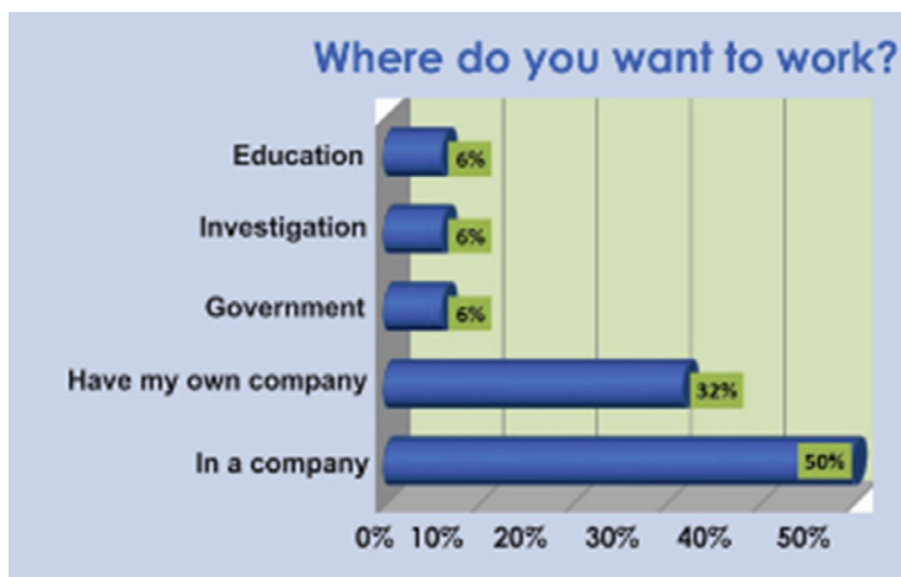


Figure 6. Source: Prepared.

According to Ramírez and Bermúdez (2015), there is a lot of work to be done generating information from gender studies, and new lines of research are necessary to understand the changes between the actors and the new institutional environments in higher education in Mexico.

Among the OECD's recommendations for Latin America, it is the necessity to implement STEM models with the aim of improving gender differences and recruiting more talented female students in science-related fields as a platform for the economic development of countries.

Acknowledgements

We would like to thank Conacyt, Autonomous University of Baja California, State University of Sonora and Polytechnic University of Baja California, for all the support in the development of the present work.

This work was financially supported by Conacyt under the Grant Number 280473

References

- Anuies (2013). *Anuario Estadístico: ciclo escolar 2013-2014*. México D. F.: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.
- Blickenstaff, J. (2005). Women and science careers: leaky pipeline or gender. *Gender and Education*, 17. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/09540250500145072>
- Brotman, J. S.; Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971-1002. <https://doi.org/10.1002/tea.20241>
- Cheryan, S.; Oliver, J.; Vichayapai, M.; Drury, J.; Saenam, K. (2011). Do female and male Role Models Who Embody STEM Stereotypes Hinder Women' Anticipated Success in STEM. *Social Psychological and Personality Science*, 2(6), 656-664. <https://doi.org/10.1177/1948550611405218>
- Cheryan, S.; Ziegler, S. A.; Montoya, A. K.; Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1-35. <https://doi.org/10.1037/bul0000052>
- Chesler, N; Chesler, M. (2002). Gender-informed mentoring strategies for women engineering scholars: On establishing a caring community. *Journal of Engineering Education*, 91(1), 49-55. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2002.tb00672.x>
- Colás, P; Jiménez, R. (2006). Tipos de conciencia de género del profesorado en los contextos escolares. *Revista Educación*. http://www.revistaeducacion.educacion.es/re340/re340_15.pdf
- Conacyt (2012). *Anuario estadístico México D. F.: Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología*. <http://www.conacyt.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/indicadores-cientificos-y-tecnologicos/indicadores-actividades-cientificas-y-tecnologicas/2594-ind-2012/file>
- Duarte, M.; Sevilla, J.; Gutiérrez, S; Galaz, J. (2011). Expectativas y capital académico de estudiantes de nuevo ingreso a ingeniería en Mexicali, México: Discusión desde la perspectiva de género. *Ingenierías*, 14(51), 22-30.
- Ellis, J.; Fosdick, B. K; Rasmussen, C. (2016). Women 1.5 times more likely to leave stem pipeline after calculus compared to men: lack of mathematical confidence a potential culprit. *PLoS One*, 11(7), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157447>
- Henes, R.; Bland, M. M.; Darby, J.; McDonald, K. (1995). Improving the academic environment for women engineering students through faculty workshops. *Journal of Engineering Education*, 84(1), 59-67. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1995.tb00147.x>
- Hill, C.; Corbett, C. St; Rose, A. (2010). Why So Few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *American Association of University Women*. <http://www.aauw>

- [org/files/2013/02/Why-So-Few-Women-in-Science-Technology-Engineering-and-Mathematics.pdf](http://files/2013/02/Why-So-Few-Women-in-Science-Technology-Engineering-and-Mathematics.pdf)
- Holman, L.; Stuart-Fox, D.; Hauser, C. E. (2018) The gender gap in science: How long until women are equally represented? *PLoS Biol*, 16(4), e2004956. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004956>
- Lockwood, P. (2006). 'Someone like me can be successful': Do college students need same-gender role models? *Psychology of Women Quarterly*, SAGE 30(1), 36-46. <https://doi.org/10.1111/j.1471-6402.2006.00260.x>
- McConnell, T.; Parker, J.; Eberhardt, J. (2016). *Problem-Bases Learning in the Life Science*. SSTA press.
- Munk, M. (2011). *Educational choice: Which mechanism are at stake?* Copenhagen: Centre for Mobility research, Department of Political Science, Aalborg University.
- National Science Board. (2014). *Science and Engineering Indicators*. <https://www.nsf.gov/statistics/>
- National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics (2017). *Women, minorities, and persons with disabilities in science and engineering: 2017*. Special Report NSF, 17-310. Arlington: www.nsf.gov/statistics/wmpd/
- OCDE (2015). *The ABC of Gender in Education*. OCDE.
- Pekrun, R.; Cusack, A.; Murayama, K.; Elliot, A. J.; Thomas, K. (2014). *The power of anticipated feedback: effects on students' achievement goals and achievement emotions*. *Learning and Instruction*, 29, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.09.002>
- Primer Encuentro Nacional de Jóvenes en Ingeniería. <http://www.ai.org.mx/ai/index.php/9-uncategorised/546-primer-encuentro-nacional-de-jovenes-en-la-ingenieria>
- Pruitt, S. L. (2014). The Next Generation Science Standards: The features and challenges. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 145-156. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9385-0>
- Ramírez, D; Bermúdez, F. (2015). Avances, retos y desafíos: aproximación al estado del conocimiento de los estudios de género en educación superior en México. *Entreciencias*, 3(6). <https://doi.org/10.21933/J.EDSC.2015.06.102>
- Razo, L. (2008). La inserción de las mujeres en las carreras de ingeniería y tecnología. *Perfiles Educativos*, 30(121).
- Felder, R. and Brent, R. (2016). *Teaching and Learning STEM: A Practical Guide*. Publisher Wiley.
- Rincón, B. E.; George-Jackson, C. E. (2016). Examining department climate for women in engineering: The role of STEM interventions. *Journal of College Student Development*, 57(6), 742-747. <https://doi.org/10.1353/csd.2016.0072>
- Scantlebury, K. and Baker, D. (2007). Gender issues in science education research: Remembering where the difference lies. In S. K. Abell and N. G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 257-285). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Schreiner, C. y Sjöberg, S. (2004). *Sowing the seeds of ROSE*. Background, Rationale, Questionnaire Development and data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education). Oslo: University of Oslo.
- Universidad Autónoma de Baja California (2013). *Anuario "Encuesta anual de ambiente organizacional"*. <http://www.uabc.mx/planeacion>





La naturaleza de la ciencia y la tecnología. Una experiencia para desarrollar el pensamiento crítico

The nature of science and technology. An experience to develop Critical Thinking

A natureza da ciência e tecnologia. Uma experiência para desenvolver o Pensamento Crítico

Vanessa Ortega-Quevedo¹

Cristina Gil Puente²

Recibido: enero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Ortega-Quevedo, V.; Gil-Puente, C. (2019). La naturaleza de la ciencia y la tecnología. Una experiencia para desarrollar el pensamiento crítico. *Revista Científica*, 35(2), 167-182. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14095>

Resumen

La investigación que se presenta tiene como objetivo principal el desarrollo del pensamiento crítico (PC) de estudiantes de educación primaria y la enseñanza de temáticas relacionadas con la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT). Se desarrolla y pone en funcionamiento una secuencia de enseñanza-aprendizaje realizada *ad hoc*; tanto el análisis como la evaluación de los resultados obtenidos se efectúan a través de un enfoque cuantitativo. La muestra del estudio se conformó por 130 participantes de 6 ° curso de educación primaria. Los instrumentos de evaluación utilizados son dos adaptaciones: la primera del cuestionario de opinión sobre ciencia, tecnología y sociedad; y la segunda de una traducción de la prueba de *Halpern*. Como resultado, se observa que los participantes en el estudio manifiestan mejoras significativas en las

habilidades de PC y las concepciones relativas a la NdCyT estudiadas. En consecuencia, la experiencia se considera exitosa.

Palabras clave: argumentación, aspectos no epistémicos, energía, educación básica, probabilidad, razonamiento verbal.

Abstract

The main objective of the research presented is the development of Critical Thinking (CT) of Primary Education students and the teaching of topics related to the Nature of Science and Technology (NoS&T). A Teaching-Learning Sequence is developed and implemented, both the analysis and the evaluation of the results obtained is done through a quantitative approach. The study is carried out with a sample of 130 participants of the 6th grade of Elementary Education. The evaluation instruments that

¹. Universidad de Valladolid. España. vanessaortegaquevedo@gmail.com

². Universidad de Valladolid. España. cgil@dce.uva.es

used are two adaptations, the first is the Opinion Questionnaire on Science, Technology and Society, and the second is a Spanish version of the Halpern test. As a result, we observed that the participants in the study show significant improvements in PC skills and conceptions related to the NoS&T studied. Consequently, the experience is considered successful.

Keywords: Elementary education, science education, no epistemic aspects, argumentation, verbal reasoning, probability, energy.

Resumo

O principal objetivo da pesquisa apresentada é o desenvolvimento do Pensamento Crítico (PC) de alunos do Ensino Fundamental e do ensino de tópicos relacionados à Natureza da Ciência e Tecnologia (NdCyT). Uma seqüência ad hoc de ensino-aprendizagem é desenvolvida e implementada, tanto a análise quanto a avaliação dos resultados obtidos são realizadas por meio de uma abordagem quantitativa. A amostra do estudo é composta por 177 participantes do 6.º ano do Ensino Fundamental. Os instrumentos de avaliação utilizados são duas adaptações: a primeira do Questionário de Opinião sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade, e a segunda de uma tradução do teste de Halpern. Como resultado, nós observamos que os participantes do estudo apresentam melhorias significativas nas habilidades e concepções de PC relacionadas ao NdCyT estudado. Consequentemente, a experiência é considerada bem sucedida.

Palavras-chaves: educação básica, educação científica, aspectos não-epistêmicos, argumentação, raciocínio verbal, probabilidade, energia.

Introducción

La sociedad actual demanda que la educación promueva el desarrollo de capacidades como las de pensamiento crítico (PC). El informe Work Skills 2020 elaborado por el instituto de investigación de la Universidad de Phoenix (Davies, Fidler y Gorbis, 2011) prevé que en 2020 la demanda de capacidades cognitivas y sociales de carácter superior, como el PC, serán solicitadas para ocupar la mayor parte

de los puestos de trabajo. Es por ello necesario que el sistema educativo se haga cargo de formar al alumnado para que desarrollen sus habilidades de PC: aprender a pensar (realizar procesos de identificación, análisis, evaluación, etc. de la información) y a obtener una autonomía intelectual mediante el desarrollo de los procedimientos propios del componente disposicional del PC. Es más, el desarrollo de esta competencia no revierte positivamente solo en la vida adulta de los jóvenes, sino que influye de la misma forma en su rendimiento académico. Estos argumentos ilustran la relevancia de estudiar el desarrollo de competencias de PC en la actualidad (da Silva y Rodríguez, 2011; López, 2012; Franco, Almeida y Morales, 2014).

En esta misma línea cabe destacar el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea Horizonte 2020 (s. f.) cuyo objetivo es “promover y facilitar la comprensión de la Investigación e Innovación responsable mediante acciones como el desarrollo de los intereses y capacidades de los ciudadanos hacia la ciencia, de forma que puedan participar activamente en actividades científicas”. Estos planteamientos se justifican en el contexto social actual, donde en el mundo globalizado en el que vivimos los impactos científicos son constantes y la presencia de la ciencia repercute en factores sociales trascendentales como la política, la educación, la cultura, el ocio, etc. (Vázquez y Manassero, 2012). De ahí que surja la necesidad de plantear una nueva forma de entender la enseñanza de las ciencias que esté en consonancia con la nueva realidad social y que permita entender esta de una forma inclusiva (Solbes, Montserrat y Furió, 2007; Vázquez y Manassero, 2012, Martín, Prieto y Jiménez, 2015).

A partir de las reflexiones expuestas, se justifica la necesidad de introducir el desarrollo de las competencias científica, tecnológica y de pensamiento crítico en la educación obligatoria. En concreto esta investigación se centra en su desarrollo en la etapa de educación primaria, en la que el marco legislativo español respalda esta decisión, ya que: la Ley Orgánica 8/2013 de 9 de diciembre para la

mejora de la calidad educativa (Lomce), establece que: “las habilidades cognitivas, siendo imprescindibles, no son suficientes; es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el Pensamiento Crítico” (p. 97860).

El Real Decreto 126/2014 del 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la educación primaria, implanta siete competencias clave para el desarrollo personal entre las cuales se encuentra la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. En otras palabras, la legislación determina que durante la enseñanza obligatoria es necesario que los estudiantes desarrollen competencias básicas en ciencia y tecnología que les permita llegar a una alfabetización científica ciudadana.

Marco teórico

A pesar de que el PC se ha estudiado desde hace años, el amplio interés global es relativamente reciente. Este resurgimiento puede atribuirse a los cambios que ha experimentado la sociedad, y a los cambios que demanda la enseñanza del siglo XXI, como más y mejor instrucción en habilidades de pensar bien (Norris, 1985). En esta línea, las capacidades cognitivas de alto nivel incluidas dentro del PC (análisis, razonamiento, capacidad de resolución de problemas, argumentación, formulación de hipótesis, etc.) se identifican con las destrezas propias del pensamiento científico (Manassero y Vázquez, 2017). A Juicio de Gold (2002), la razón por la que los estudiantes no son capaces de apreciar el valor de las pruebas científicas reside en su incapacidad de poner en práctica las capacidades de pensamiento científico o PC. Esta coincidencia hace que la educación científica sea un contexto apropiado para educar el PC de los estudiantes y viceversa.

En este sentido, la presente investigación contextualiza el desarrollo del PC dentro del ámbito de la educación científica reconocido como NdCyT, pues las cuestiones relativas a dicho constructo conforman uno de los elementos clave de la alfabetización científico-tecnológica (CT)

(Acevedo-Díaz, Aragón-Méndez, García-Carmona, 2018; Acevedo-Díaz y García-Carmona 2016; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Ahora bien, antes de continuar es preciso determinar qué se entiende por PC, alfabetización CT y NdCyT.

Existen múltiples definiciones de PC, algunas de las más representativas del concepto (Facione, 1990; Ennis, 1996; Paul, 2005; Paul y Elder, 2002) lejos de ser excluyentes se complementan dando lugar a una definición completa que contempla el PC desde distintas perspectivas. De este modo, el PC se conforma a partir de un conjunto de procesos que se emplean deliberadamente a fin de concluir cuestiones acerca de distintas temáticas. Al aplicar estos procesos se descomponen, sintetizan y evalúan de forma reflexiva fragmentos de información o problemas, para determinar una conclusión o solución sobre estos. Asimismo, es necesario aplicar una reflexión sobre los propios procesos de razonamiento, con el fin de evaluar los mismos y concluir si son correctos o mejorables (Valenzuela y Nieto 2008, da Silva y Rodríguez, 2011).

Se entiende por alfabetización CT la capacidad de una persona para comprender artículos sobre ciencia y tecnología y poder participar en debates sociales acerca de estos; posicionarse con conocimiento y ética ante una decisión política que afecte a un aspecto CT; o para valorar la calidad de la información CT, entre otras cuestiones (Pedrinaci, Caamaño, Cañal y de Pro, 2012; Vázquez y Manassero; 2012). Una vez delimitado este concepto, se exponen los dos componentes que forman esta alfabetización: 1) “la comprensión ‘de’ la ciencia (los tradicionales conocimientos sobre hechos, conceptos, principios y procesos de la ciencia)” (Manassero y Vázquez, 2017, p. 509);, y 2) “la comprensión ‘acerca’ de la ciencia [...] formado por contenidos interdisciplinarios de historia, filosofía y sociología de la ciencia y tecnología, pero también de psicología, economía, política, ética, etc.” (Manassero y Vázquez, 2017, p. 510). Este último componente está íntimamente relacionado con el concepto NdCyT que se aborda en esta investigación.

Para esclarecer que se entiende por NdCyT en esta investigación hay que partir del concepto de naturaleza de la ciencia (NdC). La ciencia es dinámica, por lo tanto, definir con precisión el concepto de NdC es complejo. En los últimos decenios, los acuerdos sobre NdC se han centrado en contenidos epistemológicos (Abd-El-Khalick, 2012), sin prestar demasiada atención a aspectos sociológicos, culturales, etc.

No obstante, en esta investigación se entiende que la NdC “es un meta-conocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias hechas por expertos en filosofía, historia y sociología de la ciencia, así como por algunos científicos y educadores de ciencias” (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón, 2016, p. 914). Esta concepción de la NdC incluye aspectos epistémicos, aspectos de sociología interna y externa de la ciencia, aspectos que incluyen la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón, 2018). Así pues, a esta visión holística de la NdC se le incluye la tecnología y una dimensión de la ciencia como elemento capaz de dar solución a problemas existentes en la sociedad actual (instrumental) dentro del concepto NdC, el cual se pasa a denominar NdCyT como forma de resaltar su analogía con el concepto tecnociencia, así como las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (Vázquez, Manassero y de Talavera, 2010; Manassero y Vázquez, 2017).

Como último punto de este marco teórico, es preciso resaltar los enfoques de enseñanza de los que esta investigación parte para fomentar el desarrollo del PC y de la alfabetización científica.

El desarrollo del PC se torna complejo, de modo que para efectuar una buena enseñanza de este se deben tener en cuenta de forma específica cuatro aspectos fundamentales: las estrategias, el metaconocimiento, las disposiciones y la práctica (Saiz, 2002). Por lo que es preciso poner en marcha estrategias que permitan guiar el aprendizaje e identificar ciertas habilidades de PC; dejar espacios para la reflexión sobre los procesos de pensamiento (es más importante el proceso interno de

pensamiento que el producto); y motivar al alumnado para que este predisposto a poner en práctica habilidades de PC concretas y practicar el uso de las mismas.

Finalmente, el desarrollo de la alfabetización científica se procura mediante la enseñanza de temas de NdCyT desde un planteamiento explícito, pues mejora la comprensión sobre NdCyT más que los métodos implícitos (Deng, Chen, Tsai y Chai, 2011); y reflexivo debido a la realización de actividades meta-cognitivas de autorreflexión (conexión con habilidades de PC) por los estudiantes.

El objeto de estudio de la presente investigación es el desarrollo del PC y la mejora de las concepciones de los discentes sobre NdCyT a través de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) en educación primaria. Tanto el PC como la NdCyT son constructos muy amplios, su trabajo se ha concretado en cuatro temas de NdCyT relacionados con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad y con la construcción social de la tecnología (quién debería decidir sobre los asuntos científicos, existencia de equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología, decisiones sobre la implementación de una nueva tecnología, control del desarrollo tecnológico por la ciudadanía); y tres habilidades de pensamiento crítico (razonamiento verbal, argumentación y probabilidad). Diseñar, de acuerdo con el cuerpo teórico, una SEA que permita a estudiantes de 11 y 12 años desarrollar determinadas habilidades de PC, mientras aprenden cuestiones relacionadas con la NdCyT que les permitan mejorar sus concepciones acerca de esta. Realizar una evaluación de la mejora de las habilidades de PC y las concepciones de NdCyT que manifiesta poseer el alumnado, con el fin de comprobar la evolución de los discentes tras la puesta en práctica de la SEA, así como la validez de la misma.

Metodología

El diseño de la investigación es cuasi-experimental con una estructura de tipo panel

(pre-test-intervención-post-test). La metodología aplicada es cuantitativa, así como los instrumentos de evaluación.

La realización de la investigación consta de tres fases llevadas a cabo durante tres meses: cumplimentación de dos cuestionarios a modo de diagnóstico inicial (pre-test) por parte del alumnado, implementación de una SEA por parte del investigador (tres sesiones de una hora de duración que pueden flexibilizarse según las necesidades del grupo) y cumplimentación de los cuestionarios a modo de evaluación final (post-test).

Contexto

La experiencia desarrollada se ha llevado a cabo en el área de Ciencias de la Naturaleza como un taller de introducción y repaso de contenidos en varios grupos de 6.º de educación primaria pertenecientes a distintos centros educativos públicos de Segovia. Dichos centros acogen a una población muy dispar, de modo que el alumnado posee perfiles académicos y socioculturales muy diferentes. Es importante resaltar que el docente que aplica las sesiones de la SEA en todos los centros es el mismo, reduciendo de esta forma las variables extrañas relacionadas con la aplicación didáctica.

Muestra

Los participantes de este estudio fueron 130 estudiantes de 6.º de educación primaria pertenecientes a cinco centros educativos públicos de Segovia (tabla 1).

Descripción de la propuesta didáctica

La SEA se puede implantar por sus contenidos y el desarrollo psicoevolutivo del alumnado en los cursos 5.º y 6.º de educación primaria, en el área de Ciencias de la Naturaleza. Esta establece los contenidos correspondientes a los factores de estudio mediante el trabajo de contenidos previstos en el currículo de educación primaria (Real Decreto 126, 2014). En concreto, la programación aborda distintos contenidos: 1) contenidos curriculares, la energía; 2) cuatro temáticas de NdCyT relacionadas con aspectos de sociología interna y externa de la ciencia seleccionados por su afinidad con los contenidos curriculares, lo cual promueve la contextualización de estos y una visión no distorsionada de la ciencia y la tecnología; 3) las capacidades de PC señaladas anteriormente. El tratamiento de todos estos contenidos se trabaja de una forma explícita, pues son contenidos planificados y evaluables dentro de la SEA.

Metodología didáctica

El planteamiento metodológico empleado no se corresponde con un modelo didáctico, sino que emplea estrategias propias de distintos modelos para diseñar un proceso de enseñanza-aprendizaje óptimo de las ciencias (Garrido, Perales y Galdón, 2007):

- Implementar actividades con cierto carácter lúdico que permitan reconocer el nivel de conocimientos previos del alumnado (sobre los

Tabla 1. Descripción de la muestra.

Centros educativos	Nivel sociocultural de las familias	Líneas del centro	Líneas participantes	Total de participantes
1	Medio	2	2 Grupos experimentales	43
2	Bajo	2	2 Grupos experimentales	36
3	Medio-bajo	2	1 Grupo experimental	19
4	Medio-alto	1	1 Grupo experimental	19
5	Medio	2	1 Grupo control	13
				130

Fuente: Elaboración propia de los autores.

contenidos curriculares), así como que estos extraigan y exploren dichos conocimientos y se enganchen a la actividad (evaluación inicial complementaría a la realizada en la fase pre-test).

- Realizar una transmisión de los contenidos (explicar) para construir una buena base teórica antes de iniciar procesos y capacidades cognitivas complejas.
- Proporcionar a los discentes elementos que les ayuden a descubrir por sí mismos la trascendencia de los contenidos teóricos (explorar).
- Poner en práctica estrategias de comunicativas de la enseñanza, ya que se entiende que a través del diálogo los discentes indagan y transforman el conocimiento (elaborar y extender) (Wells, 2001).
- Determinar el papel del docente como presentador de contenidos y guía en la construcción del aprendizaje. Este rol es determinante, pues es la clave para mediar en los diálogos y reconducir al alumnado para que pueda identificar sus problemas o errores y construir un conocimiento lo más próximo posible a las concepciones correctas sobre la ciencia (González, 2015).
- Evaluar, de acuerdo con los planteamientos didácticos, contenidos innovadores en la SEA, pues de lo contrario dichos planteamientos quedarían invalidados (Dochy, Segers y Dierick, 2002). Con el fin de atender a esta premisa, se establece una forma de evaluación formativa inherente a todo el proceso de enseñanza-aprendizaje (de los contenidos curriculares, de las concepciones sobre NdCyT y de las habilidades de PC) que queda asociada a la función del maestro como mediador. Así pues, se emplea una evaluación formativa comunicativo-crítica y procesual (Rotger, 1990; Quinquer, 2000) que consiste en una evaluación que forma parte del proceso educativo, de carácter global, donde se generan continuos espacios para la aportación de *feed-back* (tanto

por parte del maestro, como por los propios alumnos-compañeros) que permitan a cada estudiante la reconstrucción de su conocimiento. Este proceso otorga mucha importancia a la construcción personal del discente, a las mediaciones entre todas las personas implicadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a la autonomía y el razonamiento del alumnado (Ortega-Quevedo, Santamaría-Cárdaba y Gil, 2017). La implementación de los instrumentos de evaluación prefijados para esta investigación son complementos de esta evaluación que miden de una forma precisa los factores de estudio.

Asimismo, el cómputo de estrategias didácticas y las actividades que conforman la SEA toman como base la estructura didáctica denominada ciclo de aprendizaje 7E que propone siete fases para la enseñanza de las ciencias naturales (extraer, enganchar, Explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar) (Eisenkraft, 2003).

Planificación y organización de contenidos

Instrumentos de evaluación

Con el fin de identificar las concepciones sobre NdCyT que tienen los participantes, se han adaptado algunos ítems del cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) (Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006). Dicho cuestionario es conocido como la versión española del *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) (Aikenhead y Ryan, 1989) y del *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBASTS) (Rubba y Harkness, 1993). En concreto, se han adaptado cuatro ítems del COCTS relacionados con los cuatro temas de NdCyT que se trabajan (tabla 3).

La validación de esta adaptación se ha realizado en tres fases. La primera ha consistido en la evaluación del cuestionario por un comité de tres expertos en la temática, la segunda ha radicado

Tabla 2. Planificación y organización de contenidos en la SEA.

Sesión		1	2	3
Inicial	Descripción	Rutina de pensamiento: generar, clasificar, conectar y elaborar	Rutina de pensamiento: veo, pienso, me pregunto	
	Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía	
	Contenidos transversales del estudio	Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (ICTS), razonamiento verbal, argumentación	ICTS razonamiento verbal, argumentación y probabilidad	
Actividad Desarrollo	Descripción	Se genera un diálogo con el alumnado (escuchan preguntan) donde se presentan los contenidos de forma contextualizada y se insta al alumnado a opinar sobre los mismos.		
	Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía, y fuentes de energías renovables y no renovables	Fracturación hidráulica y sus consecuencias
	Contenidos transversales del estudio	ICTS, razonamiento verbal, argumentación	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y probabilidad	ICTS, construcción social de la tecnología (CST), razonamiento verbal, argumentación y probabilidad
	Descripción	Se realizan ejercicios por parejas que contiene preguntas que inducen a la reflexión. Seguido se ponen en común dichas respuestas generando debates, donde el proceso argumental promueve el contraste de hipótesis y su reformulación, junto con la reconstrucción de los conocimientos de los estudiantes		
	Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía, y fuentes de energía renovables y no renovables	Fracturación hidráulica y sus consecuencias
Consolidación	Contenidos transversales del estudio	ICTS, razonamiento verbal, argumentación	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y probabilidad	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y probabilidad

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 3. Ítems de la adaptación del COCTS en relación con la temática de NdCyT.

Temática de NdCyT	Ítem de identificación
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	40211
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	40311
Construcción social de la tecnología	80131
Construcción social de la tecnología	80211

Fuente: Elaboración propia de los autores.

en la evaluación del lenguaje expuesto en el instrumento por parte de tres maestros de educación primaria y la tercera se centra en la comprobación estadística de la fiabilidad mediante las pruebas de: estabilidad temporal (test-retest), consiguiendo índices de fiabilidad en los enunciados entre 0.605 y 0.95; y alfa de Cronbach con resultado 0.65.

El método de respuesta aplicado a esta adaptación mantiene el del cuestionario original. Dicho método se ajusta a un modelo de respuesta múltiple, en el cual los participantes deben valorar su grado de acuerdo o desacuerdo, expresado en una escala del 1 al 9, con cada enunciado contenido en los ítems (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003). En lo relativo a la métrica, es necesario esclarecer que para interpretar las respuestas directas como medidas actitudinales se ha tomado como referencia una baremación que clasifica los distintos enunciados alternativos en tres categorías: adecuada (cuando la frase expresa una opinión adecuada sobre la actitud), plausible (cuando la frase no es totalmente adecuada, pero expresa algunos aspectos apropiados) e ingenua (cuando la frase presenta un punto de vista que no es ni adecuado ni plausible) (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). Asimismo, para determinar a qué categoría pertenece cada uno de los enunciados una veintena de expertos en la temática realizó el cuestionario. De este modo, se llega a establecer que las respuestas inadecuadas son aquellas que están por debajo del valor 4, las respuestas plausibles son las que se encuentran entre el 4 y el 6, y las adecuadas son aquellas que superaban el 6 (Vázquez et al., 2000).

Del mismo modo, con el objetivo de evaluar las habilidades de PC, se han adaptado algunas situaciones de una traducción del Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations (HCTAES) (Halpern, 1998) facilitada por el proyecto CYTPENCRI. En concreto, se han adaptado tres situaciones del cuestionario relacionadas con los factores de interés (tabla 4).

Tabla 4. Situaciones de la adaptación de la versión española de la prueba Halpern en relación con los factores de PC.

Habilidades de PC	Situación del cuestionario español original
Razonamiento verbal	Situación 10
Argumentación	Situación 12
Probabilidad/comprobación de hipótesis	Situación ejemplo

Fuente: Elaboración propia de los autores.

La validación de esta adaptación se ha realizado siguiendo las fases aplicadas con el COCTS: validación de contenido por expertos, del lenguaje por maestros y estadística. En este caso, la comprobación estadística de la fiabilidad del cuestionario muestra un índice 0.69 y 0.95 en las pruebas de test-retest y 0.551 en el alfa de Cronbach.

En lo relativo a la métrica de este instrumento, es necesario esclarecer los criterios de corrección. Estos consisten en una forma de otorgar una determinada puntuación por pregunta diferenciando las partes abiertas de las partes cerradas de cada situación. Concretamente, en la parte abierta si los participantes dan una respuesta correcta se les concede dos puntos, si la respuesta es aproximada pero poco explícita se concede un punto, y si la respuesta es incorrecta no puntúa. En la parte cerrada se pide a los participantes que elijan una serie de respuestas, de modo que por cada una de las respuestas correctas seleccionadas se les concede un punto (Nieto, Saiz y Orgaz, 2009).

Resultados y Discusión

En este apartado se presenta el análisis descriptivo e inferencial de los datos recogidos en los cuestionarios empleados en la investigación.

Concepciones sobre NdCyT

Con el fin de comprobar la evolución en las concepciones de los estudiantes de los grupos experimentales sobre los temas de NdCyT seleccionados, se recogen en la figura 1 diagramas de cajas (DC)

que muestran la distribución de las respuestas de los participantes en las fases de pre y post-test, así como la interpretación correcta de los enunciados según los expertos (ICEE) de las mismas (aceptable [Ac], plausible [P] e ingenua [I]).

Para interpretar esta imagen, así como las restantes, es preciso observar cómo la distribución inicial de las respuestas de los participantes para cada uno de los enunciados cambia en la fase post-test. Esta variación en la distribución aproxima las respuestas de los estudiantes al intervalo prefijado por los expertos como correcto.

A modo de ejemplo, se interpreta el enunciado A del ítem 40211. En lo relativo al DC del pre-test, el bigote superior del primer diagrama se extiende desde el valor 8 al 9, lo cual indica que el 25 % de los participantes han señalado dichos valores; por el contrario, el bigote inferior se extiende desde el 1 al 5, permitiendo observar una menor concentración en las respuestas de menor valoración por otro 25 % de los participantes. La media se sitúa en el valor 6 y divide la caja mostrando mayor concentración de respuestas entre los valores 5 y 6 que entre los valores 6 y 8. En cuanto al DC del

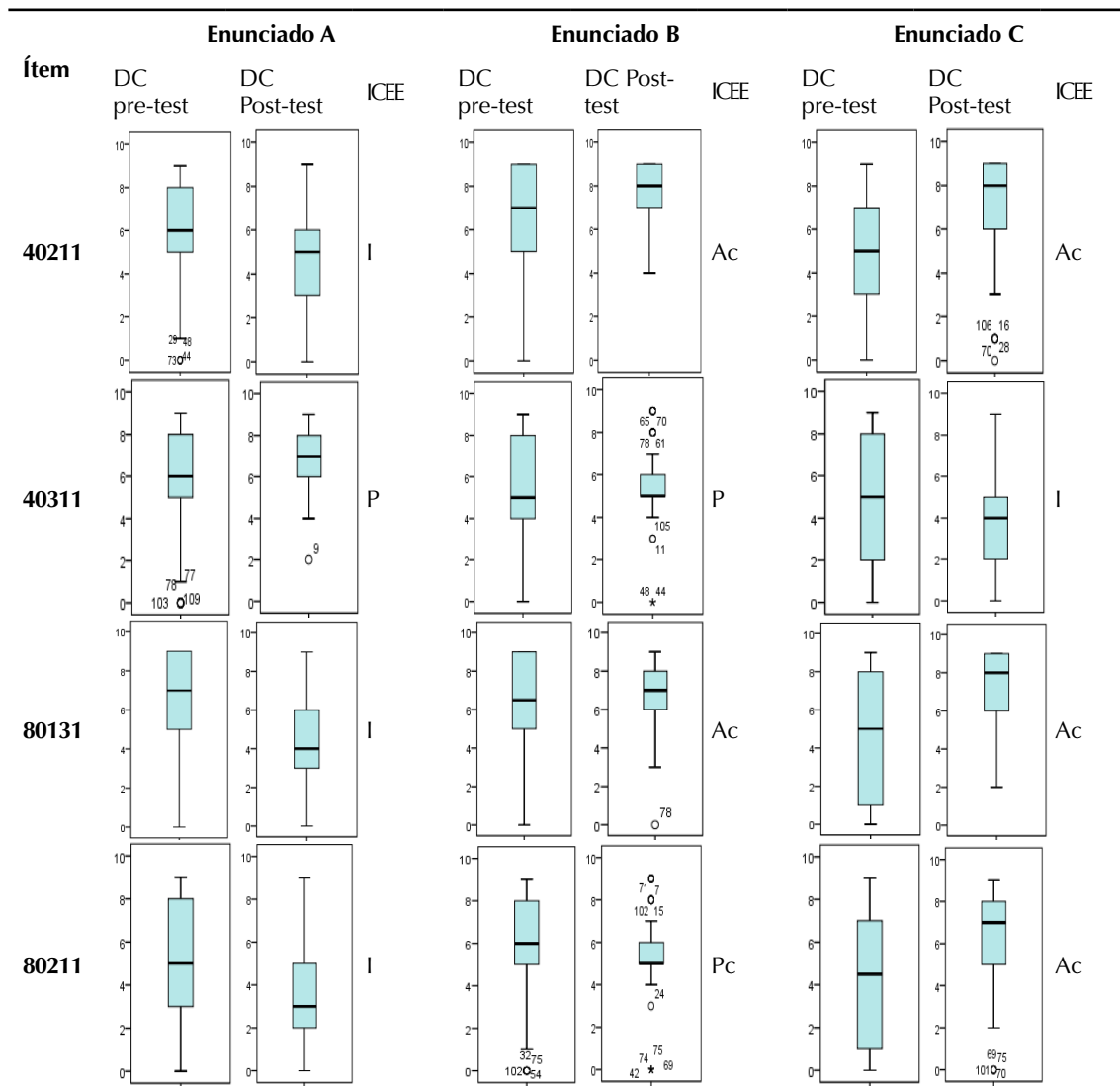


Figura 1. Resultados descriptivos de la adaptación del COCTS. Grupos experimentales.

post-test, se observa un importante cambio en la extensión del bigote superior que indica cómo el 25 % de los participantes dan su valoración entre el 8 y el 6. La extensión del bigote inferior también se ha modificado alcanzando valores entre el 0 y el 3. En este caso la media se sitúa en el 5 y divide la caja entre los valores 3 y 6, siendo mayor la concentración de respuestas entre el 5 y el 6.

Así pues, la distribución de las respuestas del alumnado del post-test queda más próxima al intervalo de respuestas marcado por los expertos como correctos, que en este caso sería del 0 al 4, al ser la respuesta clasificada como I (ingenua).

Por otra parte, con el fin de establecer si las diferencias entre las distribuciones de cada uno de los enunciados de los ítems son significativas según los periodos de investigación (pre y post-test) se ha realizado la prueba Anova de dos vías de Friedman asumiendo un error del 5 %. Dichas pruebas determinan que las diferencias entre la distribución de todos los enunciados son estadísticamente significativas a excepción del enunciado B del ítem 40311. En el caso de este ítem se observa una asignación de los valores entre el 7 y el 4, que se ajusta a lo establecidos por los expertos como correcto. Sin embargo, los cambios en la distribución no son significativos estadísticamente.

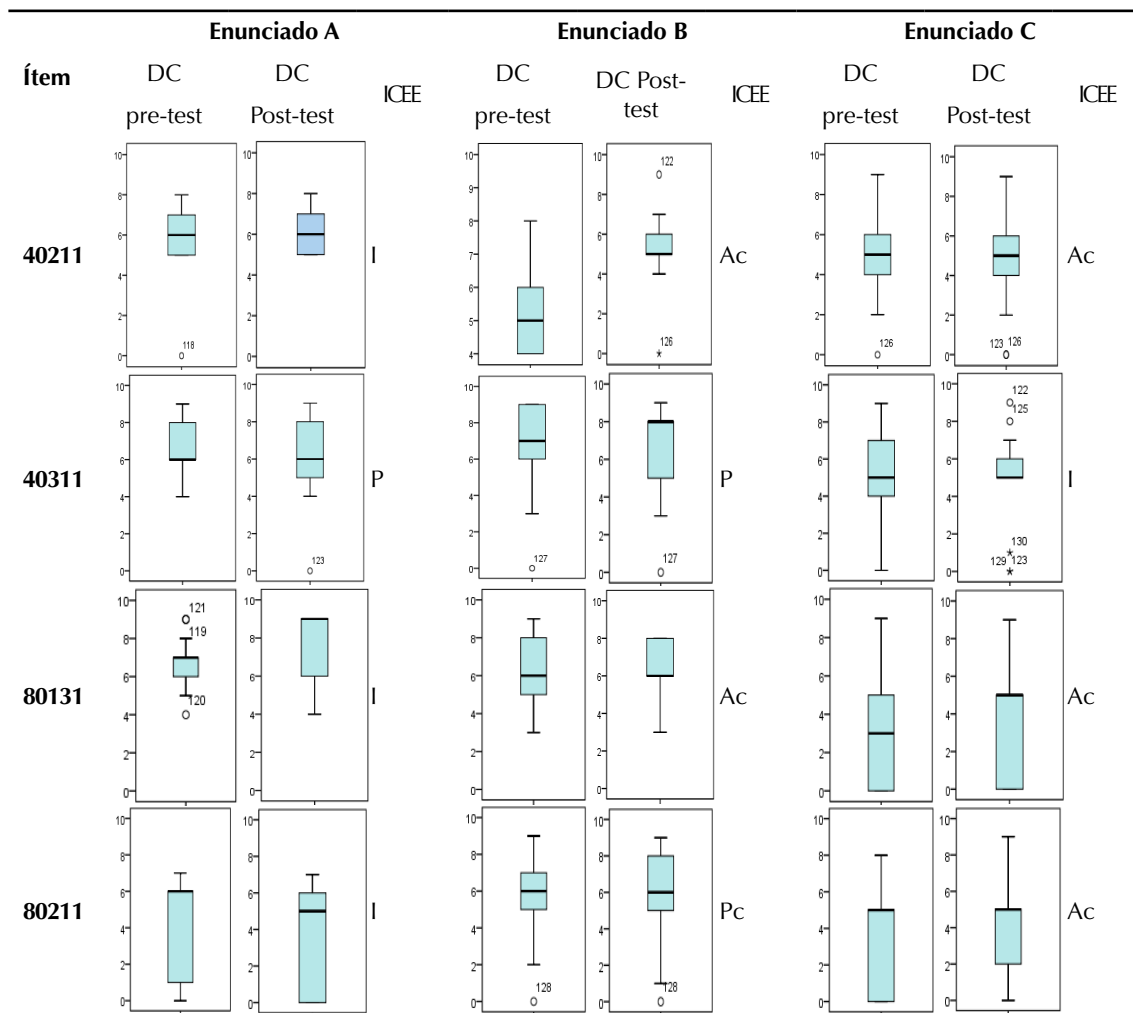


Figura 2. Resultados descriptivos de la adaptación del COCTS. Grupo control.

Una vez analiza la evolución en la corrección de las respuestas de los participantes de los grupos experimentales sobre los ítems de NdCyT se procede a estudiar la evolución de las concepciones del grupo control con los resultados recogidos en la figura 2.

En el caso del grupo control, se observa cómo la distribución marcada en los DC no presenta cambios aparentemente destacables que muestren una reconducción de las concepciones sobre NdCyT del alumnado entre los periodos pre y post-test. La significatividad en la diferencia de distribuciones de los enunciados de cada uno de los ítems entre los periodos pre y post-test se ha comprobado de nuevo mediante la prueba Anova de dos vías de Friedman. Los resultados a dicha prueba determinan que las diferencias son significativas únicamente en el enunciado A del ítem 80131. No obstante, si se analizan los DC se puede observar cómo en la fase post-test los valores del alumnado se desvían del intervalo correcto, según los expertos (4-6).

Finalmente, se destaca la reconducción de las concepciones de NdCyT de los participantes del grupo experimental hacia lo establecido por los expertos como correcto durante la fase post-test y la ausencia de esta en lo que respecta a los participantes del grupo control. Esto prueba la contribución de la implementación de la SEA en la mejora de las concepciones.

Factores de PC

Del mismo modo que en el apartado anterior, en la figura 3 se presentan los resultados de los estudiantes de los grupos experimentales en las fases pre y post-test. Dicha tabla contiene DC de las fases de pre y post-test y la puntuación máxima (PM) que se puede obtener en cada parte del cuestionario; la interpretación de los DC en cuanto a la interpretación de la distribución se debe realizar de la misma forma que en el ejemplo presentado anteriormente.

En lo relativo al análisis inferencial se exponen las diferencias estadísticamente significativas según los resultados obtenidos en las pruebas Anova de dos vías de Friedman, aplicadas a cada una de las partes de las distintas situaciones en las fases pre y post-test. Dichas pruebas muestran la existencia de diferencias significativas en las partes cerradas de las tres situaciones. Sin embargo, en el caso de las partes abiertas solamente se encuentra una mejora notable en la tercera situación. Estos resultados determinan que hay mejoras importantes en las habilidades de razonamiento verbal y argumentación, cuando los participantes reciben una guía para realizar el proceso de PC y que los discentes han mejorado la habilidad relacionada con la probabilidad tanto de forma guiada como abierta.

Por otra parte, en la figura 4 queda reflejada la reducida evolución en la mejora de los factores de PC estudiados en los participantes relativos al grupo control. La significatividad en la diferencia de distribuciones de los enunciados de cada parte de las situaciones entre los periodos pre y post-test se ha comprobado de nuevo mediante la prueba Anova de dos vías de Friedman. Los resultados de dicha prueba determinan que las diferencias son significativas únicamente en la parte abierta de la segunda situación, donde la distribución indica una mejora en el factor de argumentación en la parte no guiada.

Conclusiones

Los participantes de los grupos experimentales en la fase de post-test han demostrado una mejora en sus concepciones sobre los factores de estudio relacionados con la NdCyT. Esta mejora es significativa en todos los enunciados de los ítems a excepción de uno. Pero, dicha mejora no se aprecia del mismo modo en la evolución de las concepciones de los estudiantes pertenecientes al grupo control. Esto permite evidenciar cómo la SEA ha contribuido a la mejora de las concepciones del alumnado de los grupos experimentales.

Los discentes de los grupos experimentales han mejorado de forma significativa sus habilidades de PC en todas las dimensiones de estudio manteniendo una guía a la hora de aplicar las medidas (partes cerradas de las situaciones). Además, en la dimensión de probabilidad se ha alcanzado una mejora en las habilidades de estos estudiantes también sin guía (parte abierta de las situaciones). Sin embargo, los estudiantes del grupo control solo han mostrado mejoras durante la realización de la prueba abierta del factor argumentación. Esto muestra de nuevo el valor de la implementación de la SEA para el desarrollo de estas habilidades.

Como se ha señalado, la SEA diseñada ha contribuido a la mejora de las concepciones de los temas

de NdCyT seleccionados para el estudio, así como al desarrollo de las dimensiones de PC trabajadas. Esta contribución prueba la validez de la SEA.

De acuerdo con lo expuesto, se concluye que el aprendizaje y desarrollo alcanzado por los participantes de los grupos experimentales, tras la puesta en práctica de la SEA de tres sesiones, hace ver el potencial de este tipo de diseños didácticos en las aulas de educación primaria. Por este motivo se considera necesario el desarrollo e implementación de este tipo de estudios en esta etapa, con el fin de profundizar en sus resultados y contrastar la potencialidad de los mismos en el desarrollo conjunto de las competencias en ciencia, tecnología y pensamiento crítico de los estudiantes.

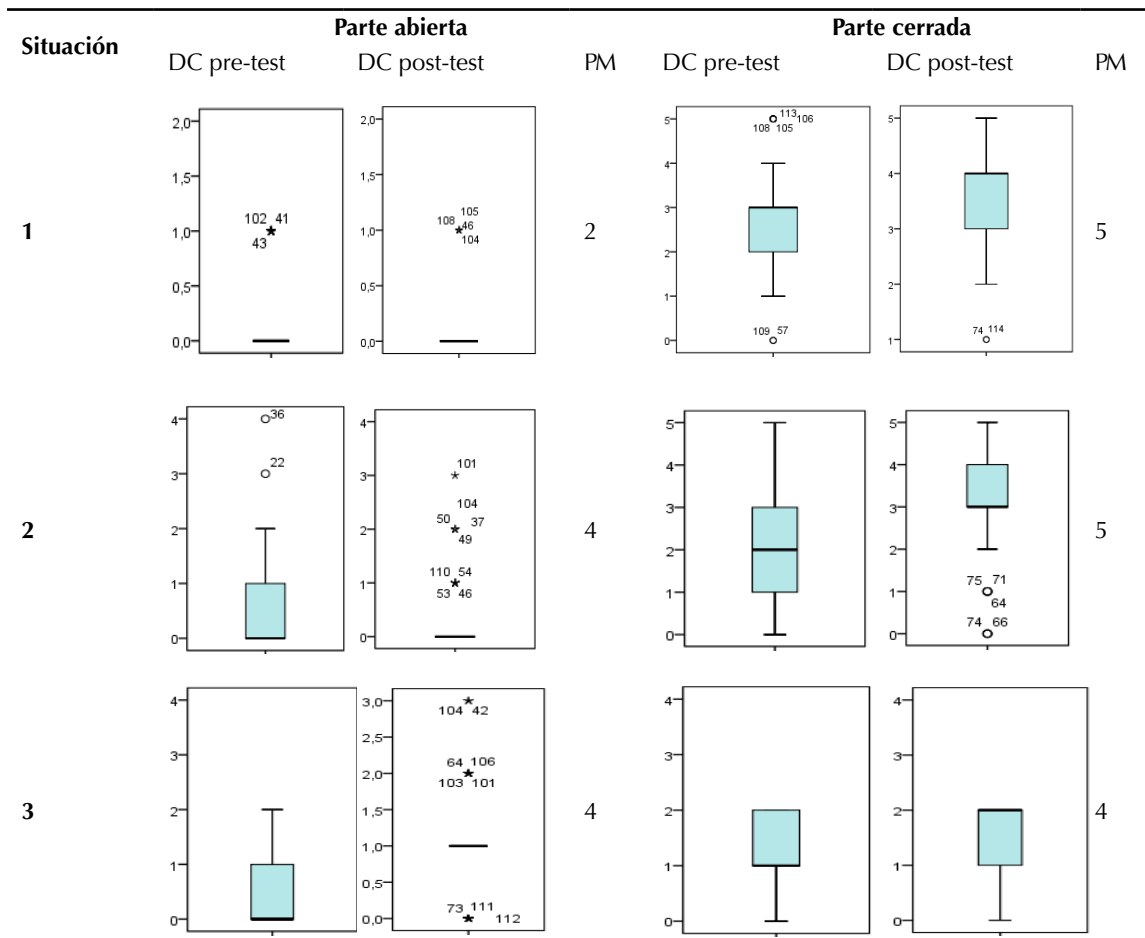


Figura 3. Resultados descriptivos de la adaptación del test de Halpern. Grupos experimentales.

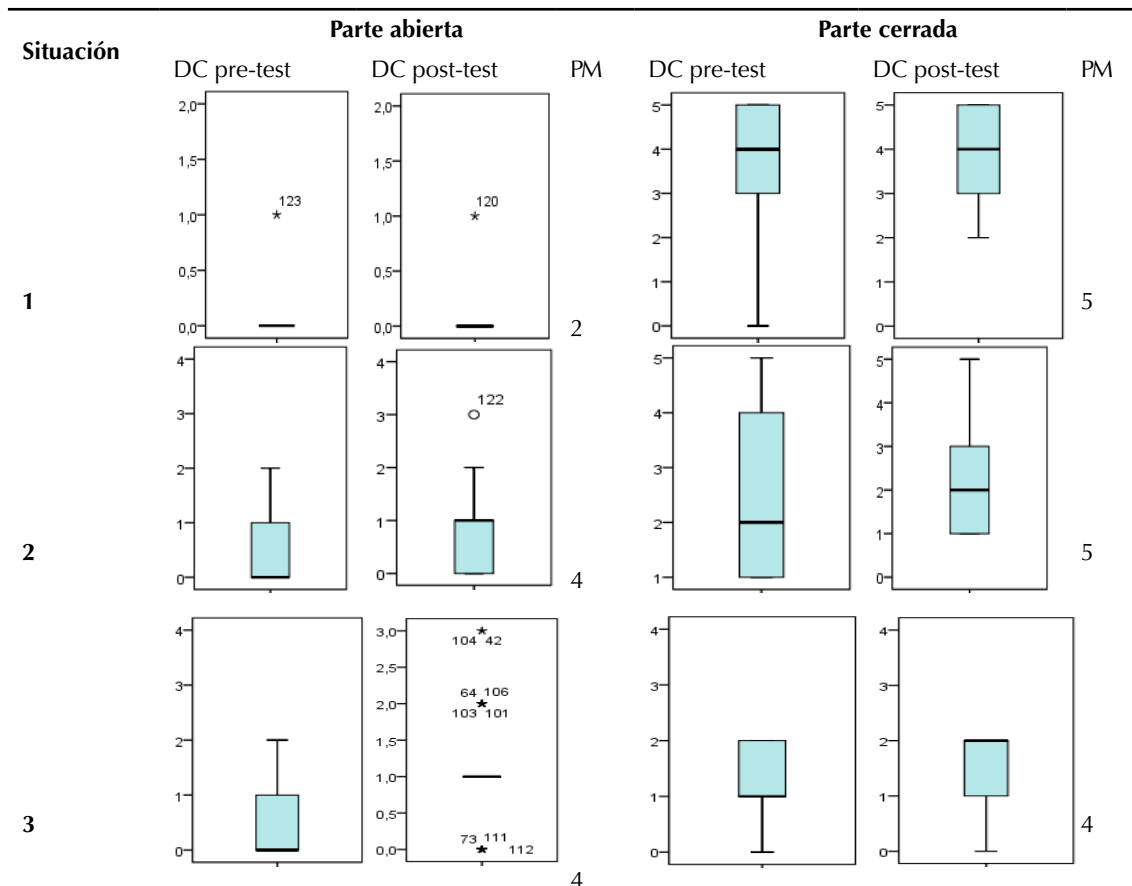


Figura 4. Resultados descriptivos de la adaptación del test de Halpern. Grupo control.

Agradecimientos

La autoría agradece al proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional su colaboración.

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring conceptions and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.04
- Acevedo, J. A.; Aragón-Méndez, M. M.; García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista Científica*, 33(3), 344-355. <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Acevedo, J. A.; García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre*

- Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02
- Acevedo, J. A.; García-Carmona, A.; Aragón-Méndez, M. M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13
- Aikenhead, G. S.; Ryan, A. G. (1989). The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics. Final Report of SSHRCC Grant. Saskatoon, Canadá: Universidad de Saskatchewan.
- Deng, F.; Chen, D. T.; Tsai, C. C.; Chai, C. S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961-999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>
- Dochy, F.; Segers, M.; Dierick, S. (2002). Nuevas vías de aprendizaje y enseñanza y sus consecuencias: una nueva era de evaluación. *Docencia universitaria*, 2(2), 1-29.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model: A proposed 7E model emphasizes "transfer of learning" and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, 70, 56-59.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Executive Summary "The Delphi Report".
- Franco, A.; Almeida, L.; Morales, L. (2014). Pensamiento crítico: reflexión sobre su lugar en la Enseñanza Superior. *Educación del siglo XXI*, 32(2), 81-96. <https://doi.org/10.6018/j202171>
- Garrido, J. M.; Perales, F. J.; Galdón, M. (2007). *Ciencia para educadores*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Gold, K. (2002). Thinking: the next big idea. TES:Website. TES: Website more than a job. <https://www.tes.com/news/thinking-next-big-idea>
- González, F. (coord.); Álvarez, P.; Carrillo, F. J.; García-Alix, A.; Jiménez, M. P.; Romero, C.; Ruiz, L. (2015). *Didáctica de las ciencias para educación primaria II. Ciencias de la vida*. Madrid: Pirámide.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449>
- Horizonte 2020 para la Investigación e Innovación en la Unión Europea (s. f.). Ciencia con y para la sociedad. <https://eshorizonte2020.es/mas-europa/ciencia-con-y-para-la-sociedad>
- Jefatura del Estado de España (9 de diciembre de 2013). *Ley Orgánica 8, para la mejora de la calidad educativa España*. Madrid.
- López, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60.
- Manassero, M. A.; Vázquez, A. (septiembre de 2017). ¿Hay contenidos de naturaleza de la ciencia y la tecnología y pensamiento crítico en los currículos (españoles) actuales? X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla, España.
- Manassero, M. A.; Vázquez, A.; Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología i societats* (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service. <http://www.ets.org/testcoll/>
- Martín, C.; Prieto, T.; Jiménez, M. A. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 167-184. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1500>
- Nieto, A. M.; Saiz, C.; Orgaz, B. (2009). Análisis de las propiedades psicométricas de la versión española del HCTAES-Test de Halpern para la

- evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 14(1), 1-15.
- Norris, S. P. (1985). The Choice of Standard Conditions in Defining Critical Thinking Competence. *Educational Theory*, 35, 97-107. <https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.1985.00097.x>
- Ortega-Quevedo, V.; Santamaría-Cárdaba, N.; Gil, C. (2017). La evaluación formativa en una secuencia de enseñanza aprendizaje de ciencias experimentales. *Infancia, Educación y Aprendizaje*, 3(2), 203-209. <http://dx.doi.org/10.22370/ieya.2017.3.2.724>
- Paul, R. (2005). The state of critical thinking today. *New Directions for Community Colleges, Summer 2005*, 27-38. <https://doi.org/10.1002/cc.193>
- Paul, R.; Elder, L. (2002). *Critical thinking: Tools for taking charge of your professional and personal life*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Pedrinaci, E. (coord.), Caamaño, A., Cañal, P. y de Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó
- Quinquer, D. (2000). Modelos y enfoques sobre evaluación: el modelo comunicativo. En A. Parcerisa (dir.), *Evaluación como ayuda al aprendizaje* (pp.13-20). Barcelona: Laboratorio Educativo, Graó.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, pp. 19349-19420.
- Rotger, B. (1990). *Evaluación formativa*. Madrid: Cincel.
- Rubba, P. A.; Haskness, W. L. (1993). Examination of Pre-service and In-Service Secondary Science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770405>
- Saiz, C. (2002). Enseñar o aprender a pensar. *Escritos de Psicología*, 6, 53-72.
- da Silva, L.; y Rodríguez, A. H. (2011). Critical thinking: Its relevance for education in a shifting society. *Revista de Psicología*, 29(1), 195-195.
- Solbes, J.; Montserrat, R.; Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.
- Valenzuela, J.; Nieto, A. M. (2008). Motivación y pensamiento crítico: aportes para el estudio de esta relación. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, XI(28), 1-8. <http://reme.uji.es/articulos/numero28/article3/article3.pdf>
- Vázquez, A.; Acevedo, J. A.; Manassero, M. A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I. P. Martins (coord.), *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais* (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Vázquez, A.; Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.02
- Vázquez-Alonso, A.; Manassero-Mas, M. A. (2018). El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA 2015. *Revista de Educación*, 380, 103-128. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-380-373>
- Vázquez, A.; Manassero, M. A.; Acevedo, J. A. (2006). An analysis of complex multiple choice science-technology-society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4) 681-706. <https://doi.org/10.1002/sce.20134>
- Vázquez, A.; Manassero, M. A.; Acevedo, J. A.; y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363.

Vázquez, A.; Manassero, M. A.; Talavera, M. (2010). Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes. *Revista*

Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 9(2), 333-352.

Wells, G. (2001). *Indagación dialógica*. Barcelona: Paidós.





Las aulas virtuales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Estadística

Virtual classrooms in the teaching and learning process of Statistics

Salas de aula virtuais no processo de ensino e aprendizagem de Estatísticas

Dayana Alejandra Barrera¹

Nidia Danigza Lugo-López²

Recibido: enero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Barrera, J.A.; Lugo-López, N.D. (2019). Las aulas virtuales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Estadística. *Revista Científica*, 35(2), 183-191. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14368>

Resumen

En la actualidad se innova en la investigación acerca de los métodos de enseñanza en estadística y probabilidad. Sin embargo, es necesario investigar el proceso de aprendizaje de esta asignatura dentro de entornos virtuales. Por esta razón, se pretende observar cómo han cambiado los métodos de enseñanza de la asignatura a través del tiempo en la Universidad Manuela Bertrán (UMB) Virtual, tomando las notas de las evaluaciones finales de dos grupos de estudiantes de estadísticas de las aulas virtuales. Utilizando la prueba T se realizó un análisis comparativo de las aulas, concluyendo que el método de enseñanza en el que se usaron diferentes recursos didácticos muestra un aprendizaje superior.

Palabras clave: aprendizaje, enseñanza, estadística, evaluación continua, foro académico, prueba T, recursos didácticos.

Abstract

Currently, research is being innovated on teaching methods in statistics and probability, however, it is necessary to investigate the learning process on this subject in virtual environments. For this reason, it is intended to observe how the teaching methods of the subject have changed over time at the Manuela Beltrán Virtual University (UMB) Virtual, taking the notes of the final evaluations of two groups of students of statistics of the virtual classrooms. Using the T test, a comparative analysis of the classrooms is carried out, concluding that the teaching method in which different.

Keywords: academic forum, continuous evaluation, didactic resources, learning, statistics, T-test, teaching.

¹. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia. aleja.barrerab@gmail.com

². Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. daniaastro@gmail.com

Resumo

Atualmente pesquisas estão a ser inovadas em métodos de ensino em estatística e probabilidade, no entanto, é necessário investigar o processo de aprendizagem deste assunto em ambientes virtuais. Por esta razão, pretende-se observar como os métodos de ensino do tema mudaram ao longo do tempo na Universidade Virtual Manuela Bertrán (UMB) Virtual, tomando as notas das avaliações finais de dois grupos de estudantes de estatística das salas de aula virtuais. Utilizando o teste T, é realizada uma análise comparativa das salas de aula, concluindo que o método de ensino em que diferentes recursos didáticos foram utilizados mostra uma aprendizagem superior.

Palavras-chaves: recursos didáticos, fórum acadêmico, avaliação contínua, T-test, ensino, aprendizagem, estatística.

Introducción

Al enseñar estadística se espera que los estudiantes sean capaces de emplear los conocimientos adquiridos en sus campos laborales y que estos nuevos saberes les permitan solucionar problemas de su vida diaria o profesional. Para lograr este objetivo en el aprendizaje de conceptos de la estadística, es necesario que la metodología de enseñanza se centre en la interpretación y aplicación de situaciones prácticas (Gómez y Rivera, 2015). También es importante que el alumno sea un ente activo en su proceso de enseñanza-aprendizaje y que el aprendizaje no que se reduzca a una visión *transmisionista*.

Ahora bien, ¿cómo lograr esto desde la virtualidad? Debido a que actualmente la Universidad Manuela Beltrán (UMB) imparte programas académicos virtuales, en la sede ubicada en Cajicá-Cundinamarca, que cuenta con un Departamento de Ciencias Básicas el cual orienta todas las asignaturas del campo de las matemáticas y ciencias naturales, entre ellas la estadística y probabilidad. Para esto, es necesario el uso de una plataforma para la administración del aprendizaje, comúnmente denominada aula virtual.

Antes de continuar, es importante aclarar qué se entiende en esta investigación por aula virtual. Esta se define como:

Una herramienta que brinda las posibilidades de realizar enseñanza en línea. Es un entorno privado que permite administrar procesos educativos basados en un sistema de comunicación mediado por computadoras. De manera que se entiende como Aula Virtual, al espacio simbólico en el que se produce la relación entre los participantes en un proceso de enseñanza y aprendizaje que, para interactuar entre sí y acceder a la información relevante, utilizan prioritariamente un sistema de comunicación mediada por computadoras. (UCAB, 2013, p. 1)

Para la adecuada realización de la enseñanza desde el aula virtual, esta cuenta con diferentes herramientas entre las cuales se encuentran: información general, documentación del curso, tareas o asignaciones, chat, correo electrónico, foros, ejercicios interactivos, cuestionarios, entre otros. Algunas de estas herramientas tienen por objetivo facilitar la comunicación entre el docente y el estudiante; estas a su vez se pueden dividir en comunicación sincrónica (chat) y asincrónica (foros, correo electrónico).

En este trabajo se pretende, por lo tanto, observar cómo el uso o no de los diferentes recursos descritos en el párrafo anterior en las aulas virtuales de la asignatura de estadística y probabilidad, provoca mejores resultados en el desempeño académico de los estudiantes. Para lograr estudiar el impacto del uso de las herramientas virtuales se comparan los resultados académicos de dos aulas virtuales ya terminadas por los estudiantes.

Estas fueron escogidas ya que desde la creación de las aulas virtuales de estadística y probabilidad en el 2010 hasta el año 2015, todas estas utilizaban la misma metodología. Esta trataba de dividir el aula en tres cohortes o temáticas, en los que se colocaban tres talleres de ejercicios

respectivamente y las notas de estos se promediaron para obtener las notas finales de los estudiantes, dejando de lado el uso de herramientas como chat y foros. En cambio, a partir de la primera aula del 2016, se realizó una renovación curricular de la asignatura que reestructuró las actividades evaluativas, pues, aparte de los talleres de ejercicios se propuso los foros académicos de discusión de determinadas temáticas y la evaluación en línea con preguntas múltiples, realizada en un tiempo determinado. Por lo que esta investigación le permitió a las investigadoras determinar el impacto del uso de foro en las aulas virtuales, se dejaron de lado las otras herramientas ya que no fueron usadas en el aula virtual.

Importancia de la comunicación asincrónica en la enseñanza: foro

Resultado de la sociedad de la información en la que actualmente se encuentra inmersa la población mundial, se han desarrollado diferentes herramientas de comunicación mediadas por el internet, como lo afirman Ramírez y Rama:

las sociedades de la información han promovido nuevas formas de comunicación mediante herramientas de comunicación sincrónica (como chat, videoconferencias, entre otros) y asincrónica (foros, correo electrónico, entre otros), dando origen a nuevos conceptos como Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA), aprendizaje colaborativo, cooperativo, e-learning, entre otros. (2014, p. 36)

Autores como Buil, Hernández, Sesé y Urquizu (2011) señalan que el foro le permite al estudiante publicar un mensaje en cualquier momento, quedando siempre visible, para que posteriormente cualquier otro participante pueda consultarlo y contestar si lo estima oportuno. Esto permite mayor tiempo de reflexión para dar respuesta a las situaciones problema propuestas.

Así mismo, el foro permite generar discusiones alrededor de una temática, presentar los puntos de vista de los participantes libremente para lograr un trabajo colaborativo y una retroalimentación constante, que puede o no venir del docente de la asignatura, reforzando también el aprendizaje desde la enseñanza o los otros (Cerrudo y Ferreyra, 2015).

Todo lo anterior convierte al foro en una importante herramienta de comunicación asincrónica, dándole libertad al estudiante para escoger el momento, el ritmo y el lugar de estudio, independiente del docente y de los compañeros (Chaves Torres, 2017).

Prueba T de Student

Para el análisis de los resultados de esta investigación se hizo uso de la prueba T, por lo que se hace necesario explicar en qué consiste. Esta es una prueba estadística que toma dos grupos con variables cuantitativas (en este caso las notas de los estudiantes) y compara las medias de cada grupo, determinando si son significativamente iguales (hipótesis nula) o significativamente distintas (hipótesis alternativa). Esta tiene una confianza del 95 % de que la decisión que se tome realmente sea correcta, y un nivel de significancia del 5 % de que sea errónea. El uso de la prueba T permite determinar si se rechaza o no la hipótesis nula.

Metodología

El presente estudio busca determinar el impacto que tiene el uso de los foros (herramienta de comunicación asincrónica) y las evaluaciones continuas en la comprensión de los contenidos de la asignatura de estadística y probabilidad en el aula virtual. Con el propósito de lograr esto se utilizó un análisis cuantitativo tomando como herramienta la prueba T para muestras independientes, para comparar los resultados en sus notas de dos grupos de estudiantes que vieron la asignatura. A

continuación, se explican las actividades realizadas al interior de las aulas virtuales y lo referente al grupo de estudiantes 1 y al grupo de estudiantes 2.

Actividades realizadas en las aulas virtuales

Como se indicó en párrafos anteriores, esta investigación cuenta con dos grupos de estudiantes, los cuales se identifican como grupo 1 y grupo 2. En los dos grupos se tenía por objetivo cumplir con el diseño curricular de la asignatura que está dividido en dos temáticas principales: estadística descriptiva (recolección de información,

representación gráfica, medidas descriptivas y análisis de la información) y probabilidad básica (definición de las medidas de probabilidad, propiedades de las probabilidades, teoría del conteo, probabilidades con condicionales y regla de Bayes).

Las características personales y académicas de los grupos eran equivalentes, ya que se tenían personas con edades entre 30 y 50 años, pertenecientes a los estratos 2 y 3; además, el 70 % de la muestra en los dos grupos vive fuera de Bogotá y se encontraban laborando. Las actividades realizadas en las aulas se describen en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Actividades realizadas en el aula con el grupo 1.

Aula de 2012 grupo 1			
Estructura	Actividades realizadas	Materiales	Objetivos
Módulo 1			
1. Estadística Descriptiva		Bases de datos UMB	
1.1 Nociones básicas: población, muestra, datos.		Spiegel, M. R. M. R. (1991). Estadística. McGraw-Hill Interamericana Base de datos: McGraw-Hill	
1.2 Variables estadísticas y escalas de medición de las variables	Taller 1: representación gráfica de los datos.	Triola, M. F. (2004). Estadística. Pearson educación. Base de datos: Pearson	Sintetiza diferentes tipos de datos para la identificación de fenómenos aleatorios teniendo en cuenta el uso de gráficos y medidas descriptivas en la solución de problemas de contextos reales.
1.3 Datos agrupados y no agrupados.	10 situaciones problemas relacionadas con las temáticas de nociones básicas, tablas de frecuencias y gráficos estadísticos.	Castillo, I. y Guijarro, M. (2005). Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades. Base de datos: Pearson	
1.4 Tablas de distribución de frecuencia.		Warpole, R. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación.	
1.5 Gráficos estadísticos.	Taller 2: medidas descriptivas.	Murray, R. (2009). Estadística [Libro Electrónico]. Editorial McGraw-Hill Interamericana.	
1.6 Medidas de tendencia central (datos agrupados y no agrupados) 1.1.7 Medidas de dispersión (datos agrupados y no agrupados).	10 situaciones problemas relacionadas con las temáticas de medidas de tendencia central, dispersión, posición y forma.	Resumen de los temas del módulo hecha por el docente.	
1.8 Medidas de posición.			
1.9 Medidas de forma.			
1.10 Distribuciones bidimensionales			
1.11 Distribuciones marginales			

<p>Módulo 2</p> <p>2. Probabilidad y combinatoria</p> <p>2.1 Nociones básicas: experimentos aleatorios, espacio muestral, sucesos.</p> <p>2.2 Operaciones con sucesos, sucesos compatibles e incompatibles.</p> <p>2.3 Combinatoria: permutaciones, combinaciones y variaciones</p> <p>2.4 Definición de probabilidad simple.</p> <p>2.5 Probabilidad condicional</p> <p>2.6 Teoremas de probabilidad total y Bayes</p>	<p>Taller 3: probabilidad básica</p> <p>10 situaciones problemas relacionadas con todas las temáticas de este módulo.</p>	<p>Bases de datos UMB</p> <p>Spiegel, M. R. M. R. (1991). Estadística. McGraw-Hill Interamericana Base de datos: McGraw-Hill</p> <p>Triola, M. F. (2004). Estadística. Pearson educación. Base de datos: Pearson</p> <p>Castillo, I. y Guijarro, M. (2005). Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades. Base de datos: Pearson</p> <p>Warpole, R. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación.</p> <p>Murray, R. (2009). Estadística [Libro Electrónico]. Editorial McGraw-Hill Interamericana.</p> <p>Resumen de los temas del módulo hecha por el docente.</p> <p>Los materiales disponibles en los dos módulos.</p>	<p>Aplica los conceptos de la teoría de las probabilidades para abordar fenómenos aleatorios, mediante el uso de la regla de Bayes en la solución de situaciones problema.</p>
<p>Evaluación final</p>	<p>La evaluación era de 10 preguntas de opción múltiple con contextualizadas alineadas a cada uno de los temas, dados en los módulos 1 y 2.</p>		<p>Conocer el desempeño de los estudiantes, al enfrentarse a situaciones problema que están relacionadas con las temáticas de la asignatura.</p>

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 2. Actividades realizadas en el aula con el grupo 2.

Aula de 2016 grupo 2			
Estructura	Actividades realizadas	Materiales	Objetivos
<p>Módulo 1</p> <p>1. Estadística descriptiva</p> <p>1.1 Nociones básicas: población, muestra, datos.</p> <p>1.2 Variables estadísticas y escalas de medición de las variables</p> <p>1.3 Datos agrupados y no agrupados.</p> <p>1.4 Tablas de distribución de frecuencia.</p> <p>1.5 Gráficos estadísticos.</p> <p>1.6 Medidas de tendencia central (datos agrupados y no agrupados) 1.1.7 Medidas de dispersión (datos agrupados y no agrupados)</p> <p>1.8 Medidas de posición.</p> <p>1.9 Medidas de forma.</p> <p>1.10 Distribuciones bidimensionales</p> <p>1.11 Distribuciones marginales</p>	<p>Actividad práctica: <i>Laboratorio 1</i> encuesta de investigación usando herramientas de estadística descriptiva con Excel</p> <p>Actividad teórica 1: <i>Evaluación módulo 1</i></p> <p>La evaluación cuenta con 10 preguntas de opción múltiple con contextualizadas alineadas a cada uno de los subtemas tratados en el módulo</p>	<p>Bases de datos UMB</p> <p>Spiegel, M. R. M. R. (1991). Estadística. McGraw-Hill Interamericana Base de datos: McGraw-Hill</p> <p>Triola, M. F. (2004). Estadística. Pearson educación. Base de datos: Pearson</p> <p>Castillo, I. y Guijarro, M. (2005). Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades. Base de datos: Pearson</p> <p>Warpole, R. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación.</p> <p>Murray, R. (2009). Estadística [Libro Electrónico]. Editorial McGraw-Hill Interamericana.</p> <p>Resumen de los temas del módulo hecha por el docente.</p> <p><i>Video Clase:</i> es una sesión de video clase sincrónica, que programa el docente, en el cual se esperan ampliar algunas temáticas de los módulos y se solucionen inquietudes precisas manifestadas por los estudiantes participantes en la sesión.</p>	<p>Sintetiza diferentes tipos de datos para la identificación de fenómenos aleatorios teniendo en cuenta el uso de gráficos y medidas descriptivas en la solución de problemas de contextos reales.</p>

<p>Módulo 2</p> <p>2. Probabilidad y combinatoria</p> <p>2.1 Nociones básicas: experimentos aleatorios, espacio muestral, sucesos.</p> <p>2.2 Operaciones con sucesos, sucesos compatibles e incompatibles.</p> <p>2.3 Combinatoria: Permutaciones, combinaciones y variaciones</p> <p>2.4 Definición de probabilidad simple.</p> <p>2.5 Probabilidad condicional</p> <p>2.6 Teoremas de probabilidad total y Bayes</p>	<p><i>Actividad teórica 2: Foro Probabilidad y Combinatoria.</i></p> <p>1. Participar en el foro significa realizar tres ejercicios de la guía asociadas a temas de probabilidad y combinatorias. Estos se socializarán a partir de una imagen con procesos y usando de editor ecuaciones.</p> <p>2. Retroalimentar el proceso de los compañeros mediante ejemplos de las bases de datos o correcciones de los ejercicios.</p> <p>3. Realiza las correcciones sugeridas por el docente o compañeros de los ejercicios si son necesarias.</p> <p>El docente realiza la revisión de cada una de las participaciones y retroalimenta el proceso académico.</p> <p>Actividad teórica 3: Evaluación módulo 2</p> <p>La evaluación cuenta con 10 preguntas de opción múltiple con contextualizadas alineadas a cada uno de los subtemas tratados en el módulo.</p>	<p>Bases de datos UMB</p> <p>Spiegel, M. R. M. R. (1991). Estadística. McGraw-Hill Interamericana Base de datos: McGraw-Hill</p> <p>Triola, M. F. (2004). Estadística. Pearson educación. Base de datos: Pearson</p> <p>Castillo, I. y Guijarro, M. (2005). Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades. Base de datos: Pearson</p> <p>Warpole, R. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación.</p> <p>Murray, R. (2009). Estadística [Libro Electrónico]. Editorial McGraw-Hill Interamericana.</p> <p>Resumen de los temas del módulo hecha por el docente.</p> <p><i>Video Clase:</i> es una sesión de video clase sincrónica, que programa el docente, en el cual se esperan ampliar algunas temáticas de los módulos y se solucionen inquietudes precisas manifestadas por los estudiantes participantes en la sesión.</p>	<p>Aplica los conceptos de la teoría de las probabilidades para abordar fenómenos aleatorios, mediante el uso de la regla de Bayes en la solución de situaciones problema.</p>
<p>Evaluación final</p>	<p>La evaluación era de 10 preguntas de opción múltiple con contextualizadas alineadas a cada uno de los temas, dados en los módulos 1 y 2.</p>	<p>Los materiales disponibles en los dos módulos.</p>	<p>Conocer el desempeño de los estudiantes, al enfrentarse a situaciones problema que están relacionadas con las temáticas de la asignatura.</p>

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Participantes e instrumentos de recolección de información

Las actividades se pusieron en marcha durante dos periodos de tiempo no consecutivos 2012 y 2016, con estudiantes de ingeniería de software modalidad virtual, pertenecientes a la Universidad Manuela Beltrán que hacen parte del campus virtual de la misma. En total, se contó con 19 estudiantes para el 2012 (grupo 1) y 46 estudiantes en el 2016 (grupo 2). La diferencia principal entre estos grupos radica en que en el aula de 2012 solamente se realizaron talleres para la evaluación final de los estudiantes, lo que se siguió haciendo hasta el aula del 2016, donde por primera vez se agregaron como actividades evaluativas los foros académicos.

Los foros funcionaban de la siguiente manera: se colocó un taller con preguntas y problemas relacionados a los temas del módulo dando

instrucciones al estudiante sobre dónde debían realizar dos problemas y dos retroalimentaciones a sus compañeros, sin repetir soluciones o retroalimentaciones. El tutor calificaba las soluciones y era el moderador en las retroalimentaciones, estas pueden ser soluciones alternativas, aportes nuevos al problema o correcciones a las soluciones propuestas.

Un ejemplo del tipo de preguntas que se utilizaron en los talleres o foros son:

La probabilidad de que un hombre viva 20 años es $1/4$ y la de que su mujer viva 20 años es $1/3$. Se pide calcular la probabilidad de que ambos vivan 20 años. Interprete adecuadamente su respuesta.

Como se observa, no solamente se pidió el cálculo, sino que se hiciera la interpretación del resultado; en este caso la respuesta es $1/4 * 1/3 = 1/12$, con lo que se interpretó como que la probabilidad

de que hombres y mujeres vivan 20 años es de 1/12, o en porcentaje del 8.3 %.

El objetivo de estos talleres era fortalecer en el estudiante la capacidad de resolver problemas, haciendo un análisis adecuado de la situación que le permitiera discriminar entre las fórmulas la correcta, realizar los cálculos correctos y, además, interpretar esta respuesta en un entorno real. Ambos conceptos se tenían en cuenta a la hora de evaluar las preguntas; así, el foro fue para los estudiantes un espacio para discutir la solución a los problemas planteados y recibir retroalimentación, el cual no tenían antes del uso del foro.

Resultados

Con el propósito de realizar una comparación entre los resultados académicos de los dos grupos y poder medir el impacto del foro en las actividades realizadas, se usó la prueba T. Esta se aplicó a las notas finales obtenidas por los estudiantes, la cual es resultado del promedio de las notas parciales. Se debe recordar que lo único que cambió en las dos aulas virtuales fue el uso del foro.

Antes de continuar con los detalles de la prueba T, se debe explicar qué procesos de depuración se realizaron en los datos y cómo se hizo el estudio

de normalidad de los mismos. Se tomaron los datos de los estudiantes que participaron en todas las actividades así:

1. El grupo I contaba con 19 estudiantes
2. En el grupo I fueron eliminados 4 estudiantes (21 %)
3. El grupo I quedó con 15 estudiantes (79 %)
4. El grupo II tenía 46 estudiantes
5. En el grupo II fueron eliminados 13 estudiantes (28 %)
6. El grupo II quedó con 33 estudiantes (72 %)

La prueba T permite comparar los promedios entre dos muestras pareadas o independientes, teniendo igualdad o no en las varianzas. Como es una prueba paramétrica, solamente se puede aplicar cuando los datos se distribuyen normalmente.

Según Gómez y Soria, "Hay que tener siempre en cuenta que las pruebas paramétricas son más potentes y dan más información que los no paramétricos, por lo que, sí pueden usarse, se prefieren" (2001, p. 1). Por esta razón, se utilizaron las pruebas Shapiro-Wilks (para la muestra del grupo I que tiene menos de 30 estudiantes) y Kolmogorov-Smirnov (para la muestra del grupo II que tiene más de 30 estudiantes), para comprobar la normalidad de los datos.

Pruebas de normalidad:

H_0 : Lamuestra proviene de una población distribuida normalmente

H_a : Lamuestra no proviene de una población distribuida normalmente

Tabla 3. Pruebas de normalidad grupos I y II.

	P-valor KS^1	P-valor SW^2	
Grupo I	0.078	0.287	a^3
Grupo II	0.2	0.251	b

(1) KS: Kolmogorov-Smirnov, (2) SW: Shapiro-Wilk. (3) Letras diferenciadas indican diferencias significativas $\alpha=0.05$

Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la tabla 3 se presentan los resultados de los test a los dos grupos. Tomando como nivel de significancia del 0.05, como los p-valores en las pruebas Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov son mayores a 0.05, no se rechaza H_0 .

Se obtuvo que ambas muestras provienen de poblaciones que se distribuyen normalmente. Con los resultados anteriores, se tiene la normalidad en los datos, permitiendo aplicar la prueba T. Las hipótesis nula y alternativa son:

H_0 : los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2016 obtuvieron los mismos resultados que los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2012. ($\mu_I = \mu_{II}$).

H_a : los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2016 obtuvieron mejores resultados que los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2012. ($\mu_I < \mu_{II}$).

Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 4, en la que se puede ver que los límites de confianza son negativos asumiendo o no varianzas iguales, es decir:

$$\mu_I - \mu_{II} < 0 \text{ entonces } \mu_I < \mu_{II}$$

Por lo tanto, se rechaza H_0 , debido a que cuando suponemos varianzas iguales o distintas obtenemos que los límites de confianza son negativos, como lo señala la tabla, con lo que existen evidencias estadísticas que permiten afirmar con un 5 % de significación que “los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2016 obtuvieron mejores resultados que los estudiantes sometidos al método de enseñanza virtual del 2012”.

Discusión

En la literatura se pueden encontrar experiencias previas con respecto al foro académico virtual, considerándolo una herramienta pedagógica enriquecedora, para el conocimiento que impulsa la participación de los estudiantes, permitiendo que intercambien ideas, establezcan posturas que se descartan o se asumen parcialmente, dando aportes con nuevas ideas, ejemplos, sitios de internet, bibliografía, entre otros (Buil, Hernández, Sesé y Urquizu, 2011). Esto es importante cuando la enseñanza se hace desde la virtualidad.

Uno de los recursos didácticos que ha generado óptimos resultados en el aprendizaje de los contenidos de la asignatura es el foro académico. Y una de las ventajas que posee es la *comunicación asincrónica*, teniendo en cuenta que a los estudiantes de la modalidad virtual les es difícil estar de manera sincrónica en la participación de las actividades, por sus trabajos y responsabilidades; con lo que este aspecto es una gran ventaja a la hora de participar en una actividad académica.

En el foro se genera un debate que produce de manera natural herramientas de “enriquecimiento académico”, que permiten retroalimentar el proceso de aprendizaje de los contenidos en cualquier asignatura del conocimiento, haciendo que en el área de estadística se genere la polémica y el interés por la participación e interacción de los temas propuestos. De esta manera, puede afirmarse que parte de los buenos resultados en el grupo II se debe al foro académico del módulo I, afirmación que es confirmada con los resultados de la prueba T.

Tabla 4. Pruebas T diferencia de medias de los grupos I y II.

	PV^1	LIC^2	LSC^3	
Suponiendo iguales varianzas	0.016	-1.0439	-0.112	a^4
Suponiendo distintas varianzas	0.027	-1.0845	-0.070	b

(1) PV: P-valores de las pruebas T, (2) LIC: límites inferiores de confianza, (3) LSC: límites superiores de confianza, (4) letras diferenciadas indican diferencias significativas $\alpha=0.05$.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Desde la experiencia en las aulas de estadística de la UMB Virtual, el foro ha permitido abordar los temas de manera natural, haciendo que los estudiantes practiquen ejercicios, retroalimenten el proceso de sus compañeros y puedan corregir y aclarar dudas con la ayuda del tutor. Esta experiencia se explica por la naturaleza asincrónica de un foro académico, dando lugar a que se tome más tiempo para la participación, la retroalimentación y la reflexión del aprendizaje de los contenidos

Así, los resultados obtenidos del grupo II con respecto al grupo I en parte se deben a que en el grupo I solamente realizó algunos talleres y una evaluación final; a diferencia del grupo II en el que se realizaron varios foros, talleres y evaluación final, haciendo un seguimiento más profundo acerca del progreso del aprendizaje de los estudiantes, durante el transcurso del curso. Resultados similares son encontrados por Cerrudo y Ferreyra, L. (2015), lo que reafirma las conclusiones encontradas en este trabajo, en el aula virtual es necesario usar herramientas de comunicación asincrónica que le permite al estudiante compartir su conocimiento con sus compañeros y con el docente.

Conclusiones

En esta investigación pudimos concluir que herramientas como el foro académico o la evaluación en línea obtuvieron mejores resultados en el promedio de notas de los estudiantes.

Es importante desarrollar recursos académicos que permitan mejorar la interactividad entre los participantes de las aulas virtuales de estadística y probabilidad, en los que se intensifique los trabajos colaborativos, la retroalimentación constante del tutor y el seguimiento al progreso académico de los estudiantes.

El foro, al ser una herramienta que permite proponer diferentes soluciones a un problema, en este caso estadístico, propicia la discusión alrededor

de la temática, lo que genera un pensamiento crítico en cada uno de los participantes.

Referencias

- Buil, I.; Hernández, B; Sesé J.; Urquizu, P. (2011). Los foros de discusión y sus beneficios en la docencia virtual: recomendaciones para un uso eficiente. *Revista Innovar*, 22(43), 131-144.
- Cerrudo, A.; Ferreyra, L. (2015). Importancia del uso de foros como herramienta de comunicación, formación y potenciación del aprendizaje en aulas virtuales en la educación superior a distancia. En *III Jornadas de TIC e Innovación en el Aula*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48785>
- Chaves-Torres, A. (2017). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI. *Revista Academia y Virtualidad*, 10(1), 23-41. <https://doi.org/10.18359/ravi.2241>
- Gómez-Biedma, S.; Vivó, M.; Soria, E. (2001). Pruebas de significación en Bioestadística. *Revista de Diagnóstico Biológico*, 50(4), 1.
- Moya, M. (2008). *La utilización de los foros en la enseñanza de la matemática mediada por tecnología digital* (tesis maestría). Universidad Nacional de La Plata. Argentina. <https://goo.gl/Ar9TTC>
- Ramírez, F; Rama, C. (2014). *Los recursos de aprendizaje en educación a distancia: nuevos escenarios, experiencias y tendencias*. Lima: Fondo Editorial.
- UCAB (2013). *¿Qué es un aula virtual?. Curso continental AUSJAL sobre pobreza en América Latina*. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela. <http://apps.ucab.edu.ve/diplomadonew/aulavirtual.pdf>
- Vides, S; Rivera, J. (2015). La ingeniería didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estadística. *Omnia*, 21(2), 96-104.





La educación en energías renovables desde las controversias socio-científicas en la educación en Ciencias

Education in renewable energies from socio-scientific controversies in Science

Educação em energias renováveis de controvérsias socio-científicas na educação em Ciências

Vladimir Ballesteros-Ballesteros¹

Adriana Patricia Gallego-Torres²

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Ballesteros-Ballesteros, V.; Gallego-Torres, A.P. (2019). La educación en energías renovables desde las controversias socio-científicas en la educación en Ciencias. *Revista Científica*, 35(2), 192-200. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14869>

Resumen

El trabajo que aquí presentamos propone una reflexión teórica e histórica de las controversias socio-científicas. Estas se entienden acá como situaciones problematizadoras que se han convertido en una herramienta eficaz en la enseñanza de las ciencias, ya que permiten el desarrollo de procesos argumentativos, del pensamiento crítico, de concepciones más acordes a la ciencia y la actividad científica, al tiempo que alude a la historia y la filosofía. En este sentido, los lectores encontrarán un breve recuento histórico del origen de las controversias socio-científicas y una propuesta para trabajar la educación en energías renovables.

Palabras clave: controversias socio-científicas, CTS, educación científica, educación en energías renovables.

Abstract

The work presented here proposes a theoretical and historical reflection of the socio-scientific controversies posed as problematizing situations that have become an effective tool in the teaching of sciences, since they allow the development of argumentative processes, the development of thought critical, conceptions more in line with science and scientific activity and allows use of history and philosophy. In this sense, readers will find a brief historical account of the origin of socio-scientific controversies and a proposal to work on Education in Renewable Energy.

Keywords: socio-scientific controversies, cts, scientific education, education in renewable energies.

¹. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá, Colombia. vladimir.ballesteros@libertadores.edu.co

². Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. adpgallegot@udistrital.edu.co

Resumo

O trabalho aqui apresentado propõe uma reflexão teórica e histórica das controvérsias sócio-científicas colocadas como situações problematizadoras que se tornaram uma ferramenta eficaz no ensino de ciências, pois permitem o desenvolvimento de processos argumentativos, o desenvolvimento do pensamento crítico, concepções mais em consonância com a ciência e atividade científica e permite o uso da história e da filosofia. Nesse sentido, os leitores encontrarão um breve relato histórico da origem das controvérsias sociocientíficas e uma proposta de trabalho em Educação em Energias Renováveis.

Palavras-chaves: controvérsias sociocientíficas, cts, educação científica, educação em energias renováveis.

Introducción

Uno de los primeros obstáculos de la ciencia y sus desarrollos se dio durante el siglo XVI, época conocida como “El oscurantismo” en la que la producción y difusión del conocimiento estaba restringida por motivos sociales, políticos y religiosos. Es decir, los conocimientos se limitaron a grupos selectos que podrían comprenderlos, razón por la cual se dijo que deberían ser escritos en lenguajes “oscuros” para que el público en general no pudiera comprenderlos. Este hecho puede traspasarse al propio mito de la caverna de Platón, en donde la actividad científica está marcada al interior de esta por sombras y obstáculos, que establece un único camino que proyecta un final feliz (Medina, 1983).

Siglos después, los epistemólogos, los sociólogos y los historiadores de la ciencia comenzaron su ardua lucha por desmitificar esa ciencia oscura y crear una visión más acorde al trabajo de los científicos y de la propia ciencia. Esta tarea historiográfica que inició a comienzos del siglo XX se denominó *internalismo vs. externalismo* y se extendió hasta finales de la década de 1980. A lo largo de ese período, las producciones en el ámbito de la historia y la sociología de la ciencia apuntaron a determinar las causas, factores o variables que pudieran explicar los mecanismos de

la producción del conocimiento, sus influencias y alcances (Arias y Navarro, 2017).

En este sentido, los estudios sociales de la ciencia inauguraron campos de investigación para comprobar la existencia de las circunstancias sociales, culturales, políticas y económicas que forman parte de la construcción del conocimiento científico en diferentes líneas (Gallego *et al.*, 2009). Algunos sociólogos e historiadores de la ciencia estuvieron interesados en estudiar el ritmo de crecimiento y la dirección de los trabajos científicos, es decir, la formación y actuación de los grupos de científicos tanto institucionalizados como informales. Otros investigadores se centraron en las razones que explican el desarrollo de ciertas clases de investigaciones científicas, las carreras de los científicos y la influencia que esta ha ejercido en la sociedad; y un tercer grupo consideró la constitución social del contenido de las teorías científicas como parte de la historia sociocultural de la humanidad (Merton, 1984; Barona, 1994; Martini, 2008; Shapin 2008).

A partir de esto, y como legado de los estudios sociales de la ciencia, se inició otro conflicto al interior de la ciencia: el reconocimiento y la titularidad de los descubrimientos. Los científicos comenzaron cada vez más moverse entre la academia y las empresas, y búsqueda del reconocimiento reputacional y financiero (Shapin, 2008). Esto es, un enfoque Mertoniano de las recompensas y la concepción de las instituciones de la ciencia como empresas. Y es justo en este momento cuando se sitúa el origen de los estudios de las controversias científicas alrededor de la década de 1970, basados en la sociología del conocimiento científico (Restivo, 1992; Martini, 2011).

Origen de las controversias socio-científicas como objeto de estudio

La sociología de la ciencia y la educación científica han desarrollado diversos estudios sobre las implicaciones de la ciencia en la sociedad (Vesuri, 1992; Restivo, 1992; Vilchez y Furio, 1999; Eslava, 2004; Gallego *et al.*, 2009; López-Cerezo

y Núñez, 2001; Acevedo *et al.*, 2003; Solbes y Torres, 2015, Acevedo y Carmona, 2016). En estos se ve implicado un enfoque en las cuestiones sociales relacionadas con la ciencia. En este sentido, y desde finales de la década de 1990, se aceptó que la ciencia es un producto de la cultura que la produce y, por tanto, la ciencia es codependiente del contexto social en el que se desarrolla y los compromisos políticos y económicos que la influyen (Bybee, 1997; Fensham, 2002; Hodson, 2003; Lederman, 2007).

A partir de estos planteamientos nace el interés por las cuestiones socio-científicas, relacionadas con problemáticas sociales controvertidas de la ciencia y dilemas socio-éticos (Kolstø, 2001; Ratcliffe y Grace, 2003; Sadler y Zeidler, 2004). El primer tipo de controversia que llamó la atención dentro de la sociología de la ciencia fue la *disputa de prioridad*. La cual se trata de una confrontación entre uno o más científicos o grupos de científicos que reclaman la autoría de un determinado descubrimiento científico (Pinch, 2015), lo que se convirtió en la primera línea de estudio.

Así, por ejemplo, una de las controversias más nombradas es el caso de la Foto 51, uno de los retos más grandes del siglo XX: la estructura del ADN. Este episodio de la historia de la ciencia comienza con la publicación del artículo "A structure for deoxyribose nucleic acid" en la revista *Nature*, el 25 de abril de 1953, por Watson y Crick; este artículo significó la culminación del descubrimiento tridimensional de la molécula relacionada con la herencia genética, el ADN. Esta disputa, de tres grupos de investigación en su carrera por hacerse con el descubrimiento, dejó entrever los oscuros intereses de la ciencia. El primer grupo era el liderado por Linus Pauling, en Estados Unidos, quien propuso un primer modelo de triple hélice. Un segundo grupo, liderado por James Dewey Watson y Francis Harry Compton Crick, en Universidad de Cambridge; y, por último, Maurice Wilkins del Kings College de Londres. En la carrera por darse con el descubrimiento, y habiendo conocido la aproximación de Pauling, Crick, y Watson, se

conocieron los avances de los estudios cristalográficos realizados por Wilkins (Álvarez, 2015).

Fueron Watson y Crick quienes lograron hacerse con la autoría al formular el modelo de la estructura del ADN a partir de la famosa Foto 51 que Rosalind Franklin y Raymond Gosling aplicando la difracción de rayos X. En esta foto obtuvieron una imagen nítida la estructura helicoidal del ADN, fotografía que demostró que la estructura era una doble hélice (Álvarez, 2015; Acevedo y Carmona, 2016).

Existen en la literatura muchos otros ejemplos. Uno de estos es el caso de la existencia de una nueva forma de fusión nuclear a temperatura ambiente conocida como "fusión en frío" (Collins, 1992).

Otra perspectiva relacionada con las controversias científicas es la percepción social, relacionada con el impacto negativo de la ciencia y la tecnología en los ciudadanos, lo que ha significado cambios en las políticas públicas y económicas. Tal es el caso de la publicación del libro de Rachel Carson *Silent Spring*, en el que se denunciaba los efectos nocivos de los pesticidas en la naturaleza, lo que fue el inicio de la preocupación ambiental en el mundo. Estos ejemplos, así como otros más, se han relatado a lo largo de las últimas décadas, lo que termina por demostrar la necesidad de formar a los ciudadanos científicamente y de alertar sobre las diferentes tecnologías utilizadas en la alimentación, la guerra o la industria y sus consecuencias sociales y ambientales.

Las controversias socio-científicas en la educación en Ciencias

Las controversias socio-científicas han sido definidas desde la educación en ciencias como:

La puesta en práctica en el aula del enfoque CTS y el uso de las controversias socio-científicas como forma de empoderar a los estudiantes como ciudadanos ha resultado útil, como lo afirma Osorio:

Una línea de trabajo académico e investigativo, que tiene por objeto preguntarse por la naturaleza

social del conocimiento científico – tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales (principalmente). (2002, p. 3)

De acuerdo con lo anterior, lo que se busca es que las personas logren tener una participación ciudadana en las decisiones tecnológicas que los afecten, a través de una correcta alfabetización tecno-científica que debe ser impartida desde la escuela.

Este enfoque, como lo afirma López (1998), tiene sus orígenes en la década de 1960, a raíz de algunas movilizaciones sociales cuya preocupación era el desarrollo tecnológico, debido a las consecuencias dejadas por la bomba atómica en la Segunda Guerra Mundial y algunos accidentes nucleares. Las reflexiones derivadas de estas movilizaciones lograron abrir un espacio en las academias universitarias enfocadas a la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía. Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo (2006) sustentan que tanto la ciencia como la tecnología están relacionadas con diversos tipos de intereses económicos, sociales, políticos, históricos, filosóficos, culturales y ambientales, con lo cual los estudiantes pueden aportar de acuerdo con el contexto el que se encuentran inmersos, teniendo en cuenta, sus intereses, inquietudes y expectativas.

De acuerdo con Quintero (2010), en Colombia, así como en los demás países de América Latina, los estudios sobre las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS) están orientados en su mayoría hacia la parte socio-histórica e histórico-filosófico, dejando de lado la investigación. A pesar de la reciente preocupación mundial por las secuelas que ha traído el uso inadecuado de la tecnología, el enfoque CTS se presenta como una renovación al currículo de la educación básica y superior. Sin embargo, la producción académica a nivel investigativo demuestra un interés mínimo hacia la teorización y fundamentación conceptual de este enfoque, razón por la cual se puede concluir que se requiere un arduo trabajo pedagógico

para la formación de docentes en ciencias y tecnología en el enfoque CTS. Lo anterior debido a que en las pocas investigaciones encontradas, se evidencia la carencia teórica y didáctica para generar nuevos adelantos en este campo (que impliquen a la formulación de propuestas acordes a las necesidades de formación profesional en países que como el nuestro) se encuentra en un serio atraso científico, tecnológico y social. Por esta misma línea, Solbes, Vilches y Gil (2002) establecen qué se conoce sobre la participación de los docentes de Ciencias en el diseño curricular con enfoque CTS.

Entre las razones por las cuales López y Valenti (1999) plantean que se debe educar para innovar y participar, por lo que esto hace pertinentes las reflexiones, como el diseño de actividades escolares que propicien su logro, respondiendo a la realidad científica y tecnología en el mundo actual y asumiendo valores, estimulando la sensibilidad social y el sentido crítico. Es allí donde la escuela tiene su papel más importante, ya que desde el aula el docente de ciencias y tecnología debe garantizar la formación de los estudiantes en fundamentos técnicos, científicos, históricos, ideológicos y de impacto social y ecológico; así como una racionalidad crítica en el uso y protección de la tecnología. Además, los estudiantes deben implicarse activamente en la organización y desarrollo de los contenidos educativos aportando desde sus experiencias.

Las controversias científicas, por su naturaleza, permiten trabajar en las clases de ciencias diversos enfoques sociales, históricos y políticos. Esto nos podría permitir abarcar contextos cotidianos y problemas actuales, tales como: la educación en energías renovables, los problemas ambientales, los alimentos transgénicos, la democratización del conocimiento, etc. Las miradas que surgen a partir de la conjunción de los estudios sociales y la educación científica, que desde años atrás se ha intentado cambiar y sustituir frente a la fuerte crítica de los procesos de enseñanza aprendizaje que se ejerce en los jóvenes, hacen del enfoque CTS

uno de los aportes para solventar y acuñar a los nuevos modelos que permitiría consolidar y apoyar dichos procesos educativos (González de la Fe, 2009; Acevedo y Carmona, 2016).

Los estudios de CTS tienen entre sus objetivos la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales (principalmente). A los estudios CTS también se les conoce como estudios sociales de la ciencia y la tecnología (Streider *et al.*, 2017). Lo que nos podría enmarcar el estudio de las energías renovables en comunidades indígenas como parte de la formación científica ciudadana desde el compromiso público ascendente, tesis doctoral que se está desarrollando en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Ballesteros, 2019).

Acudiendo a lo que establece la OEI desde el ámbito educativo, los enfoques CTS suponen la confluencia de propuestas e iniciativas diversas. En este sentido, el uso de controversias socio-científicas podrían permitir trabajar el compromiso público y promover la participación de las comunidades en las decisiones sobre el uso de las energías renovables, el cual es el precedente para la existencia de una ciudadanía con actitudes y capacidades para esa participación democrática. La formación desde esta perspectiva interpela a una población con una concepción más acorde del papel social de la ciencia, lo que implica la necesidad de trabajar el compromiso público ascendente como eje conceptual en el caso de las energías renovables.

Así, desde este enfoque se pueden generar ciertas habilidades y actitudes que propician en los maestros de Ciencias Naturales y estudiantes una concepción científica del mundo, que se encamine hacia un ejercicio de la formación científica, conservación y cuidado de los recursos energéticos, que promueva en los ciudadanos una actitud crítica y que pueda enfrentar los desafíos teniendo en cuenta la actual emergencia planetaria. A partir de esto,

La educación desde el enfoque Ciencia-Tecnología Sociedad intenta promover la alfabetización en ciencia y tecnología para que los ciudadanos sean capaces de participar en el proceso democrático de toma de decisiones y promover la acción ciudadana en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología. (Membiola y Padilla, 2005, p. 5)

Lo cual nos indica la importancia de propiciar estudios dentro del enfoque. Por su parte, Acevedo afirma lo siguiente:

La tesis fundamental que sustentamos es que el paradigma CTS puede guiar mejor que otros la selección de contenidos básicos, relevantes y más útiles para todos los estudiantes, que se relacionen con la vida cotidiana y puedan contribuir realmente a su alfabetización científica y tecnológica, así como dar pautas metodológicas para llevar a la práctica esta importante innovación educativa. (2016, p. 7)

Siguiendo esta misma línea, la educación desde el enfoque CTS tiene diferentes objetivos, realizables de diversas formas curriculares y extra-curriculares, todos relacionados con promover y desarrollar formas de análisis e interpretación sobre la ciencia y la tecnología de carácter interdisciplinario. Entre estos, se destacan la historia, la filosofía y sociología de la ciencia y la tecnología, así como la economía del cambio técnico y las teorías de la educación y del pensamiento político (Osorio, 2002, p. 67).

Desde nuestra perspectiva, el uso de las controversias socio-científicas puede potenciar que los estudiantes logren construir su conocimiento tras el análisis problematizado de las energías renovables dada a la velocidad del cambio tecnológico y las necesidades energéticas que enfrentan las distintas comunidades (Jennings, 2009; Kandpal y Broman, 2014). En este sentido, Ballesteros propone en 2019 trabajar la educación en energías renovables desde las siguientes premisas:

1. Las fuentes no convencionales de energía renovable con un énfasis particular en algunas específicas dependiendo de las necesidades locales y la disponibilidad de recursos.
2. Los aspectos pertinentes para el desarrollo y la difusión de soluciones basadas en energías renovables, tales como: 1) evaluación de recursos; 2) diseño, fabricación, instalación, monitoreo del rendimiento, resolución de problemas y mantenimiento de tecnologías; 3) finanzas, aspectos económicos y energéticos de la utilización de la tecnología de energía renovable; 4) aceptabilidad sociocultural; y 5) evaluación de los impactos ambientales asociados.
3. La conservación de la energía y la interacción entre la energía y el medio ambiente.
4. El equilibrio entre la teoría y la práctica. Por ello, sus contenidos deben incluir aportes sobre experimentos de laboratorio y demostración, capacitación práctica, resolución de problemas, diseño y fabricación de aportes; además de conferencias, tutoriales, tareas y seminarios, etc.
5. Facilitar el intercambio de experiencias energéticas efectivas y mutuamente beneficiosas.
6. El emprendimiento de manera que los estudiantes puedan acercarse a distintas opciones del mercado laboral y la implementación de soluciones de Investigación y Desarrollo I+D.

Se debe proporcionar preferiblemente en los idiomas locales para una mayor aceptación, asegurando que los materiales y recursos de enseñanza y aprendizaje deben ser accesibles y de buena calidad. Ya que las controversias no solo hacen referencia a episodios históricos de la ciencia, también se utilizan hoy día para que los estudiantes actúen no solo como científicos, sino como ciudadanos científicamente alfabetizados que toman partido de una situación desde su conocimiento y experiencias cotidianas. En este caso, el papel de los procesos en este campo de acción debe ser el menos visible, destacándose más por ser un

director de investigación suscitando preguntas, nunca respuestas.

En este modelo, los estudiantes deben realizar un proceso de construcción social de teorías y enfoques a través de la generación y resolución de problemas teóricos y prácticos. Por tanto, el currículo para este caso está centrado en la resolución de problemas desde el análisis del conocimiento disciplinar incluyendo, a diferencia de los demás, la historia de la ciencia, pues se asume que el aprendizaje de los estudiantes debe asemejarse con el mismo proceso de construcción de los contenidos científicos.

Las actividades de enseñanza que elabora el profesor deben incluir los siguientes aspectos: un motivador, definición de un problema e identificación de variables, emisión de hipótesis, posibles estrategias de resolución. Explicación fundamentada de la estrategia, un análisis de resultados de acuerdo con las hipótesis hechas anteriormente, reflexión del proceso realizado y elaboración de una memoria que evidencie el análisis del proceso y de los resultados.

Este enfoque exige que el profesor cuente con un gran dominio de sus conocimientos disciplinares, así como también desde la parte pedagógica, ya que es el encargado de realizar los ajustes pertinentes para que los estudiantes encaminen, enriquezcan o redefinan sus investigaciones.

De acuerdo con los enfoques anteriores, González y Orribo (1995) argumentan la posibilidad de enseñar de distintas formas en la clase de Física, para lo cual se establecen varios enfoques didácticos. Ellos concluyen que el comportamiento de los docentes de esta área se adapta a cinco enfoques didácticos muy caracterizados, como lo son: transmisor, tecnológico, artesano, descubridor y constructivista. Por otro lado, Boyer y Tiberghien (1989) revelan en su artículo las representaciones complejas y a veces ambivalentes de la enseñanza de las ciencias (Física y Química), por parte de los docentes y de los estudiantes, además de establecer las finalidades de estas ciencias según el punto de vista de cada actor del

aula de clase, hace un recorrido por la problemática y enfoques de investigación concluyendo que se necesita una urgente profundización de la reflexión sobre lo que se busca en la enseñanza de la Física en el aula.

Estas razones permiten entrever que a través de la utilización del enfoque CTS en el currículo de la enseñanza de las ciencias los docentes se dan a la tarea de formar estudiantes críticos en el uso de la tecnología; estimulando la creatividad y el diseño siempre en pro de responder a problemas sociales mejorando su entorno, acentuando su participación social a través de la innovación dando un sentido y uso a su conocimiento y fundamentación técnica y científica, asumiendo la tecnología como lo plantean Vaccarezza *et al.*:

[...] el conjunto de saberes inherentes al diseño y concepción de los instrumentos (artefactos, sistemas, procesos y ambientes) creados por el hombre a través de su historia para satisfacer sus necesidades y requerimientos personales y colectivos. (1998, p.114)

Dado que el desarrollo del país depende del conocimiento y la necesidad de actuar sobre la emergencia de las energías renovables, se debe forjar una sociedad pensante, argumentativa, con cultura ecológica y propiciar la participación ciudadana en situaciones contextualizadas y focalizadas.

A manera de conclusión: las controversias científicas y su papel en la educación en ciencias

La importancia de incluir en las clases de Ciencias diferentes casos históricos y sociales alrededor de la construcción social del conocimiento científico, han sido utilizados para trabajar la alfabetización científica, las actitudes hacia la ciencia, el desarrollo del pensamiento crítico, la formación científica ciudadana, entre otros.

La resolución de dichos problemas no es simple ni directa, y la información científica disponible

suele ser contradictoria y provenir de ciencia de frontera. La definición de las controversias científicas, tal y como lo expresan Moreno y Jiménez-Liso en su artículo:

Son aquellas disyuntivas sociales que surgen y que están relacionadas con la ciencia, debido a la compleja relación que existe entre ciencia y sociedad. Si solamente pertenecieran al campo de lo social no serían controversias socio-científicas. Aparece la controversia cuando existe diferencia de opiniones relacionadas con estos asuntos, normalmente entre periodistas, ciudadanos y científicos. (2012, p.55)

Esta diferencia de opiniones es debida a que generalmente estas controversias están permeadas por la parte ambiental, ética, económica y hasta religiosa, ayudando en el estudiante a estimular y fortalecer la comprensión del mundo social en el que viven, con aplicación real de los conocimientos adquiridos en sus clases de física (García y Martínez, 2015). Todo esto con el fin de contribuir en la educación para la sostenibilidad, pues las CSC trata de problemas abiertos, complejos y controvertidos, muchos de ellos sin respuestas definitivas, y cualquiera que sea la postura que el individuo o la sociedad tenga ante ellos el debate no le va a ser ajeno, ya que la importancia del mismo va a ir en aumento a medida que prosiguen los avances de la ciencia y los problemas ambientales (España y Prieto, 2009).

Se ha argumentado que, para empoderar a los estudiantes como ciudadanos, es necesario hacer hincapié en la ciencia como institución y los procesos por los cuales se produce el conocimiento científico.

Las consecuencias de las evaluaciones de riesgo y de la toma de decisiones colectivas a menudo tienen consecuencias de gran alcance, haciendo primordial una interpretación adecuada de las afirmaciones de conocimiento relacionadas con las ciencias involucradas.

Referencias

- Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10%3C1057::AID-TEA3%3E3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10%3C1057::AID-TEA3%3E3.0.CO;2-C)
- Acevedo-Díaz, J. A.; García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la Estructura Molecular del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Científica*, 2(25), 162-175. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a2>
- Acevedo-Díaz, J. A.; del Mar Aragón-Méndez, M.; García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista Científica*, 3(33), 344-355. <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Acevedo-Díaz, J. A.; Vázquez, A.; Manassero, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Álvarez, J. P. (2015). Rosalind Franklin y el descubrimiento de la estructura del ADN. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(4), 544-549. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2015.07.007>
- Aragón-Méndez, M.; García-Carmona, A.; Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia mediante el caso histórico de semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Científica*, 4(27), 302-317. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1>
- Arias-Monge, M.; Navarro-Camacho, M. (2017). Epistemology, science and scientific education: premises, questions and reflections to think science culture. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 774-794. <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>
- Barona, J. L. (1994). Ciencia e historia. En *Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*. Valencia: Guada.
- Ballesteros-Ballesteros, V. A. (2019). La educación en energías renovables como alternativa de promoción del compromiso público ascendente entre los indígenas Wayuu en la Alta Guajira. *Revista Científica*, 388-397.
- Bybee, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En W. Graeber y C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- Eslava, J. C. (2004). Tensiones y confluencias: Una mirada fugaz al triple legado de los estudios histórico-sociales sobre la ciencia. *Revista Colombiana de Sociología*, 23, 159-180.
- Fensham, P. J. (2002): Time to Change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24. <https://doi.org/10.1080/14926150209556494>
- Fouréz, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Calihue.
- Gallego-Torres, P.; Zapata, J.; Rueda, M. (2009). Una alfabetización científica tecnológica y cultural. *Revista Científica*, 11, 52-61.
- González de la Fe, T. (2009). El modelo de triple hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico. *Arbor*, 185(738), 739-755. <https://doi.org/10.3989/arbor.2009.738n1049>
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy. A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense.
- Jennings, P. (2009). New directions in renewable energy education. *Renewable Energy*, 34(2), 435-439. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.05.005>
- Kelly, G. J.; Carlsen, W.S.; Cunningham, C. M. (1993). Science education in sociocultural context: Perspectives from the sociology of science. *Science Education*, 77(2), 207-220. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770208>

- Kandpal, T. C.; Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039>
- Lederman, N. (2007). Nature of science, past, present and future. En A. Abel y N. Lederman (eds.), *Handbook of Research in Science Education* (pp. 831-879). Mahwah: Erlbaum
- López-Cerezo, J. A.; Núñez, J. (2001). Innovación tecnológica, innovación social y estudios CTS en Cuba. En *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 289-308). Biblioteca Nueva.
- Martini, M. (2011). La relación Merton-Shapin a partir del debate historiográfico internismo/externismo. *Cinta de Moebio*, 42, 288-301.
- Martini, M. (2008). Reflexiones acerca del debate historiográfico internalismo/externalismo en la obra de Steven Shapin. En H. Fass y H. Sevrignini (eds.), *Epistemología e Historia de la Ciencia* (pp. 317-323). Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Merton, R. K. (1984). *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*. Madrid: Alianza.
- Moreno, N. D. (2019). Caracterizando controversias socio científicas en la prensa. Una herramienta para el desarrollo de la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1102-1. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1102
- Pinch, T. (2015). Scientific controversies. En *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 2nd edition, vol. 21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.85043-6>
- Restivo, S. (1992). La ciencia moderna como problema social. *Fin de Siglo*, 3, 20-39.
- Solbes-Matarredona, J.; Torres-Merchán, N. Y. (2015). Alternativas para reflexionar aspectos críticos de la ciencia en el aula-Alternatives to Reflect on Critical Aspects of Science in the Classroom. *Revista Científica*, 2(22), 31-44. <https://doi.org/10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a3>
- Torres-Merchán, N.; Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones socio científicas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 34(2), 43-65. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638>
- Vessuri, H. M. C. (1992). Perspectivas recientes en el estudio social de las ciencias. *Fin de Siglo*, 3, 40-52.
- Vilches, A.; Furió, C. (1999). Ciencia, tecnología, sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI. *Biblioteca Digital da OEI*.





La solución de un problema matemático no convencional por estudiantes universitarios

The solution of an unconventional mathematical problem by university students

A solução de um problema matemático não convencional por estudantes universitários

Juan Arturo Hernández-Morales¹

Apolo Castañeda²

Rosa Isela González-Polo³

Recibido: noviembre de 2018

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Hernández-Morales, J.A.; Castañeda, A.; González-Polo, R.I. (2019). La solución de un problema matemático no convencional por estudiantes universitarios. *Revista Científica*, 35(2), 201-215. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14863>

Resumen

En la enseñanza tradicional, los problemas matemáticos suelen plantearse como una forma de aplicar conceptos o ejercitar procedimientos. Sin embargo, en esta investigación se propuso replantear este enfoque al introducir a la clase de matemáticas otros tipos de problemas para propiciar nuevas tareas y reflexiones. En el artículo se reporta la implementación de un problema matemático no convencional con el objetivo de identificar y analizar los argumentos de estudiantes universitarios. Este tipo de problemas se caracteriza por plantear consignas abiertas y admitir diversos procedimientos para su solución. Para analizar las producciones de los estudiantes, se utilizó el modelo argumentativo de Toulmin, el cual

permitió identificar la estructura del razonamiento, desde los datos hasta la conclusión. Los resultados mostraron que algunos estudiantes enfrentaron dificultades debido a que la información en el problema no es del todo explícita y alegaron la falta de datos o errores en su redacción. En el caso de aquellos estudiantes que lograron resolverlo, se observó que se involucraron ampliamente con el problema, analizaron y expusieron diversas interpretaciones, se propició la discusión de las variables y sus relaciones y fueron utilizados conocimientos matemáticos para justificar sus procedimientos.

Palabras clave: didáctica, resolución de problemas, argumentación, matemática educativa, matemáticas escolares.

¹. Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México. arturo535@gmail.com

². Departamento de Investigaciones Educativas (DIE-CINVESTAV), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México apolo.castaneda@cinvestav.mx

³. Programa de Matemática Educativa, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México rgonzalezp1206@alumno.ipn.mx

Abstract

In traditional education, mathematical problems are usually considered as a way of applying concepts or exercising procedures, however, in this research it was proposed to rethink this approach by introducing other types of problems to the mathematics class to encourage new tasks and reflections. The article reports the implementation of a non-conventional mathematical problem with the objective of identifying and analyzing the arguments of university students. This type of problems is characterized by open slogans and admit various procedures for their solution. To analyze the students' productions, the argumentative model of Toulmin was used, which allowed to identify the structure of the reasoning, from the data to the conclusion. The results showed that some students faced difficulties because the information in the problem is not completely explicit and they argued the lack of data or errors in its writing. In the case of those students who could solve it, it was observed that they were widely involved with the problem, they analyzed and presented different interpretations, the discussion of variables and their relationships was encouraged, mathematical knowledge was used to justify their procedures.

Keywords: didactic, problem solving, argumentation, educational mathematics, school mathematics.

Resumo

Em problemas de ensino de matemática tradicionais, muitas vezes surgem como uma forma de aplicar os conceitos ou procedimentos de exercícios, no entanto, esta pesquisa foi a repensar esta abordagem a través da introdução de aula de matemática outros problemas para promover novas tarefas e reflexões. O artigo relata a implementação de um problema matemático não convencional com o objetivo de identificar e analisar os argumentos de estudantes universitários. Esse tipo de problema é caracterizado por slogans abertos e admitem vários procedimentos para sua solução. modelo argumentativo de Toulmin, o que nos permitiu identificar a estrutura de raciocínio de dados para a realização foi utilizado para analisar produções estudantis. Os resultados mostraram que alguns alunos enfrentaram dificuldades porque as informações do problema

não são completamente explícitas e argumentaram a falta de dados ou erros em sua escrita. Para os alunos que se pudessem resolvê-lo, notou-se que o problema envolveu extensivamente analisados e apresentados diferentes interpretações, a discussão das variáveis e suas relações são promovidas, o conhecimento matemático foi usado para justificar seus procedimentos.

Palavras-chaves: didático, resolução de problemas, argumentação, matemática educacional, matemática escolar.

Introducción

Aunque la resolución de problemas matemáticos es un tema que ha sido ampliamente estudiado (Armella y Santos-Trigo, 2013), esta investigación tiene el propósito de reflexionar en torno a la implementación un problema matemático, al que Schoenfeld (1985) denomina “problema no rutinario”, con la intención de realizar una valoración cualitativa de los argumentos que los estudiantes exponen durante su proceso de resolución (Calderón, 2006). Este tipo de problema no rutinario se caracteriza por plantear situaciones que no tienen estructura convencional a los que presentan usualmente en un curso de matemáticas; caso contrario, estos emplean un contexto amplio y, en ocasiones, la información no aparece del todo explícita, por lo que se requiere hacer interpretaciones, inferencias e, incluso, realizar una reflexión previa para identificar una cuestión central. Cuando los estudiantes se enfrentan a este tipo de problemas suelen tener dificultades, ya que no se parecen a los típicos problemas escolares en los que los datos aparecen bien identificados y que para resolverlos basta con elegir la fórmula, realizar la operación y escribir el resultado. La introducción de problemas no convencionales al aula puede constituir un recurso natural para motivar la discusión, la exposición de conjeturas, contraejemplos y aproximaciones (Santos, 2007), así como el intercambio y enfrentamiento de puntos de vista.

De acuerdo con Cerbin (1998), la actividad de resolver problemas se apoya de las

argumentaciones para justificar procedimientos y resultados, pero esta relación se vuelve más estrecha cuando se abordan problemas con una estructura abierta o problemas no convencionales (Cho y Jonassen, 2002), ya que este tipo de problemas admiten diversas interpretaciones y procedimientos de solución. Los típicos problemas matemáticos con una estructura definida no ofrecen un amplio margen para explorar, discutir o proponer estrategias debido a lo predecible y mecánico que resulta su proceso de solución, por lo que los argumentos en estos casos suelen fundamentarse únicamente en los algoritmos que le dan una validez al procedimiento y a la solución. En cambio, la introducción de problemas no rutinarios permite que los estudiantes se involucren en una amplia reflexión sobre los elementos planteados, no solo respecto a la información matemática en juego, sino también los aspectos del contexto del propio problema.

Dado que la resolución de problemas plantea un contexto de aprendizaje en el cual los argumentos contribuyen a formular ideas y repensar los problemas (Lester, 2013; Cerbin, 1988), se planteó el estudio de la implementación de un problema matemático no rutinario, así como el análisis de los argumentos que exponen estudiantes universitarios durante su solución (Schoenfeld, 1985), el propósito es distinguir las características de los argumentos particularmente cuando establecen el procedimiento de solución.

Marco conceptual

De acuerdo con Schoenfeld (1985), la definición de *problema* admite diversas interpretaciones debido a que se trata de algo relativo; lo que para una persona requiere de un esfuerzo significativo, para otra puede representar un ejercicio de rutina. Pero, afirma que un *problema* es una relación particular entre el individuo y la tarea, específicamente cuando la tarea representa un desafío y no se conoce el esquema de solución. El individuo debe emplear sus recursos matemáticos para establecer un posible procedimiento a partir de la

información proporcionada en el problema, esto implica reconocer su estado inicial e identificar las condiciones y características del resultado final.

La habilidad para resolver problemas es reconocida como una forma de razonamiento de alto nivel (Santos, 2007) que involucra el uso y desarrollo de un pensamiento no algorítmico (Arcavi y Friedlander, 2002), así como la articulación de una variedad de acciones cognitivas que involucran conocimientos y habilidades específicas, algunas de ellas no rutinarias, tales como elegir las representaciones apropiadas, establecer conjeturas, coordinar experiencias y conocimientos previos, incluso desarrollar una intuición matemática para generar procedimientos e integrar algoritmos (Lester, 2013).

En este sentido, Lester propone un modelo para describir el proceso de resolución de problemas en el que se destaca el tránsito entre dos mundos, el cotidiano de problemas y el abstracto de conceptos, símbolos y operaciones matemáticas. Así, los elementos más importantes son las relaciones entre el proceso matemático (mundo matemático) y las acciones sobre los elementos particulares del problema (mundo cotidiano). En su modelo, Lester (2013) describe los momentos por los que transita un individuo que trabaja en la solución de un problema matemático, el cual es entrelazado y multifase, ya que considera que el actuar de un individuo en el proceso de solución, puede requerir de una constante comparación y esta se puede presentar en las diversas fases, modificando su actuar en el proceso de solución que desarrolla el individuo.

Este esquema inicia con un contexto en el cual se le propone al estudiante a trabajar en la resolución de un problema (*A*), se le plantea una consigna específica que debe atender (flecha sólida entre *A* y *B*). El estudiante simplifica el planteamiento al identificar conceptos y procesos que soportan al problema (*B*). El estudiante vuelve al contexto inicial para reinterpretar en sentido del problema (flecha punteada entre *B* y *A*). A continuación, viene la fase de abstracción (flecha sólida entre *B* y *C*) la

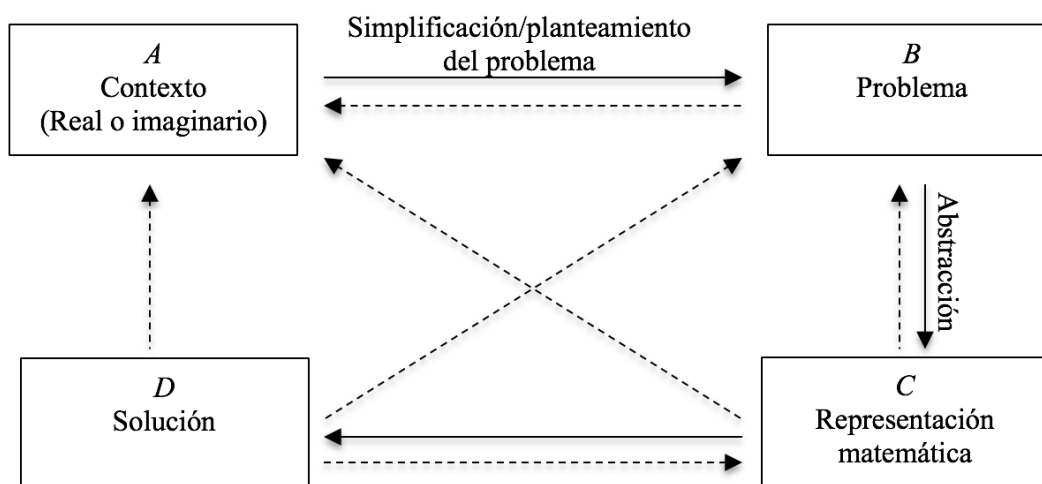


Figura 1. Modelo de actividad matemática de resolución de problemas.

Fuente: traducción propia a partir de Lester (2013).

cual introduce conceptos matemáticos y notaciones (idiosincrásicas). Esta fase de abstracción involucra la selección de conceptos matemáticos que representen las características esenciales del modelo. Una vez que el estudiante ha generado una representación matemática de la situación original, este problema matemático adquiere un significado propio, volviéndose un problema matemático aislado, bien definido (cuadro C). La tercera fase del proceso (de C a D) involucra la manipulación de la representación matemática y la deducción de algunas conclusiones matemáticas (señaladas como la flecha sólida de cálculos). Por último, la fase, que puede ser de D a A, D a B, y D a C, implica la comparación de las conclusiones o resultados con el problema en su contexto original o con su representación matemática. Esta etapa no implica necesariamente la conclusión del ciclo, ya que se trata de un proceso de continuo de monitoreo, la cual es definida por Lester como una actividad metacognitiva de reflexión continua, que representa un elemento clave para el éxito en tareas matemáticas complejas. Lester afirma que el grado con el cual un individuo compara el estado actual del problema con estados anteriores denota la complejidad de la tarea, permitiendo distinguir así tareas rutinarias o no rutinarias. Esta investigación pone

especial atención a lo que ocurre en el momento de la “abstracción” en el modelo anterior, ya que en esta fase el estudiante elige e introduce conceptos matemáticos, notaciones esenciales para resolver el problema y aparecen argumentaciones que conducen a la solución de problema.

Argumentación

Metaxas, Potari y Zachariades (2016) señalan que la argumentación contribuye a la construcción de conocimiento, pues implica el uso de habilidades para justificar, desafiar, contraponer o conceder ideas respecto de un conocimiento. No obstante, como lo afirman Inglis y Mejía-Ramos (2005), es común que los estudiantes universitarios presenten dificultades al formular y sustentar sus argumentos en el contexto de una actividad matemática. Determinar el origen de esas dificultades ha motivado el estudio y análisis de las argumentaciones para describir la naturaleza de los argumentos, los elementos que los sustentan, así como su función en el desarrollo de una actividad matemática. El aula de clase representa el contexto idóneo para realizar observaciones de los procesos argumentativos. En este ámbito se puede analizar el trabajo de los alumnos para identificar el papel que tienen

las explicaciones, afirmaciones, cuestionamientos en el estudio de conceptos matemáticos. Tal como lo señalan De Gamboa, Planas y Edo (2010), la argumentación es un discurso que se dirige a un receptor con el fin de justificar una opinión a partir de hechos, razonando los criterios sobre los que se decide la adecuación de la opción elegida. Sin embargo, no todas las actividades que se realizan en clase permiten a los alumnos exponer públicamente los argumentos, heurísticas y conjeturas que elaboran durante en sus actividades matemáticas. Pedirle a un estudiante exponer explícitamente sus argumentos no siempre resulta fácil debido a la ausencia de la actividad metareflexiva en los procesos matemáticos que realiza; además, como afirman Kidron y Dreyfus (2010), incluso los estudiantes de nivel universitario carecen de la claridad conceptual para formular o enunciar un argumento matemático. Esta situación alentó el desarrollo de este trabajo, al proponer un problema para el cual los estudiantes se involucren en el diálogo, debate y puedan exponer sus puntos de vista, sostener sus ideas y construir argumentos. De Gamboa, Planas y Edo (2010) señalan que la argumentación se desarrolla como parte de la actividad matemática en donde las “razones” se proponen como “justificación” entre los datos y la conclusión, aunque estas proposiciones deben ser de naturaleza deductiva y no solo semántica. De esta forma, el estudiante podría reconocer el poder que tienen sus argumentos en el desarrollo de sus propias conclusiones, las cuales contribuyen a fundamentar su aprendizaje.

La identificación de argumentos matemáticos se puede realizar utilizando el esquema argumentativo de Toulmin (Inglis, Mejía-Ramos y Simpson, 2007), el cual está conformado por seis tipos de declaraciones y cada una de estas cumple un papel diferente en el argumento. Inglis y Mejía-Ramos (2005) plantean el modelo en la figura 2.

Inglis y Mejía-Ramos (2005) señalan que la *conclusión* (C) es la tesis que se invoca; el *dato* (D) es la información en la cual se basa la conclusión que está formada por hechos o condiciones

que son observables; la *justificación* (J) es una declaración que justifica la conexión entre el dato y la conclusión, haciendo referencia, por ejemplo, a una regla, definición, analogía, que brinda la lógica para la transición del dato a la conclusión, además, justifica la importancia del dato. La “justificación” es el apoyo o respaldo que puede ser un estudio, un código, una estadística o incluso una creencia. El *calificador* (Q) determina la fuerza de la conclusión, en dicha declaración se expresa el grado de confianza en la tesis. Y la *refutación* (R) presenta las excepciones de la conclusión, es decir, las condiciones en las cuales no es posible sostener la tesis del argumento.

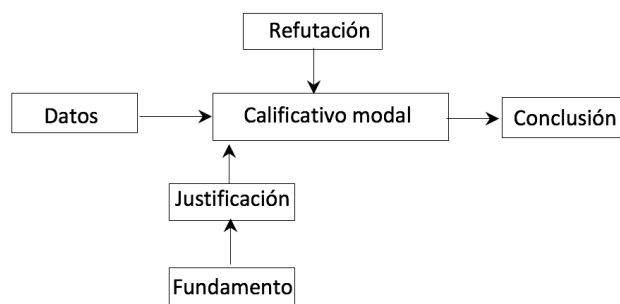


Figura 2. Esquema del modelo de Toulmin.

Fuente: traducción propia a partir de Inglis y Mejía-Ramos (2005).

Inglis y Mejía-Ramos señalan que no todos estos tipos de declaraciones son necesariamente verbalizados de manera explícita por los estudiantes durante una actividad matemática, lo que dificulta su identificación. Dado que la resolución de problemas es un tipo de actividad matemática que demanda la puesta en funcionamiento de diversos recursos matemáticos, habilidades, estrategias de solución y que, además, favorece un contexto de diálogo, debate y argumentación, esta investigación postula plantear una extensión del modelo de Lester (2013) e integrar al momento de “abstracción” el modelo argumentativo de Toulmin, ya que en ese momento los estudiantes también elaboran argumentos, implícitos o explícitos, y es donde justifican sus decisiones y procedimientos.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación, primero se formuló un problema no rutinario (Schoenfeld, 1985) distinto a los resueltos comúnmente en clase de matemáticas, ya que, como señalan Alvarado y González (2009), el proceso habitual de instrucción en matemáticas no ofrece oportunidades para que los alumnos expresen verbalmente sus impresiones; además de que los problemas que se ponen en marcha son muy estructurados, con información precisa, reglas claras y criterios definidos para resolverlos (Simon, 1973). En cambio, los problemas no rutinarios admiten varios procedimientos de solución, en el que se requiere, en conjunto con las reglas, fórmulas y algoritmos, el uso de conjeturas, contraejemplos y aproximaciones (Santos, 2007). Considerando lo planteado por Schoenfeld (1985), se formuló un problema denominado “Vuelo a Madrid”, que está inspirado en un itinerario real de viaje. El problema plantea determinar el tiempo de viaje y la diferencia de horarios entre las dos ciudades, en el problema se indican los horarios de salida y llegada en la hora local de la ciudad correspondiente.

La actividad se aplicó en tres grupos de estudiantes universitarios en la modalidad de trabajo en equipo, uno de primer semestre (grupo 1) que cursaban la materia Introducción a las matemáticas; un grupo de estudiantes de tercer semestre que cursaban la materia Cálculo diferencial e integral (grupo 2); y otro de séptimo semestre que cursaban la materia Métodos numéricos (grupo 3), con un total de 58 estudiantes, todos eran alumnos de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en una universidad pública de la ciudad de San Luis Potosí, en el estado del mismo nombre en México. La selección de estos grupos atendió al criterio de integrar una muestra con estudiantes de cursos básicos, intermedios y avanzados. El profesor titular del curso (el mismo en los tres grupos) fue el responsable de poner en marcha la actividad durante el horario escolar. Los estudiantes del primer grupo (básico) habían cursado

asignaturas de matemáticas básicas, como álgebra y trigonometría. Los estudiantes del segundo grupo (intermedios) habían cursado geometría analítica, álgebra lineal, probabilidad, estadística. Los estudiantes del tercer grupo (avanzados) habían cursado variable compleja y ecuaciones diferenciales.

En la primera fase, los estudiantes trabajaron en equipo en la solución del problema, después se realizó una sesión grupal para analizar los resultados. Durante las jornadas de trabajo se utilizó un equipo de filmación para recuperar las interacciones verbales y se recopilaron los registros escritos de cada estudiante con el propósito de analizar e interpretar los planteamientos matemáticos.

Problema “Vuelo a Madrid”

Indicaciones

Haz una justificación y descripción lo más detallada que puedas, tanto del procedimiento desarrollado como de tus resultados, argumenta lo más ampliamente posible las conclusiones derivadas de estos.

Vuelo a Madrid

Iván viaja en avión desde la Ciudad de México a Madrid, el avión sale de la Ciudad de México el lunes a las 6:25 p.m. (hora local) y llega a Madrid el martes a las 12:40 p.m. (hora local). Después de pasar una semana de trabajo viaja de regreso, sale de Madrid el lunes a las 2:40 p.m. (hora local) y llega a la Ciudad de México el lunes a las 7:20 p.m. (hora local), Iván notó que el viaje de regreso tardó 25 minutos más que el de ida.

Preguntas

Con los datos que se tienen en el enunciado anterior: ¿es posible determinar cuánto tiempo dura el viaje de México a Madrid?, ¿es posible determinar cuánto tiempo hay de diferencia en los horarios entre estas ciudades?

Para el diseño del problema se consideró: 1) plantear un contexto que permitiera una fácil interpretación entre los estudiantes; 2) el uso de consignas abiertas; (3) atendiendo a las características de los problemas “no rutinarios”, se consideró importante no hacer explícitos todos los datos de la situación a fin de motivar el intercambio de puntos vista; y 4) permitir a los estudiantes el uso de cualquier recurso matemático para su solución. Además, en el ejercicio, el profesor evitó cualquier intervención a fin de no influenciar el proceso de solución. Atendiendo al modelo de Lester (2013), se centró la atención en la fase de “abstracción”, que se caracteriza por el uso de conceptos matemáticos y notaciones que representan los elementos del modelo real, los cuales conducen al desarrollo de una representación matemática de la situación planteada. En esta fase se observa el uso de recursos propios de los estudiantes, así como los argumentos para justificar la elección del procedimiento. Por esta razón, se procuró que el planteamiento del problema no indujera un procedimiento matemático específico y permitiera formular diversas rutas de solución.

Procedimientos de solución esperados

Existen al menos tres procedimientos para resolver el problema: empleando operaciones aritméticas, a través de un sistema de ecuaciones de 2×2 o través de una ecuación lineal de primer grado. Presentamos a continuación la solución del problema empleando un sistema de ecuaciones.

En cualquier viaje, el tiempo de duración se determina a través de una diferencia entre la hora de salida y llegada al destino. En el problema identificamos como elemento central la hora de salida y llegada en cada ciudad, ya que a partir de estos datos es posible determinar el tiempo de vuelo aparente, es decir, el tiempo de vuelo sin considerar las horas de diferencia entre las ciudades. El vuelo de la Ciudad de México a Madrid sale el lunes a las 6:25 pm y llega el martes a las 12:40 pm, existe una diferencia de 18 horas 15 minutos, es decir,

1095 minutos en el tiempo aparente de vuelo. El vuelo de Madrid a la Ciudad de México sale el lunes a las 2:40 pm y llega el lunes a las 7:20 pm, existe una diferencia de 4 horas con 40 minutos, es decir, una diferencia de 280 minutos en el tiempo aparente de vuelo. Se observa que existe una diferencia considerable entre los tiempos de vuelo calculados anteriormente, la cual puede ser explicada por la diferencia de horarios. En el primer viaje se agrega al tiempo aparente de vuelo, las horas de la diferencia horaria; por el contrario, al regreso el tiempo de vuelo se restan las horas de diferencia horaria. En el vuelo de la Ciudad de México a Madrid, representamos con v el tiempo aparente de vuelo y d las horas de diferencia entre estas ciudades, tenemos:

$$v + d = 1095$$

Sabemos que en el vuelo de Madrid a la Ciudad de México duró 25 minutos más, por lo que el tiempo de vuelo lo representamos como $v + 25$ y las horas de diferencia d se restan, entonces tenemos:

$$v + 25 - d = 280$$

Esto conduce a un sistema de dos ecuaciones con dos variables:

$$v + d = 1095$$

$$v + 25 - d = 280$$

Aplicando eliminación por suma o resta tenemos:

$$2v + 25 = 1375$$

$$v = 675$$

Por lo cual:

$$d = 420$$

Con lo cual concluimos que existen siete horas de diferencia entre ambas ciudades.

Cómo resolvieron el problema

Propuestas de solución grupo 1

Las soluciones planteadas por el grupo 1 son aritméticas; en ningún caso se observó un planteamiento algebraico o el uso de variables. Los cálculos realizados giran en torno a las diferencias de horas entre los vuelos. Se observa también una gran cantidad de errores en los cálculos aritméticos. En el planteamiento de uno de los estudiantes llamado Elder se señala que existe un error en los datos del problema y esto lo lleva a resultados inconsistentes y da por concluida su solución. Dice que:

Se tarda 18 hrs con 5 min en su viaje de ida y de su regreso llegó de Madrid a México en solo 6 hrs, no es posible y aun así menciona que se tardó 25 minutos más que la ida, el problema no está planteado correctamente o con datos erróneos porque no es posible que haya 12 hrs de diferencia en ida y llegada, debe ser más o menos igual.

De acuerdo con el esquema de Lester (figura 1), identificamos que este grupo de estudiantes tiene dos vertientes en el grado de la comparación en la etapa de solución; aquellos que identificaron mediante una diferencia la duración de los vuelos (18 horas con 15 minutos y 4 horas con 40 minutos) y aquellos que responden basándose en los tiempos dados y no hacen una comparación final, ni se preguntan por la congruencia de los resultados obtenidos. Los estudiantes que señalan una “inconsistencia” en los datos del problema desarrollaron un proceso de comparación más profundo que quienes no lo observaron.

Propuestas de solución grupo 2

Las soluciones del grupo 2 son muy parecidas a las reportadas por el grupo 1. La mayoría de los estudiantes plantearon el cálculo de diferencias del tiempo transcurrido en los que se observaron varios errores aritméticos. Sin embargo, una

diferencia sustancial que se observó en este grupo fue la formulación de explicaciones para las aparentes inconsistencias relativas en los tiempos de vuelo, atribuidas al contexto de un viaje, tales como cambios de horario, retraso de los vuelos, cambio de rutas entre los viajes. Por ejemplo, en el planeamiento de una de las estudiantes llamada Jazary señala que:

Hay muchos factores que están inmersos aquí, como las posibles escalas, aduanas, retraso en los vuelos, mal clima, transbordos, cambios de avión a último minuto (depende de la aerolínea).

Un elemento distintivo de este grupo de estudiantes fue la aparición de notación algebraica en el planteamiento, aunque sin éxito. Por ejemplo, otro estudiante llamado Bernardo planteó ecuaciones formuladas a partir de los horarios, donde reconoce que el tiempo de vuelo de ida es x y el regreso $x+25$, pero son ecuaciones que no le conducen al resultado esperado.

De acuerdo con esquema de Lester (Figura 1) este grupo involucra los aspectos contextuales del problema de forma más explícita en su proceso de solución, ya que se observan gráficos, dibujos, figuras, e incluso aparecen personajes de historieta que hablan sobre cómo pudo haber ocurrido, que derivó en la afectación del tiempo de vuelo. Esto fue motivado por la comparación (señalado en la figura 1) entre el modelo matemático y los datos del problema.

Propuestas de solución grupo 3

En el caso de los estudiantes de séptimo semestre observamos que son pocos los que señalan que el problema está mal redactado. En este grupo es común el planteamiento de tipo algebraico a través de un sistema de ecuaciones, en el que identifican la variable x asociada al tiempo de vuelo y la y asociada a la diferencia de horarios entre las ciudades. En este grupo aparecen procesos matemáticamente exitosos en la justificación de

resultados. Los estudiantes se dan cuenta de la aparente inconsistencia de los tiempos de vuelo, pero la mayoría la explican a partir de la diferencia de horarios. Por ejemplo, en el caso del estudiante llamado Christian, señala que el problema puede conducir a afirmaciones erróneas, incluso él explica la causa de esta situación:

[...] podríamos decir que el viaje dura menos la segunda vez, pero en realidad debes darte cuenta en el tiempo real que dura el viaje, o sea, el tiempo en el que el avión está en el aire.

En síntesis, podemos destacar que el problema matemático que se planteó a los estudiantes, al menos para los grupos 1 y 2, representó un problema en el sentido de Lester (2013) y Schoenfeld (1985). Se esperaba que los estudiantes mostraran un amplio dominio matemático en la solución; sin embargo, las dificultades reportadas hacen constatar que esta tarea representó un fuerte desafío. Se encontraron pocas soluciones correctas en los estudiantes de los grupos 1 y 2. En el grupo 2 se observaron varias justificaciones que resolvían la aparente inconsistencia en el problema, agregando información adicional para tratar de encontrar una solución. En el caso de los estudiantes del grupo 3, se observó un mejor desempeño en la resolución del problema, particularmente al incorporar deducciones algebraicas y apoyándose únicamente de los datos señalados en el problema. Varios estudiantes comentaron que la actividad no representó gran dificultad. Para el análisis de los argumentos reportados en este artículo, se consideraron las producciones de los estudiantes del grupo 2, debido a que, para los estudiantes del grupo 1 resultó ser una actividad muy compleja, varios de los estudiantes advirtieron una “inconsistencia” pero la mayoría siguió estrictamente el planteamiento del problema y respondieron sin considerar pertinentes las diferencias en el tiempo de vuelo. Por otra parte, para los estudiantes del grupo 3 no representó un reto y lograron identificar y explicar las aparentes inconsistencias, dando una solución muy consistente al problema.

Discusión de resultados: los momentos en los que aparecen los argumentos

Para determinar la duración de los vuelos la mayoría de los estudiantes del grupo 2 planteó la diferencia entre el horario de salida y de llegada. Esto los llevó a concluir que el tiempo de duración de ambos vuelos no es igual y ante este hecho aparecen dos tipos de argumentos: aquellos que atribuyen situaciones propias del contexto del problema que no están explícitas en el problema, como suponer una demora de uno de los vuelos; o bien, aquellos que señalan un error en el planteamiento. A continuación, se presenta el análisis realizado a tres diálogos que se desarrollaron en el primer momento de trabajo en equipo con estudiantes del grupo 2. Como se ha señalado, los estudiantes trabajaron en equipo y estuvieron acompañados por el profesor en breves periodos de tiempo, debido a que el docente tenía que recorrer todos los equipos del grupo. En las intervenciones, el profesor tuvo el papel de orientar el diálogo y motivar la exposición de argumentos.

Para realizar este análisis se utilizó el modelo de Toulmin descrito en Inglis y Mejía-Ramos (2005). La secuencia de la argumentación consiste en demostrar la conclusión a partir de los datos. Esta relación se expresa en la línea principal del trazado y puede referirse a la inferencia del argumento, pero esa inferencia requiere una legitimidad (respaldos), que representan fundamentos básicos indiscutibles (justificación, fundamentos). Como lo señalan Teixeira, Freire y Greca (2015), la estructura de un argumento se puede resumir de la siguiente forma: J, una vez aprobado por F, autoriza a C, obtenida a partir de D, siendo considerado Q, a menos que haya R.

Los argumentos pueden ser encadenados de tal manera que una conclusión puede funcionar de nuevo como dato para un nuevo argumento posterior (Krummheuer, 2015). En nuestro caso, los argumentos se refieren al planteamiento del proceso de solución y esto concluye con un resultado obtenido, sea correcto o incorrecto. De acuerdo con

Inglis y Mejía-Ramos (2005), no todos los tipos de declaraciones son necesariamente verbalizados de manera explícita, de ahí la importancia de la intervención del profesor para motivar a los estudiantes a exponer sus ideas.

Para este reporte se presentan tres diálogos, que fueron seleccionados considerando la amplitud y claridad de las declaraciones de los estudiantes. Los dos primeros desarrollados entre el profesor (P) y los estudiantes del equipo 4, Bernardo (B), Karina (K) y Anahí (A). El tercer diálogo se establece entre P con el equipo 3 conformado por Martín (M), Ludivina (L) y Semiramis (S). Al momento de realizar esta conversación los estudiantes ya habían superado la fase de abstracción, así que ya habían acordado el procedimiento que desarrollarían en la fase de representación matemática. El primer diálogo se refiere a la conclusión “el problema se resuelve con una derivada” expuesta por Bernardo.

Episodio 1: Bernardo y el profesor

P: *Y bien ¿cómo se resuelve el ejercicio?*

B: *Yo creo que el tiempo... de la hora de salida de México a la hora de llegada, es algo así como una resta es igual a x , y después la hora de salida de Madrid a la hora de llegada igual una resta... pero sería equis más veinticinco ($x + 25$) minutos que es lo que dice que demoró.*

P: *¿Y usaste ese razonamiento para la solución?, o lo estás pensando ahora.*

B: *No, pues yo le puse que se hacía con una derivada, porque es una razón de cambio las horas... de México y de Madrid.*

P: *¿Qué está cambiando?*

B: *Pues es diferente la hora de aquí (México) a la de allá (Madrid), ¿no?*

P: *¿Es un variable?*

B: (asiente).

P: *¿Y la otra? en la razón de cambio involucramos dos variables, ¿verdad?*

B: *Pues el tiempo.*

P: *¿Es la hora?*

B: (asiente).

P: *Ok, pero tú dices que tienes esa incógnita que es la equis x , ¿es el tiempo verdad?, y de regreso equis más veinticinco $x+25$.*

B: *Sí, pero podría ser una ecuación.*

A partir de este diálogo se construyó el esquema de la figura 3, en el que se observa que la idea de “diferencia” fue la que motivó la asociación con la derivada y, por lo tanto, afirmó que se trataba de un tema de cálculo diferencial. El argumento expuesto por Bernardo estuvo influido por un *contrato didáctico* (en el sentido de Brousseau), ya que en días previos a la aplicación de la actividad se abordó el tema de “derivada” en el curso de cálculo.

Episodio 2: Anahí y el profesor

El segundo diálogo se refiere a la conclusión “el problema no se puede resolver” que expone Anahí.

P: *La primera pregunta que les voy a hacer es ¿cómo se resuelve el problema?*

A: *Bueno a mí se me hizo un problema muy difícil porque yo sentía que nos faltaban datos para poderlo resolver.*

P: *De acuerdo, ¿qué fue lo que pensaste, Anahí?*

A: *Bueno pues yo empecé restando como si fueran las horas iguales, las de aquí (México) a las horas de allá (Madrid) yo puse que en el primero eran 18 horas y 15 minutos y en el segundo eran 4 horas y 40 minutos, entonces yo concluí que no era posible, por razonamiento lógico no era posible determinar el tiempo ya que los datos no eran los... que ocupábamos para poder resolver, pues cuando uno viaja el tiempo de viaje es lo primero que se sabe.*

P: *¿Qué concluyes?*

A: *No se puede resolver, está mal planteado.*

A partir de este diálogo se construyó el esquema de la figura 4. Anahí señala que la diferencia obtenida en los vuelos no era congruente, ya que, de acuerdo con su experiencia de viaje, esos datos son precisos, por lo tanto, no es posible resolver el problema.

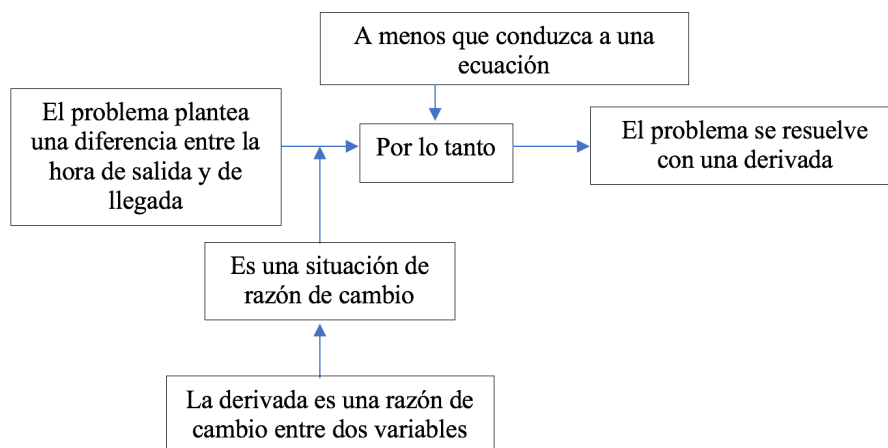


Figura 3. Esquema para el argumento de Bernardo.

Fuente: elaboración propia.

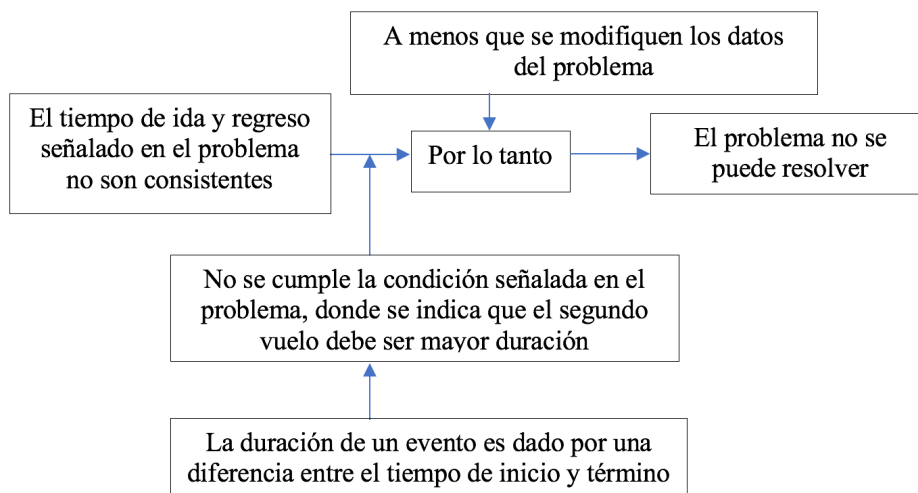


Figura 4. Esquema de argumentos de Anahí.

Fuente: elaboración propia.

Episodio 3: Martín, Ludivina, Semiramis y el profesor

El tercer diálogo se refiere a la conclusión “el problema se resuelve a través de un sistema de ecuaciones”.

P: *¿Con los datos que tienen es posible determinar el tiempo de viaje de México a Madrid?*

L: *Sí.*

P: *¿Cómo se podría hacer eso?*

L: *Mediante una ecuación.*

P: *De acuerdo.*

S: *Ya lo intentamos.*

M: *Un sistema de ecuaciones.*

P: *¿Y con eso será posible determinar la diferencia de horarios?*

M: *Sí*

L: *Yo digo que no, pero...*

P: *Ella dice que no, tú dices que sí, ¿por qué lo afirmas Martín?*

M: *Porque nos da dos datos diferentes, antes pensaba diferente, pero ahora que lo analizo de esta manera nos conduce a un sistema*

de ecuaciones. Entonces podemos determinar algo, ya sea que encontremos las horas que tarda en viajar o la diferencia de horario si hacemos correctamente el sistema de ecuaciones podemos encontrar uno de estos.

P: Tú dices que si encuentras una variable después ya puedes encontrar la otra.

M: En el sistema de ecuaciones, ese es ahí donde yo creo que está, nos está faltando definir.

P: ¿Qué opinan ustedes muchachas?, ¿será correcto lo que dice su compañero?, ¿están de acuerdo?

L: Bueno sí, sí ya encontramos una variable ya nada más sería de despejar y ya podríamos encontrar la otra.

A partir del diálogo anterior se elaboró una línea argumentativa en la figura 5. En este episodio, Martín señala que el problema tiene dos incógnitas, por lo que esto puede dar lugar al planteamiento de un sistema de ecuaciones. Conociendo el valor de una de las variables, entonces se puede determinar la otra. El problema es establecer esta relación de variables y emplear un método para resolver el sistema.

El profesor encargado de la implementación recorrió todos los equipos para entablar conversación, con el propósito de obtener información sobre la forma en que cada equipo planteó la

solución del problema. Esta se organizó y se formularon cuatro categorías atendiendo a la forma en que cada equipo planteó la solución al problema, estas categorías se describen a continuación.

- El problema no se puede resolver debido a que faltan de datos (C). Los estudiantes identifican en el problema las horas de salida y llegada (D) y plantean operaciones para calcular la diferencia de tiempo (F), y determinar el tiempo de vuelo de cada viaje (J), pero al realizar las operaciones obtienen resultados que no se ajustan a las condiciones del problema y admiten que son inconsistentes por lo que (Q) no se puede resolver a menos que se agreguen información adicional (R) al problema para subsanar los huecos de información, por ejemplo, aclarar cuántas escalas hizo el avión o la velocidad del avión en cada viaje.
- No se puede resolver el problema debido a errores en la redacción (C), los estudiantes identifican las horas de salida y llegada (D) y determinan que el problema se resuelve con una resta (F), lo que permite determinar la duración del tiempo de vuelo (J), pero al plantear y resolver sus operaciones obtienen resultados que no concuerdan con la situación planteada y admiten que sus resultados son inconsistentes y no son lógicos con lo que ocurre en la

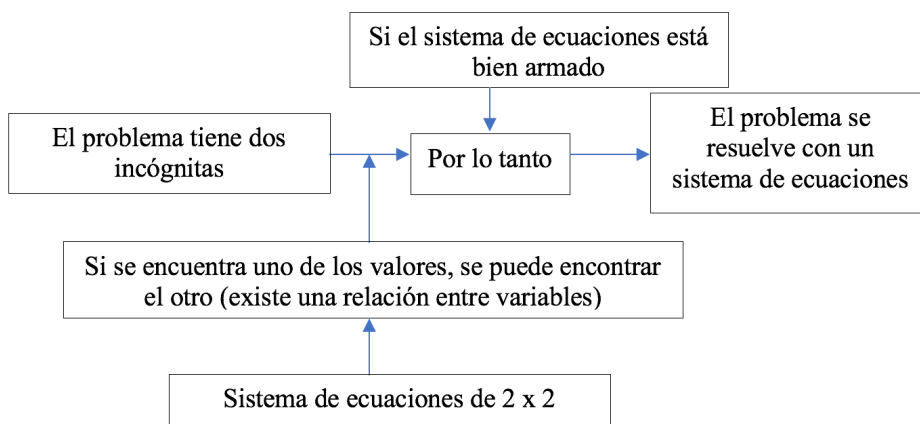


Figura 5. Esquema de argumentos de Martín.

Fuente: elaboración propia.

vida real. A menos que se modifique el planteamiento y establezcan correctamente los datos (R).

- c. El problema se puede resolver a través de una operación o ecuación (C). Los estudiantes identifican la hora de salida y de llegada (D) y establecen operaciones o plantean ecuaciones (F) que permitirán determinar el tiempo de vuelo (J). Después de efectuar el procedimiento matemático señalado, se obtiene un resultado equivocado, que no se confrontan con el planteamiento y se acepta como válido. No emplean un procedimiento para verificar sus resultados y confían en el resultado de la operación. Las excepciones (R) son de dos tipos. La primera referida a la posibilidad de plantear o usar una operación o ecuación incorrecta. La segunda, la posibilidad de un error de cálculo que conduzca a un resultado equivocado.
- d. Homólogo al anterior, con la diferencia de que las operaciones o ecuaciones planteadas conducen a la solución correcta, sin que necesariamente todos hayan llegado a ella. En el caso de aquellos estudiantes que obtuvieron un resultado, lo validan al sumar la diferencia horaria al tiempo de vuelo de cada viaje.

Estas categorías antes descritas ponen de manifiesto que los datos del problema establecen el punto de partida para el proceso de solución y definen la conclusión a partir de tres referentes matemáticos: 1) los conocimientos que han abordado o estudiado previamente en su curso de matemáticas, bajo la idea de que el problema planteado es un ejercicio de “aplicación”; (2) el planteamiento y ejecución de cálculos matemáticos y ecuaciones simples, sin una reflexión previa sobre el uso de esos recursos matemáticos y asumiendo que los problemas se resuelven aplicando ciertas operaciones; y 3) la identificación de variables en el problema y la asociación inmediata a la formulación de ecuaciones para determinar su relación, tanto en ecuaciones lineales como sistemas de ecuaciones. Las categorías *a* y *b* exponen los casos donde

se afirma que el problema no se puede resolver, en estos, la “excepción” permite a los estudiantes justificar una modificación al problema: ajustar su redacción para eliminar inconsistencias o bien para agregando información complementaria para hacerlo más preciso.

La categoría *c* se refiere al caso en el que los estudiantes no realizan una reflexión sobre el sentido del problema durante la fase de la abstracción, y continúan con la solución sin preguntar la coherencia de sus resultados. La *justificación* se sostiene en la idea de diferencia entre horarios como forma de determinar la duración del viaje, y el *fundamento* en las operaciones aritméticas. Así, los estudiantes no expresan ninguna dificultad y confían en que su procedimiento los llevará a la solución correcta del problema. Este fenómeno, denominado “contrato didáctico”, se refiere a comportamientos específicos de los estudiantes cuando responden a un planteamiento matemático para cumplir con lo que, creen, se espera de ellos (Education Committee of the European Mathematical Society, 2012). Uno de estos casos es un problema que se presenta bajo el nombre de “la edad del capitán”, el cual enuncia: “en un barco hay 26 ovejas y 10 cabras, ¿Cuál es la edad del capitán?”, las investigaciones que exploraron las respuestas de este problema (como la de Verschaffel, Greer y de Corte, 2000) señalan que la gran mayoría de los alumnos realizan cálculos para determinar un valor a través de alguna operación como suma o resta, sin que sea cuestionada la estructura del problema. Es decir, confían en que el profesor ha asignado un problema correctamente ya que sería extraño que un ejercicio no tuviera solución.

Conclusiones

Una de las características de los problemas “no convencionales” es que los datos no son explícitos, están incompletos y en ocasiones no hay una respuesta única al problema. Ante esto, los estudiantes dedican más tiempo a la interpretación de la

situación, la deducción de datos y a la construcción de procedimientos para resolver el problema. Esto suele generar incertidumbre ya que los estudiantes deben tomar decisiones sobre todas las etapas en la solución del problema, no obstante, esto representa un importante potencial didáctico al permitir a los estudiantes poner en juego sus recursos matemáticos, explorar diferentes rutas de solución y propiciar la comunicación de información matemática con sus compañeros.

Usualmente, los libros de texto abordan muy pocos problemas de este tipo, y más bien se enfocan en plantear problemas que asocien o favorezcan el uso de ciertos procedimientos, técnicas o métodos.

Sin embargo, es importante enfatizar que esta distinción en los tipos de problemas no es del todo absoluta pues, como lo señala Schoenfeld (1985), existe la posibilidad de que un mismo planteamiento implique diferente esfuerzo aún para estudiantes con los mismos antecedentes matemáticos. Postulamos la idea de que los problemas “no convencionales” tienen ciertos rasgos distintivos que posibilitan la creación de un ambiente para explorar, debatir y justificar los procedimientos de solución. No obstante, esto debe tomarse con cautela pues en esta investigación se observó que algunos estudiantes, incluso trabajando en equipo, no cuestionaron ni reflexionaron sobre el sentido de sus operaciones y los resultados obtenidos. Este grupo de estudiantes presentó sus resultados sin que realizaran un enfrentamiento con el contexto y las condiciones señaladas en el problema. Otro grupo de estudiantes (avanzados), no reveló ninguna dificultad la solución del problema pues, para ellos, resultó muy sencillo. Tampoco se generó mucha interacción ya que planteamiento surgió rápidamente y no hubo conflictos. Otro grupo de estudiantes consiguió abordar el problema como un desafío, en él apareció una constante reflexión sobre el sentido del problema y, aunque no todos llegaron a la solución completa, sí hubo justificaciones correctas sobre los planteamientos matemáticos elegidos. Este grupo fue el elegido para profundizar en el análisis de sus argumentos.

El problema creado para esta investigación tuvo la característica de emplear consignas abiertas, lo que permitió la formulación de diversas interpretaciones, que, incluso, pusieron en duda la estructura y coherencia del problema. Por otra parte, permitió el uso de cualquier recurso matemático para su solución, lo cual ofreció libertad a los estudiantes en la elección del procedimiento. Estas dos características, aunado a un esquema de trabajo colectivo para favorecer la interacción, motivaron que en la fase de “abstracción” se identificaran al menos cuatro diferentes conclusiones (C) asociadas a la solución del problema.

Este trabajo ofrece dos contribuciones al campo de la educación matemática, el primero al profundizar en la comprensión y origen de los argumentos o razones lógicas de los estudiantes, a través del modelo argumentativo de Toulmin, durante la fase de “abstracción” en el modelo de resolución de problemas de Lester (2013). La conjunción de estas dos unidades teóricas resultó muy favorable pues permitió ordenar los recursos matemáticos y procedimientos que pusieron en juego los estudiantes para la solución del problema (observados en la fase de “abstracción”) e identificar el origen de las conclusiones que formulan los estudiantes. La segunda contribución se refiere a una serie de reflexiones sobre las características de los procedimientos que eligieron los estudiantes para la solución del problema, directamente asociados a sus antecedentes matemáticos, pero también influidos por la interpretación del problema. Como se pudo observar, los estudiantes más jóvenes atribuyeron una supuesta inconsistencia del problema que limitó el trabajo matemático.

Referencias

- Arcavi, A.; Friedlander, A. (2002), Curriculum developers and problem solving: the case of Israeli elementary school projects. *ZDM*, 39 (5-6), 5-22. <https://doi.org/10.1007/s11858-007-0050-3>

- Armella, L. M. y Santos-Trigo, M. (2013). Introduction to International Perspectives on Problem Solving Research in Mathematics Education. *The Mathematics Enthusiast*, 10 (1).
- Alvarado, A. y González, M. T. (2009), La implicación lógica en el proceso de demostración matemática: estudio de un caso. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 73-84.
- Calderón, D.I. (2006). El análisis de tareas para el desarrollo de competencias argumentativas en geometría. *Revista Científica*, 8, (3), 185-202. <https://doi.org/10.14483/23448350.344>
- Cerbin, B. (1988), *The nature and development of informal reasoning skills in college students*. Conferencia presentada en el National Institute on Issues in Teaching and Learning, Chicago, U.S.A.
- Cho, K-L. y Honassen, D. (2002), The Effects of Argumentation Scaffolds on Argumentation and Problem Solving. *Educational Studies in Mathematics* 50 (3), 5-22. <https://doi.org/10.1007/BF02505022>
- De Gamboa, G., Planas, N. y Edo, M. (2010), Argumentación matemática: prácticas escritas e interpretaciones. *Suma*, 64, 35-44.
- Education Committee of the European Mathematical Society (2012), What are the Reciprocal Expectations between Teacher and Students? Solid Findings in Mathematics Education on Didactical Contract. *Newsletter of the European Mathematical Society*, 84, pp. 53-55.
- Inglis, M. y Mejía-Ramos, J. P. (2005), La fuerza de la aserción y el poder persuasivo en la argumentación en matemáticas. *Revista EMA*, 10 (3), 328-353.
- Inglis, M., Mejía-Ramos, J. P. y Simpson, A. (2007), Modelling mathematical argumentation: the importance of qualification. *Educational Studies in Mathematics*, 66, 3-21. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9059-8>
- Kidron, I. y Dreyfus, T. (2010), Justification enlightenment and combining constructions of knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 75-93. <https://doi.org/10.1007/s10649-009-9228-7>
- Krummheuer, G. (2015), Methods for Reconstructing Processes of Argumentation and Participation in Primary Mathematics Classroom Interaction. En Bikner-Ahsbahs A., Knipping C., Presmeg N. (eds) *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education. Advances in Mathematics Education*. Springer, Dordrecht
- Lester, F.K. (2013), Thoughts about research on mathematical problem solving instruction. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1 y 2), 245-278.
- Metaxas, N. D., Potari, D. y Zachariades, T. (2016). Analysis of a teacher's pedagogical arguments using Toulmin's model and argumentation schemes. *Educational Studies un Mathematics*, 93 (3), 383-397. <https://doi.org/10.1007/s10649-016-9701-z>
- Santos-Trigo, L. M. (2007), *La resolución de problemas matemáticos: fundamentos cognitivos*. México: Trillas.
- Schoenfeld, A. (1985), *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.
- Simon, H. A. (1973), The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Teixeira, E., Freire, O. y Greca, I. (2015), La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias* 33 (1), 205 -223
- Verschaffel, L. G., Brian y De Corte, E. (2000), *Making sense of word problems*. The Netherlands: Swets & Zeitlinger.





50 años de institucionalización de la licenciatura en Química en Colombia: hacia un estudio histórico necesario en la UPN

50 years of institutionalization of the chemistry teachers training in Colombia. towards
a historic study necessary at the UPN

50 anos de institucionalização da licenciatura em química na Colômbia: rumo a um
estudo historico necessário no UPN

Ricardo Andrés Franco-Moreno¹

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Franco-Moreno, R.A. (2019). 50 años de institucionalización de la licenciatura en Química en Colombia: hacia un estudio histórico necesario en la UPN. *Revista Científica*, 35(2), 216-224. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14877>

Resumen

A propósito de la conmemoración de los 50 años de existencia del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional se reconoce la necesidad de analizar los procesos de institucionalización de la formación de licenciados en química en el país a partir de indicadores como la existencia de programas de formación específica en el área. En este artículo se presentan parte de los resultados de un proyecto de investigación documental orientado al análisis histórico de la dinámica de programas de Licenciatura en Química y en campos científicos relacionados con esta disciplina en el país, durante el periodo 1970-2019¹. Previo mapeo de la situación de programas de formación de profesores de Química en Latinoamérica y el caribe, el estudio documental se realizó

rastreando información sobre los programas de formación disponibles en las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior (SNIES) y del análisis de documentos propios de dichos programas, orientando así la ruta metodológica para el necesario estudio del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Se concluye que en Colombia la formación de licenciados en Química ha convocado la atención de instituciones oficiales y privadas, especialmente durante las décadas de 1970, 1980 y 1990, disminuyendo paulatinamente los programas de formación en este campo durante las casi dos décadas que han transcurrido del siglo XXI.

Palabras clave: licenciatura en Química, profesión, programas de formación, institucionalización.

¹. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. rfranco@pedagogica.edu.co ricardo.franco@uptc.edu.co

². Parte del contenido del artículo corresponde al proyecto de tesis doctoral en el marco del Doctorado en Ciencias de la Educación, Rudecolombia-UPTC.

Abstract

With regard to the commemoration of the 50 years of existence of the Department of Chemistry of the Universidad Pedagógica Nacional and recognizing the need to analyze the processes of institutionalization of the training of graduates in chemistry in the country, based on indicators such as the existence of programs of specific training in the area, this article presents part of the results of a documentary research project aimed at the historical analysis of the dynamics of Bachelor's programs in Chemistry and in scientific fields related to this discipline in the country, during the period 1970-2019. Previous mapping of the situation of training programs for chemistry professors in Latin America and the Caribbean, the documentary study was conducted by tracking information about the training programs available in the databases of the National Information System on Higher Education - SNIES and the analysis of own documents of said programs, orienting this way the methodological route for the necessary study of the program of Degree in Chemistry of the National Pedagogical University. It is concluded that in Colombia the training of graduates in chemistry has attracted the attention of official and private institutions, especially during the 1980s and 1990s, gradually diminishing the training programs in this field during the almost two decades that have elapsed in the 21st century. Consequently, the experience is considered successful.

Keywords: degree in Chemistry, profession, training programs, institutionalization.

Resumo

A propósito da comemoração dos 50 anos do Departamento de Química da Universidade Pedagógica Nacional e reconhecendo a necessidade de analisar o processo de institucionalização de formação dos formandos da química no país, com base em indicadores como a existência de programas de formação específica na área, este artigo apresenta parte dos resultados de um projeto de pesquisa documental visando a análise histórica da dinâmica dos cursos de bacharelado em Química e em áreas científicas relacionadas a essa disciplina no país, no período 1970-2019. Mapeamento prévio da situação dos programas de formação para

professores de química na América Latina e no Caribe, o estudo documental foi realizado através do acompanhamento de informações sobre os programas de treinamento disponíveis nas bases de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Educação Superior - SNIES e análise de documentos próprios dos referidos programas, orientando assim o percurso metodológico para o necessário estudo do programa de Licenciatura em Química da Universidade Pedagógica Nacional. Conclui-se que na Colômbia a formação de graduados em química tem atraído a atenção de instituições oficiais e privadas, especialmente durante os anos 1980 e 1990, diminuindo gradualmente os programas de treinamento neste campo durante as quase duas décadas que se passaram no século XXI.

Palavras-chaves: licenciatura em Química, profissão, programas de formação, institucionalização.

Introducción

Precedida tanto por las escuelas normales que se dedicaban a la formación de institutores a finales de la década de 1920, como por la denominada Facultad de Educación, anexa a la Universidad Nacional de Colombia, en los inicios de 1930, puede afirmarse que la formación de licenciados en Ciencias de la Naturaleza en Colombia tiene lugar en la institución que será hito para el inicio de esta profesión en la tercera década del siglo XX en el país: la Escuela Normal Superior de Colombia (ENSC), fundada en 1937 y clausurada en 1951 (Socarrás, 1987). Su fugaz existencia en el contexto educativo nacional representaría el intento por promover en el país una socialización de la ciencia desde una perspectiva laica (Gallego Badillo, Pérez-Miranda y Rincón-Pabón, 2009). Se crea entonces una nueva institución: la Escuela Normal Universitaria, cuyas secciones serán la de mujeres en Bogotá y la de hombres en Tunja, en las que se promueve la formación de licenciados en distintas áreas, entre estas, Química, Física y Biología (Ramírez, 2001). En Bogotá, funcionó como Escuela Normal Superior Femenina bajo la dirección de la profesora alemana Francisca Radke hasta el año 1955, cuando el

gobierno nacional emitió el decreto por el cual se creó la Universidad Pedagógica Nacional Femenina con sede en Bogotá (Gallego-Badillo, Pérez-Miranda y Rincón-Pabón, 2009).

Tras siete años de actividad educativa, en 1962 el nombre de la institución fue establecido tal y como se le conoce en la actualidad: Universidad Pedagógica Nacional y en 1968 se organizó su estructura académica y administrativa, estableciéndose en el año siguiente una Facultad de Educación compuesta por varios departamentos, entre estos, el Departamento de Química, con un acto administrativo que formalizará su creación el 24 de julio de 1969 (Ramírez, 2001). Así, hasta la actualidad, este departamento que se ha dedicado a la formación inicial de profesores de Química.

En el presente artículo se reportan los resultados parciales de esta investigación, desde el panorama actual en cuanto a programas de formación inicial de profesores de Química en Latinoamérica y el Caribe, la existencia y dinámica de dichos programas en Colombia desde la década de 1970 hasta la fecha, hasta la formulación de un proyecto de investigación tendiente a la caracterización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en cuanto a la denominación histórica de las titulaciones otorgadas y algunos aspectos de orden curricular a lo largo de su historia institucional.

Referentes teóricos

El estado del arte de la investigación lo constituyen aquellas investigaciones acerca del análisis de procesos de institucionalización en América Latina (Castañeda, Cortés y Velásquez, 2004; Kleiche y Casas, 2008; Olvera-García y Olvera-Herreros, 2012); los procesos de institucionalización de la formación inicial de profesores de ciencias (Nardi, 2001; De Longhi, 2007; Da Silva y Linhares, 2016); los estudios históricos sobre la formación de licenciados en Colombia (Hernández, 2001; Gallego-Badillo, Gallego-Torres y Pérez-Miranda, 2010), así como algunas reconstrucciones históricas específicas sobre la formación de licenciados

en Química en la Universidad Pedagógica Nacional (Ramírez, 1981; Amado y Rodríguez, 1988; Barrera y Gonzáles, 1988; Ramírez, 2001).

Los referentes teóricos del trabajo son, por una parte, los denominados estudios históricos (Kragh, 2007) y sociales de la ciencia y la tecnología (CTS), orientados, fundamentalmente a la comprensión de un entramado complejo de relaciones que implica la ciencia como construcción comunitaria (Khun, 1972; Chalmers, 1999) y, por ende, de sus procesos de elaboración humana y de apropiación social (Kreimer, 2009).

Por otra parte, lo es la categoría de institucionalización, entendida esta como un proceso histórico de organización institucional de áreas académicas, campos científicos, disciplinas, áreas de estudio, profesiones, entre otras, que, conjugada con análisis históricos del contexto social, político, económico y cultural, permite dar cuenta de procesos históricos de la ciencia (Orozco, 2014).

Finalmente, por constituir el objeto de estudio primordial en la formación del profesorado de ciencias experimentales en general, y de química en particular, una de las categorías teóricas centrales en este estudio es la de *didáctica de las ciencias*. Esta es asumida aquí desde la perspectiva de una disciplina autónoma (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2005), cuyo objeto de estudio (el de la investigación acerca de los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias) es trabajado por comunidades de especialistas, emanadas en su mayoría de programas de formación inicial y avanzada de profesores de ciencias, cuyos integrantes publican los resultados de sus investigaciones en revistas científicas especializadas y los someten al juicio crítico de la comunidad académica en eventos científicos periódicos (Gallego-Badillo, Pérez-Miranda y Franco, 2017).

Metodología

Identificada la necesidad de analizar los procesos de institucionalización de la formación de licenciados en química en el contexto colombiano, y siendo uno de sus indicadores la existencia de

programas de formación específica en dicho campo del saber, para el desarrollo de esta investigación se tuvo un enfoque metodológico mixto con orientación histórico-documental (Vasilachis, 2006). En la primera etapa de la investigación documental se caracterizaron programas de formación inicial de profesores de Química en Latinoamérica y el Caribe, de estos se identificaron las principales áreas, tendencias y aspectos desde los que se está preparando a los futuros profesores de esta disciplina en universidades de 14 países de la región.

Resultados y discusión

Con la finalidad de obtener un panorama acerca de los programas de formación inicial de

profesores de Química en países de la región, se ingresó a la página web de entidades que rigen la educación en general y la superior universitaria en particular, en su mayoría, ministerios de educación de varios países de Latinoamérica y el Caribe. Se ubicaron universidades (mayoritariamente oficiales o públicas) con programas vigentes de formación de profesores con las nominaciones de Licenciatura en Química, profesorado de Química, pedagogía en Química, ciencias de la educación con énfasis en Química, entre otros. Una vez ubicados los programas de licenciatura objeto de estudio, se seleccionó uno por país y se construyó una ficha para la elaboración de una *cartografía documental*, cuyos resultados iniciales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Programas de formación de profesores de química y campos similares en países de América Latina y el Caribe.

País	Universidad	Nombre del programa de formación	Duración
Cuba	Universidad de Oriente	Licenciatura en educación Química	5 años (no presencial) 4 años (presencial)
Costa Rica	Universidad Nacional de Costa Rica	Bachillerato en enseñanza de las ciencias con salida lateral de profesorado en enseñanza de las ciencias	4 años
Honduras	Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán	Profesorado en Ciencias Naturales	5 años
Nicaragua	Universidad Paulo Freire	Licenciatura en Ciencias de la Educación con Mención en Ciencias Naturales	5 años
Puerto Rico	Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico	Bachillerato en Ciencias de la Educación Secundaria con Concentración en Química	4 años
Venezuela	Universidad Pedagógica Experimental Libertador	Profesorado en especialidad Química	5 años
Ecuador	Universidad Nacional de Loja	Pedagogía de las ciencias experimentales: química y biología	4,5 años
Perú	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	Licenciado en educación secundaria: especialidad biología y química	5 años
Bolivia	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno	Ciencias de la Educación	5 años
Brasil	Universidad de São Paulo	Química Licenciatura	4 años
Chile	Universidad de Chile	Pedagogía en Educación Media en Biología y Química	5 años
Argentina	Universidad Nacional de Mar del Plata	Profesorado en Química	4 años
Uruguay	Consejo de Formación en Educación (General para centros e institutos de formación docente)	Profesorado en Química	4 años
Paraguay	Instituto Nacional de Educación. Dr. Raúl Peña	Licenciatura en Educación de las Ciencias Naturales y la Salud	4 años

Fuente: elaboración propia del autor.

Hay que empezar señalando que, para la elaboración de este panorama general, fue necesario indagar en varias universidades, pues no son muchas las instituciones que en cada país hoy se dedican a la formación específica de profesores de Química o en sus campos relacionados. La selección presentada permite afirmar que en 5 de los 14 países de la región (Cuba, Venezuela, Brasil, Uruguay y Argentina) se encuentran instituciones con programas de formación inicial de profesores de Química, dos de ellos con denominación de licenciatura y tres de *profesorado*. Son en cambio mayoritarios los programas de licenciatura, profesorado o bachillerato en Ciencias Naturales, Ciencias de la Educación o Pedagogía en Educación con énfasis, mención o concentración en Química o Biología (Honduras, Costa Rica, Puerto Rico, Nicaragua, Perú, Ecuador, Bolivia, Chile y Paraguay).

En este sentido, se puede afirmar que en la región predomina una tendencia mayoritaria a la formación general en educación y pedagogía, con algún énfasis en disciplinas como Química y Biología. Los programas existentes, por enmarcarse en una lógica institucional, reflejan ampliamente lo establecido desde la normatividad vigente sobre la formación del profesorado de Ciencias en esos contextos específicos. De especial atención es la estructura curricular de cada uno de estos programas (y de otros que fueron consultados), pues aguardan una diversidad de elementos que en buena parte de los casos obedecen al contexto social, cultural, político y educativo particular de cada país.

Es importante mencionar también la modalidad de formación del profesorado en países como México, en donde quienes opten por dedicarse como profesionales del magisterio deben cursar programas de licenciatura en pedagogía, o de formación profesional en las disciplinas específicas, en ciencias químicas, por ejemplo (cuya nominación en algunos casos es la de *licenciatura*, pero que no implica que esta tenga la connotación de una profesión centrada en la docencia), para posteriormente realizar una formación complementaria en

educación y pedagogía. En Argentina el caso es similar, no obstante, existen programas de licenciatura para la formación de maestros, pues se ofrecen programas de “profesorado” como formación complementaria para quienes se inclinen por la docencia tras haber cursado programas de formación disciplinar específica.

Para evaluar el caso colombiano, partiendo del mapeo de programas de licenciatura elaborado por Franco (2018), se consideraron como fuentes principales de información, por una parte, las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior (SNIES) del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN, 2018), las cuales fueron consultadas durante el segundo semestre del año 2018. Por otra parte, las páginas web de universidades que ofrecen programas de Licenciatura en Química y en áreas relacionadas con esta disciplina, que se encuentran activos, así como las de instituciones cuyos programas son reportados como inactivos por el SNIES. Paralelamente, se construyeron las rejillas de clasificación y de registro de información histórica de los programas de licenciatura objeto de análisis. Una vez consultados los programas de licenciatura en Química y campos relacionados en Colombia, se identificaron diferentes denominaciones, las cuales fueron codificadas. Dentro de estas, se identificaron los programas activos (PA), inactivos (PI), activos presenciales (PAP), activos no presenciales (PANP), inactivos presenciales (PIP) e inactivos no presenciales (PINP). Es de señalar que la fecha más antigua en la que todo programa aparece registrado en el SNIES es marzo de 1998 (tabla 2).

Como se muestra, desde inicios de la década de 1970 hay en el país Licenciados en Química (LQ), en Química y Biología (LQB), en Biología y Química (LBQ), en Física, Química y Biología (LCNFQB) o en Química y Educación Ambiental (LQEA). Los primeros programas que se crearon fueron los de las universidades Pedagógica Nacional (1970) y Distrital Francisco José de Caldas (1976). Sin embargo, desde la década de 1960 venían formándose en el país licenciados en

Tabla 2. Programas de licenciatura en Química y campos afines (A= Activos I= Inactivos) en universidades colombianas (registro SNIES).

Programa	Institución / carácter: oficial (O) privada (P)	O	P	Estado programa	
				A	I
LQ	Universidad Pedagógica Nacional	X		X	
	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	X		X	
	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti		X	X	
	Universidad de los Andes		X	X	
	Universidad de Nariño	X			X
	Pontificia Universidad Javeriana		X		X
	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC	X			X
	Universidad de Córdoba	X			X
	Universidad de Pamplona	X			X
	Universidad del Atlántico	X			X
LQB	Universidad del Valle	X			X
	Universidad Incca de Colombia		X		X
	Universidad de La Salle		X		X
	Universidad Antonio Nariño		X		X
	Universidad de Caldas	X			X
	Universidad del Tolima	X			X
	Universidad Tecnológica Del Chocó-Diego Luis Córdoba	X			X
	Universidad Francisco de Paula Santander	X			X
	Universidad de Cundinamarca-UDEC	X			X
	Universidad Libre (Programas en varias regiones)		X (6)		X (6)
LCNFQB	Universidad Surcolombiana	X			X
LQEA	Universidad Antonio Nariño		X		X
Total programas		14	13	4	23
		27			

Fuente: elaboración propia del autor.

Química y Biología en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Finalizando la década de 1970 se empiezan a poner en marcha en Colombia aquellos programas de licenciatura que combinaban la Química con la Biología y viceversa, así como la Química con la Física y la Educación Ambiental. Dichos programas proliferaron a partir de la Ley 30 de 1980 que organizó la estructura académica y administrativa en las instituciones de educación superior en el país. En suma, durante casi medio siglo se ofrecieron en diferentes regiones del territorio nacional alrededor de 27 programas de licenciatura que formaban en la Química y en disciplinas relacionadas, de los cuales el sector público se ocupó en

un 50 % y la otra mitad la ofrecieron universidades privadas. En la actualidad permanecen activos cuatro programas con la denominación específica de Licenciatura en Química.

¿Desde dónde interpretar este estado de cosas? Una opción la ofrece la política educativa en materia de enseñanza de las ciencias para la educación básica y media. Por una parte, finalizando el siglo XX, el MEN introdujo los *estándares de competencias*, en los cuales se establecen algunos lineamientos frente a lo que ha de saber y saber hacer un profesor de ciencias, acarreado ello a que al interior de los programas de licenciatura se viera con cierta inviabilidad la formación de licenciados para esas necesidades curriculares.

Otra razón puede recaer en la legislación en materia de mercado laboral, pues el Decreto 1278 de 2002 avaló a profesionales no licenciados en el área (químicos, químicos farmacéuticos, ingenieros químicos, químicos industriales, químicos de alimentos, entre otros) para ejercer la profesión de la docencia en el sistema educativo nacional, lo que, sin duda, desestimuló la formación de licenciados en las disciplinas específicas. De este modo, los programas fueron terminando sus cohortes y clausurando sus registros calificados ante el MEN, situación que se acentúa durante toda la primera década del siglo XXI. No ocurrió así con los programas de especialización y de maestría en las denominadas ciencias de la educación, pues los profesionales no licenciados optaron por incursionar en el campo de la educación, atendieron a las exigencias normativas e institucionales y emprendieron la formación posgradual y la cualificación.

Los programas que continuaron vigentes, la mayoría de ellos de Licenciatura en Química y Biología o Biología y Química o de Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales, con todo y el impacto generado por dicha legislación, se mantuvieron activos hasta 2017, cuando el MEN sancionó la Resolución 18583, en la que estableció las áreas de formación específica de programas de licenciatura para la formación de profesores en Colombia, estableciendo que estas son, en el ámbito de las ciencias experimentales:

- Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental
- Licenciatura en Ciencias Naturales
- Licenciatura en Química
- Licenciatura en Biología
- Licenciatura en Física

Así las cosas, como se mostró en la tabla 2, fueron varios los programas que culminaron su funcionamiento y sus registros calificados fueron cancelados. Algunos de ellos se sometieron a reestructuración y cambio de denominación para ajustarse a la norma, siendo mayoritaria la tendencia

a los programas de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y en Ciencias Naturales. En el caso de los programas de Licenciatura en Química, se observan dos nuevos programas en las universidades de los Andes en Bogotá y María Goretti en Pasto, Nariño.

Hacia un análisis histórico necesario de institucionalización de la Licenciatura en Química en Colombia: el caso de la Universidad Pedagógica Nacional

De acuerdo con lo anterior, la pregunta que orienta la investigación a realizar es: ¿Qué aspectos institucionales, académicos, curriculares y normativos configuran la institucionalización de la formación de licenciados en Química en Colombia, entre 1970 y 2019, a partir del estudio de caso del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional?

A partir de este interrogante, se ha establecido como propósito central de la investigación: determinar el estado de institucionalización de la formación de licenciados en Química en Colombia entre 1970 y 2019, a partir del estudio de caso del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, estableciendo algunas proyecciones para el desarrollo y fortalecimiento de esta profesión en el país. (Franco Moreno, Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2015).

En tal sentido, en la actualidad las indagaciones se enfocan en el programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Reconstruir la historia institucional de este programa de formación inicial de profesores de Química requiere, por una parte, la obtención de un acervo documental amplio, constituido por aquellos documentos de política, legislación y normatividad en materia educativa (tanto internos como externos a la UPN), así como la documentación de currículos que orientaron la formación de licenciados en Química durante el periodo de tiempo establecido. Una vez consolidada la documentación, se procederá con los análisis respectivos, adoptando técnicas de análisis documental.

Los sujetos son actores clave en los procesos de institucionalización. Por tanto, se proyecta la elaboración de narrativas de vida a partir de entrevistas semiestructuradas dirigidas a profesores en ejercicio (activos e inactivos en el programa), licenciados en química en formación inicial, licenciados en química (egresados del programa), de la época descrita, distribuidos como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Relación de población participante en la investigación.

Grupo poblacional	Número de participantes
Licenciados en química en formación inicial-LQFI	10 (uno por cada semestre)
Profesores en química en ejercicio-PQEJ	10 (tres por cada ambiente de formación y un directivo docente)
Licenciados en química en ejercicio (egresados UPN)-LQEGR	10 (dos por cada década entre el periodo 1970-2017).

Fuente: elaboración propia del autor.

Conclusiones

La formación inicial de profesores de Química en algunos países de Latinoamérica y el Caribe se orienta en general desde procesos de formación al interior de programas de licenciatura enfocados en la educación, la pedagogía y la didáctica, conjugadas con el estudio de las disciplinas específicas. Sin embargo, son pocos los programas específicos de formación de licenciados en química vigentes, que corresponde con la disminución paulatina que estos han mostrado en Colombia.

Presentado el anterior panorama, y *ad portas* de la conmemoración de los 50 años de existencia del Departamento de Química de la UPN, por su connotación en la historia de la educación en Colombia, se asume aquí el programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional representa el centro de la pregunta por el proceso de institucionalización histórico en la formación inicial de profesores en el país, por cuanto se ha puesto en interrogación este proceso

histórico en la formación del profesorado de Química en el país. Estudiar tal proceso de historia institucional ha de permitir la profundización y el conocimiento de aspectos curriculares, normativos, de política educativa, sociales, económicos y, por supuesto, institucionales, que han sido influyentes en la profesionalización de la formación de educadores en Química en el país, generando así las posibles recomendaciones curriculares y algunas alternativas de solución a problemas estructurales en la enseñanza de la química en el sistema educativo colombiano.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A.; Izquierdo, M. (2005). Utilising the '3P-model' to Characterise the Discipline of Didactics of Science. *Science & Education*, 12, 29-41. <https://doi.org/10.1007/s11191-004-0068-7>
- Amado, G.; Rodríguez, J. (1988). *Historia de Licenciatura de Química en Colombia (1900-1950)* (trabajo de grado). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Química.
- Barrera, J.; Gonzáles, A. (1988). *La investigación de la enseñanza de la química en las facultades de educación de Bogotá. Un estado del arte* (trabajo de grado). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Química.
- Castañeda, S. L.; Cortés, G. M.; Velásquez, B. M. (2004). *La investigación en la universidad, el caso de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*. Bogotá: Sello editorial Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Chalmers, A. (1999). *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores.
- Da Silva, O.; Linhares, S. (2016). Mapeamento da pesquisa no campo da formação de professores de química no Brasil. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(1), 62-69. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n1p62>
- De Longhi, A. L. (2007). Análisis prospectivo de la formación de profesores de biología en Argentina. *Tecné Episteme y Didaxis*, n.º

- extraordinario, III Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 50-64.
- Franco Moreno, R., Gallego Badillo, R., y Pérez Miranda, R. (2015). La dimensión investigativa en la formación inicial de profesores de la UPN. *Revista científica*, 22, 129-136. <https://doi.org/10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a10>
- Gallego-Badillo, R.; Pérez-Miranda, R.; Rincón-Pabón, L. I. (2009). Reconstrucción histórica de la formación de profesores de ciencias en Colombia. El título profesional de licenciado. *Tecné Episteme y Didaxis*, n.º extraordinario, IV Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 1189-1194. <https://doi.org/10.5294/edu.2010.13.3.3>
- Gallego-Badillo, R.; Pérez-Miranda, R.; Gallego-Torres, A. P. (2010). La institucionalización de la actividad científica en Colombia. Estudio de un caso fallido. *Educación y Educadores*, 13(3), 361-375. <https://doi.org/10.5294/edu.2010.13.3.3>
- Gallego-Badillo, R.; Pérez-Miranda, R.; Franco-Moreno, R. (2017). *Lecturas en didáctica de la química*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Hernández, C. A. (2001). *Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia. Estados del arte de la investigación en Educación y Pedagogía en Colombia*. Tomo I. Bogotá: Icfes, Colciencias, Sociedad Colombiana de Pedagogía-Socolpe.
- Khun, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kleiche, M.; Casas, R. (2008). La institucionalización de un campo científico: el caso de la química en México en el siglo XX. *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, 14(28), 47-73.
- Kragh, H. (2007). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Kreimer, P. (2009). *El científico también es un ser humano*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno editores.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) (2002). Decreto 1278.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) (2017). Resolución n.º 18583. *Diario oficial*, n.º 50.357, 12-15.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) (2018). *Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior-SNIES*. Recuperado de <https://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa#>
- Nardi, R. (2003). La educación en ciencias, la investigación en enseñanza de las ciencias y la formación de profesores en Brasil. *Tecné Episteme y Didaxis*, n.º extraordinario, I Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias, 19-33.
- Olvera-García, J.; Olvera Herreros, O. (2012). La institucionalización constitucional de la universidad pública en América Latina. *Voces y contextos*, 3(13), 98-127.
- Ramírez, R. H. (1981). Los diez años del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. *Enlacek*, 3.
- Ramírez, R. H. (2001). Historia del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 9, 126-132. <https://doi.org/10.17227/ted.num9-5630>
- Socarrás, J. F. (1987). *Facultades de educación y Escuela Normal Superior. Su historia y aporte humanístico y educativo*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Madrid: Gedisa.



Artículo de investigación científica y tecnológica

La espiral de Euler en la montaña rusa

The Euler spiral on the roller coaster

A espiral de Euler na montanha russa

Javier García-Matos¹

Nicolás Avilán-Vargas²

Fecha de recepción: febrero de 2019

Fecha de aceptación: abril de 2019

Para citar este artículo: García-Matos, J.; Avilán-Vargas, N. (2019). La espiral de Euler en la montaña rusa. *Revista Científica*, 35(2), 225-232. <https://doi.org/10.14483/23448350.14775>

Resumen

El diseño de la montaña rusa involucra una secuencia de curvas que deben ser unidas suavemente y cuya parametrización facilita el estudio de sus propiedades. En este artículo se estudia la curvatura de la trayectoria que seguiría un vehículo en la atracción mecánica. Observando que los cambios discontinuos en la curvatura a lo largo de la trayectoria implican cambios en la aceleración normal que podrían ser inseguros para los pasajeros, se buscó una parametrización para una trayectoria cuya curvatura sea continua. Al considerar una trayectoria cuya curvatura cambia linealmente con el desplazamiento, se encuentra que la espiral de Euler permite conectar suavemente diferentes segmentos de la trayectoria y diseñar atracciones mecánicas más seguras. Finalmente, se compara la parametrización obtenida con la trayectoria de la atracción Doble loop del parque de diversiones Salitre Mágico de Bogotá, encontrando que su trayectoria está formada por secuencias de arcos de circunferencia y secciones de la espiral de Euler.

Palabras clave: aceleración normal, curvatura, espiral de Euler.

Abstract

The design of the roller coaster involves a sequence of curves that must be connected smoothly; whose parameterization enables the study of its properties. In this paper we study the curvature of the trajectory that a vehicle would follow in mechanical attraction. The discontinuous changes in the curvature along the trajectory imply changes in the normal acceleration that could be unsafe for the passengers, and then a parameterization for a trajectory whose curvature is continuous was sought. When we consider a trajectory whose curvature changes linearly with the displacement, it is found that the Euler spiral allows smoothly connecting different segments of the trajectory and describing safer mechanical attractions. Finally, the parameterization obtained is compared with the trajectory of the Double Loop attraction in the Salitre Mágico amusement park in Bogotá, finding that its path is formed by sequences of circumference arcs and sections of the Euler spiral.

Keywords: curvature, Euler spiral, normal acceleration.

¹Departamento de Matemáticas, Universidad Central. Bogotá, Colombia. jgarciam12@ucentral.edu.co

²Departamento de Matemáticas, Universidad Central. Bogotá, Colombia. navilanv@ucentral.edu.co

Resumo

O desenho da montanha-russa envolve uma sequência de curvas que devem ser unidas suavemente, cuja parametrização facilita o estudo de suas propriedades. Neste artigo estudamos a curvatura da trajetória que um veículo seguiria na atração mecânica. Observando que as mudanças descontínuas na curvatura ao longo da trajetória implicam mudanças na aceleração normal que poderiam ser inseguras para os passageiros, buscou-se uma parametrização para uma trajetória cuja curvatura é contínua. Ao considerar uma trajetória cuja curvatura muda linearmente com o deslocamento, verifica-se que a espiral de Euler permite conectar de maneira suave diferentes segmentos da trajetória e projetar atrações mecânicas mais seguras. Finalmente, parametrização obtido é comparado com o caminho do parque de diversões loop duplo Salitre Magico Bogota, encontrando o seu caminho consiste de sequências de arcos e seções da espiral Euler.

Palavras-chaves: espiral de Euler, curvatura, aceleração normal.

Introducción

Se estudió la curvatura de las posibles trayectorias que seguiría un vehículo en un riel de una atracción mecánica y su relación con la aceleración normal del vehículo para evidenciar los posibles riesgos que tendrían los pasajeros si se unen trayectorias de curvatura diferente. Buscando una trayectoria en la que su curvatura aumente linealmente con el desplazamiento, se deducen las ecuaciones que corresponden a la espiral de Euler. Esta trayectoria es más segura al evitar discontinuidades en la aceleración normal, ya que este tipo de cambios pueden resultar nocivos para los pasajeros (Eager, Pendrill y Reistad, 2016). El análisis también muestra que la curvatura de la espiral de Euler es diferente en cada punto, de tal forma que resulta apropiada para unirla suavemente con otras trayectorias de diferentes curvaturas (Thomas y Finney 2000).

Durante el estudio se observó que la forma de los bucles de las montañas rusas de los parques de diversiones no es circular en su totalidad, sino que presenta una forma de gota invertida (Pendrill, 2005). En algunos casos los bucles tienen una secuencia de espiral de Euler-circunferencia-espiral de Euler. La forma de conectar tramos de diferentes trayectorias de manera suave es uniéndolas en los puntos en los que sean tangentes a la misma recta, de este modo se pudo unir suavemente un

segmento recto con una sección de la espiral de Euler y luego con una sección de circunferencia.

Aplicando los conceptos del análisis vectorial a curvas en el espacio en el programa Geogebra, fue posible simular diferentes bucles y hacer una comparación visual con una fotografía de la montaña rusa Doble loop del parque Salitre Mágico de Bogotá. A partir de la comparación, se identificó que la atracción mecánica tiene dos partes de la espiral de Euler conectadas con una sección de circunferencia.

Metodología

El problema a resolver es calcular la curvatura (κ) de la trayectoria en una atracción mecánica para que sea segura cuando los vehículos la recorren.

Cuando un vehículo pasa de una recta a un arco de circunferencia experimenta un cambio discontinuo de curvatura, ya que la curvatura de una recta es $\kappa = 0$ y la de una circunferencia de radio r es $\kappa = 1/r$. También hay un cambio discontinuo cuando pasa de una circunferencia a una recta (figuras 1 y 2).

Teniendo en cuenta que la aceleración normal y la curvatura son proporcionales, el vehículo intentaría seguir la línea recta si la velocidad es alta. Lo mismo pasaría en un bucle de una montaña rusa.

Por esta razón, se recomienda que en las atracciones mecánicas no haya segmentos de recta conectados con arcos de circunferencia.

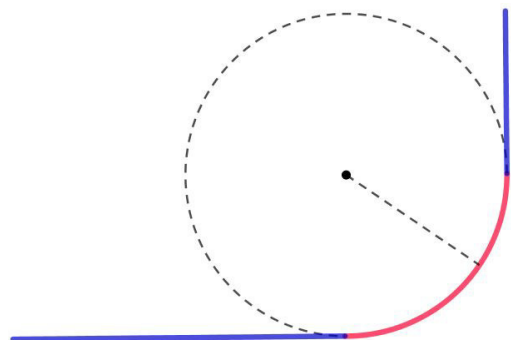


Figura 1: Segmentos de rectas conectadas a través de un arco de circunferencia.

Para el caso de la montaña rusa, este trabajo se enfocará en el bucle de la atracción para entender a qué se debe su forma de gota invertida y porqué de esta manera hay mayor seguridad sin dejar de lado la diversión que trae consigo la adrenalina.

Para solucionar el problema descrito se requiere conectar la recta con la circunferencia a través de una curva

de transición con el fin de que la curvatura cambie linealmente, como se ve en las figuras 3 y 4.
 Para un recorrido con rapidez constante se obtiene la si-

guiente gráfica para la aceleración normal, como se ve en figura 5.

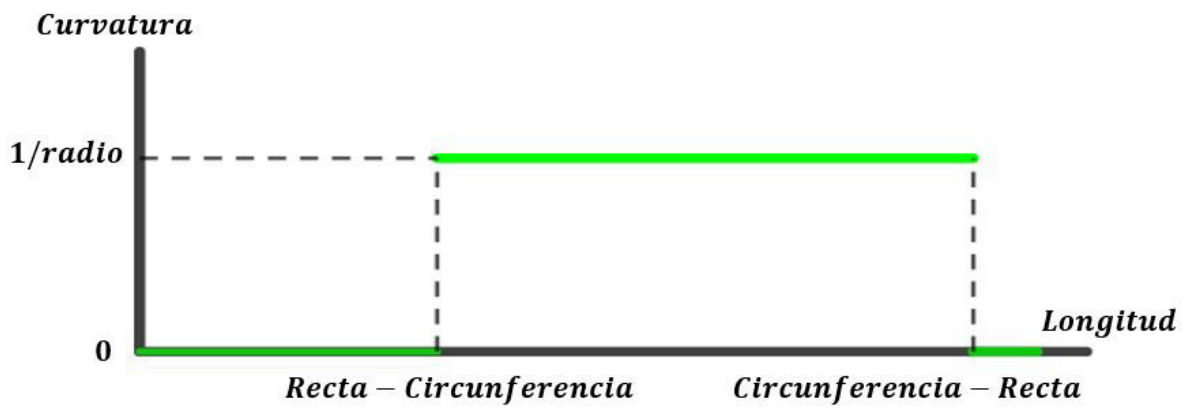


Figura 2: Curvatura en el recorrido de la curva de la figura 1. Se observan discontinuidades de la curvatura.

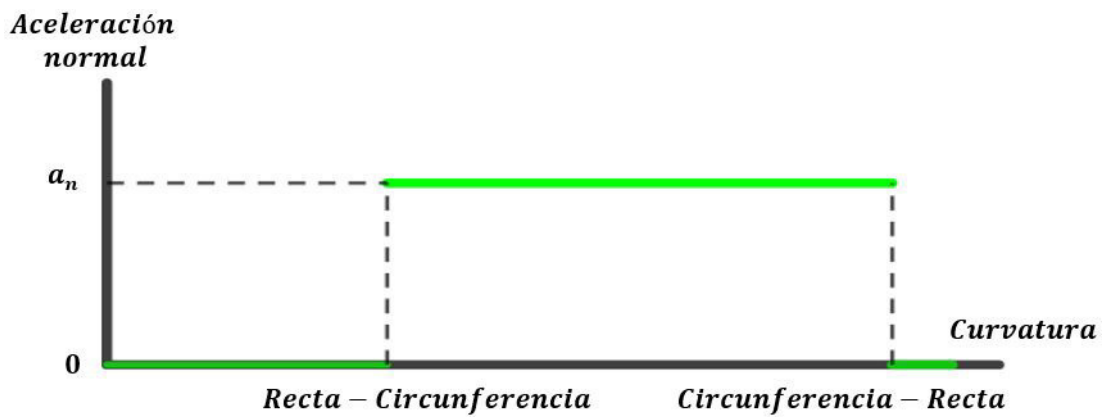


Figura 3: . Aceleración normal en el recorrido de la figura 1 a rapidez constante. Donde a_n es el producto del cuadrado de la velocidad con la curvatura de la circunferencia.

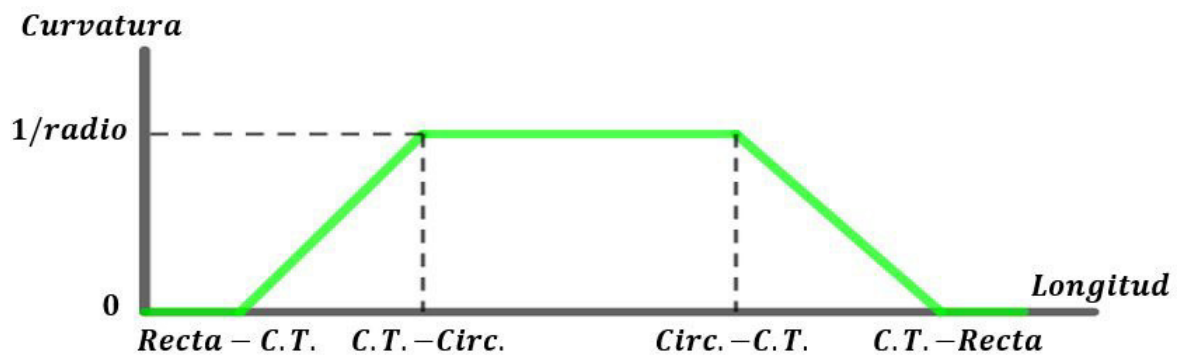


Figura 4: Cambio lineal de la curvatura en la curva de transición.

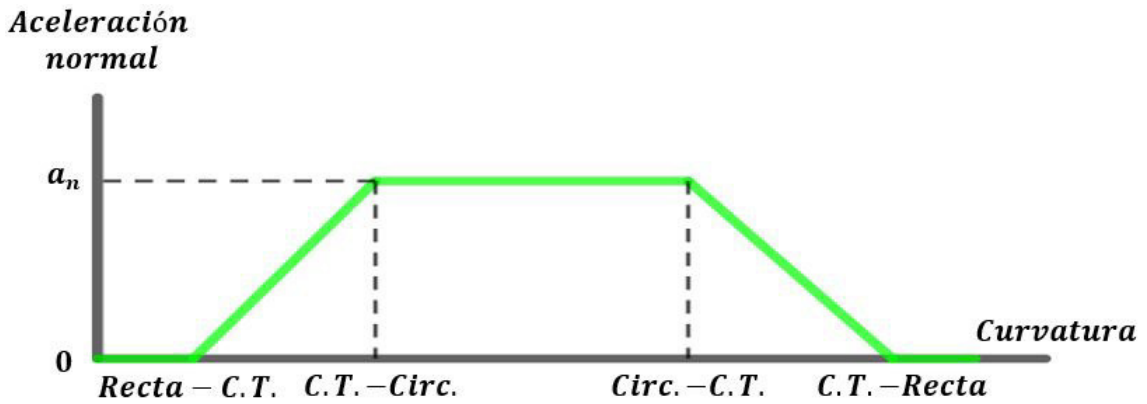


Figura 5: Cambio lineal de la aceleración normal en la curva de transición a una rapidez constante.

Para parametrizar dicha curva de transición con la propiedad indicada anteriormente, se fijará como constante a lo largo de la trayectoria el producto de la longitud recorrida con el radio de curvatura en cada punto. A dicha constante se le llamará A^2 :

$$LR = L_e R_c = A^2 \quad (1)$$

Donde L_e es la longitud de la curva y R_c es el radio donde empalma con la circunferencia (Jiménez, 2007). Como $R = 1/\kappa$ se obtiene la curvatura en función de la longitud recorrida:

$$\kappa(L) = L/A^2 \quad (2)$$

Sea $\vec{r}(s) = (x(s), y(s))$ su representación paramétrica en función del parámetro longitud de arco s y $\varphi(s)$ es el ángulo que forma el eje x con el vector tangente unitario $\vec{T}(s)$ en el punto $r(s)$ (Blanch, Checa y Marín, 2013).

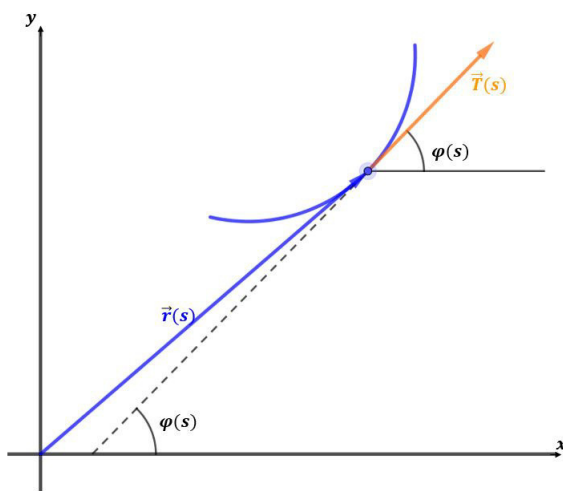


Figura 6: Parametrización de la curva de transición.

Por lo tanto, el vector tangente unitario es igual:

$$\vec{T} = \vec{r}'(s) = (x'(s), y'(s)) = (\cos(\varphi(s)), \sin(\varphi(s))) \quad (3)$$

Para parametrizar dicha curva se empieza por evaluar la derivada del vector tangente $\vec{T}'(s)$:

$$\vec{T}'(s) = \varphi'(s) (-\sin\varphi(s), \cos\varphi(s)) \quad (4)$$

de donde se concluye que la curvatura está dada por:

$$\kappa(s) = \frac{d\varphi}{ds} \quad (5)$$

teniendo en cuenta que $\kappa(s) = s/A^2$ se obtiene una expresión para el ángulo

$$\varphi(s) = \int_0^s L/A^2 dL = \frac{s^2}{2A^2} \quad (6)$$

con lo que finalmente se puede parametrizar la curva como

$$x(s) = \int_0^s \cos\left(\frac{L^2}{2A^2}\right) dL, \quad (7)$$

$$y(s) = \int_0^s \sin\left(\frac{L^2}{2A^2}\right) dL \quad (8)$$

La curva descrita por estas dos ecuaciones coincide con la conocida espiral de Euler, usada clásicamente para solucionar otro tipo de problemas (Blanch, Checa y Marín, 2013; Levien, 2008).

Utilizando series de Taylor para dar una aproximación numérica a la curva descrita por las ecuaciones, donde para $x(s)$ se puede calcular hasta una potencia de grado 20 y para $y(s)$ hasta una potencia de grado 21 y un $A = 2$, el cual solamente cambia la escala de la espiral (Thomas, 2006). Las ecuaciones obtenidas son las siguientes:

$$x(s) = s \left(1 - \frac{1}{5 \times 2!} \left(\frac{s^2}{2A^2} \right)^2 - \dots + \frac{1}{41 \times 20!} \left(\frac{s^2}{2A^2} \right)^{20} \right), \quad (9)$$

$$y(s) = s \left(\frac{1}{3} \left(\frac{s^2}{2A^2} \right) - \frac{1}{7 \times 3!} \left(\frac{s^2}{2A^2} \right)^3 + \dots - \frac{1}{43 \times 21!} \left(\frac{s^2}{2A^2} \right)^{21} \right) \quad (10)$$

De las cuales se obtiene las siguientes gráficas de las figuras 7 y 8.

Como las gráficas anteriores son aproximaciones numéricas a las curvas reales podemos ver que en los extremos de cada una tienden a seguir en línea recta debido

al error acumulado en el cálculo numérico.

Calculando algunos puntos usando las ecuaciones 7 y 8, en el intervalo de -10 a 10 para s cada 0.1 al graficarlos se puede ver la forma de la espiral y al compararlos con la gráfica anterior se obtiene la gráfica de la figura 9.

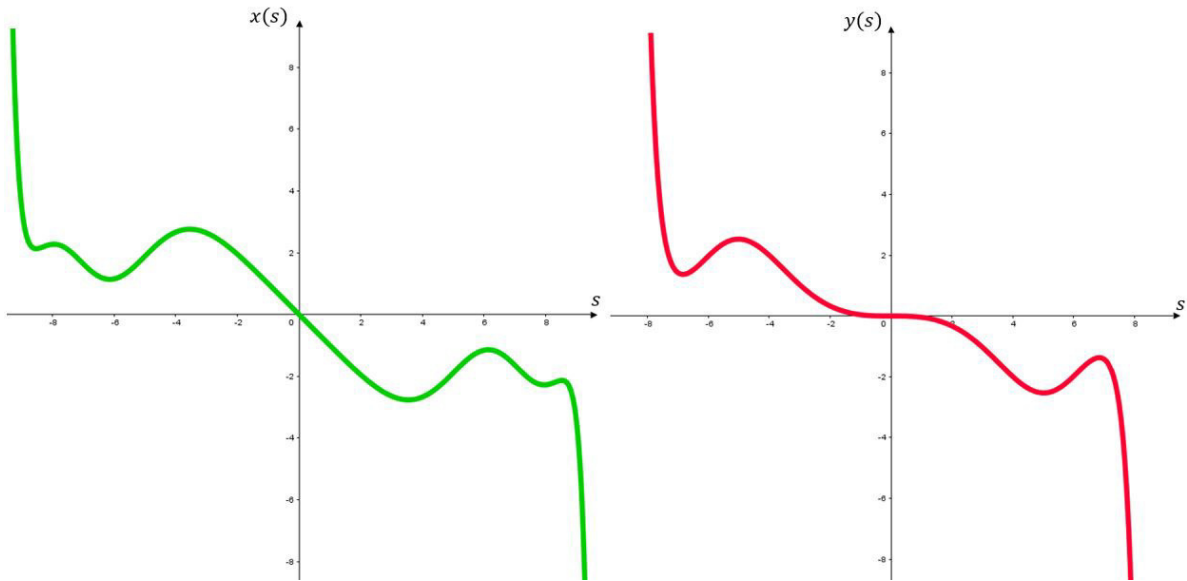


Figura 7: Gráficas correspondientes a las ecuaciones (9) y (10)

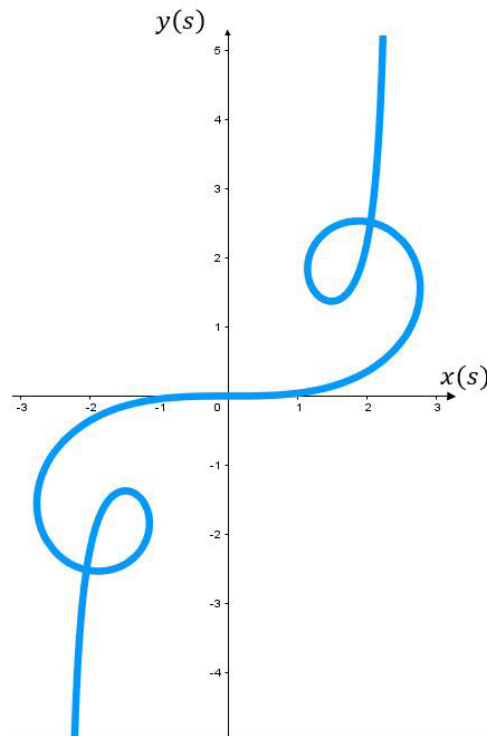


Figura 8: Aproximación numérica de la Espiral de Euler.

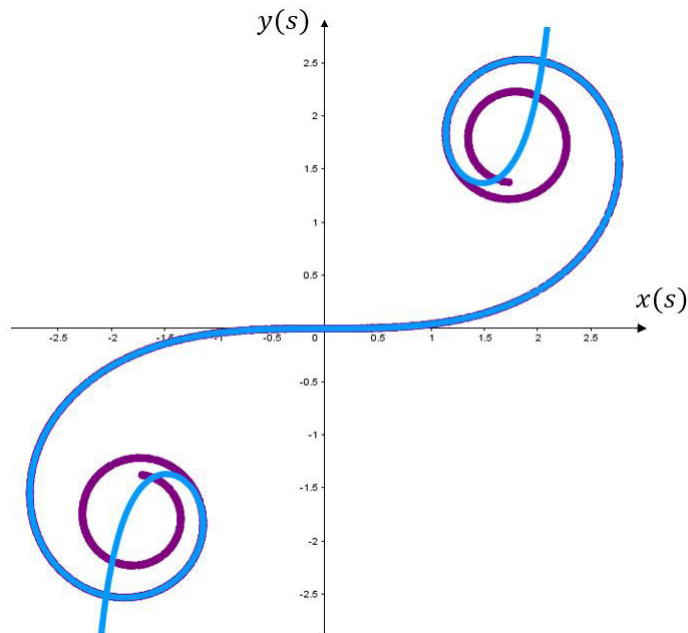


Figura 9: Comparación de la curva de la figura 8, curva azul, con los puntos evaluados a través de las ecuaciones 7 y 8, los cuales son los de color morado.

Como se evidencia en la figura 9 la aproximación numérica es igual hasta cierto punto a la verdadera espiral, pero esa aproximación es lo suficientemente buena para utilizarla como un tramo de la espiral de Euler. Con esto se encuentra que la curva analizada, descrita por las ecuaciones (7) y (8), es la curva de transición que resuelve el problema de conectar la recta con la circunferencia, como se describe en la figura 4, y permite construir un bucle que modele el de una montaña rusa sin discontinuidades en la curvatura, lo que hace que el

recorrido de un vehículo que transita dicha trayectoria sea más seguro.

Para conectar dos curvas de manera suave se debe tener en cuenta los puntos donde ambas tengan la misma recta tangente; pero, además, donde se tengan la misma curvatura para evitar las discontinuidades de la misma. Las siguientes gráficas son algunos bucles con su respectivo análisis de curvatura versus longitud recorrida, dejando $A = 2$ igual en todos los casos.

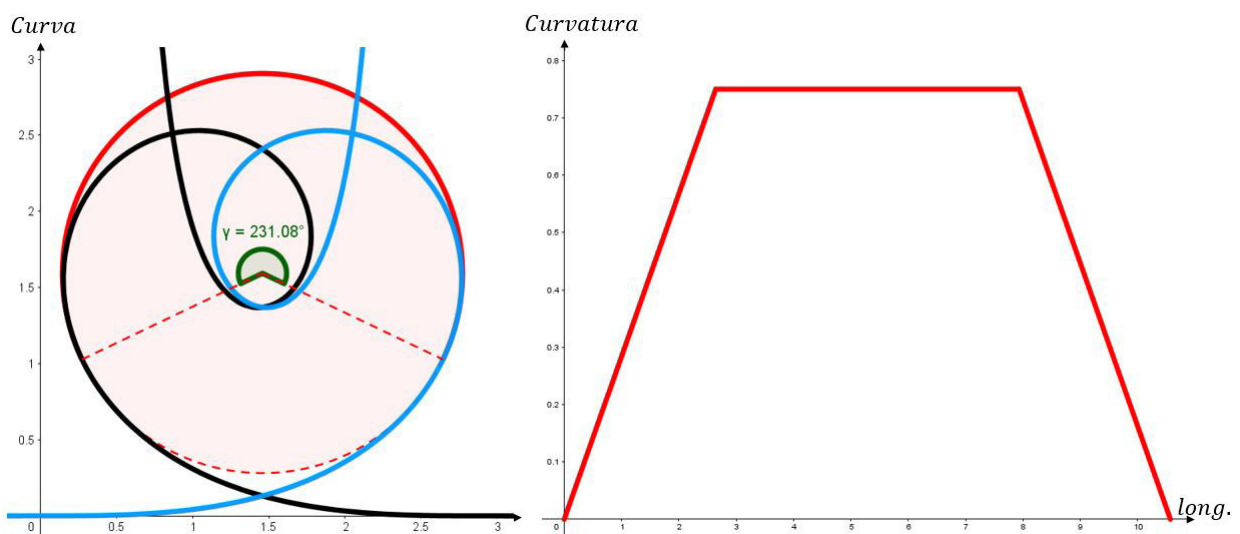


Figura 10: Análisis de la curvatura en el desplazamiento de un posible bucle. Las curvas azul y negra corresponden a una aproximación de la espiral de Euler las cuales son conectadas por el arco de circunferencia rojo de manera suave y se puede ver a la derecha como cambia la curvatura en el recorrido de esta secuencia espiral de Euler.

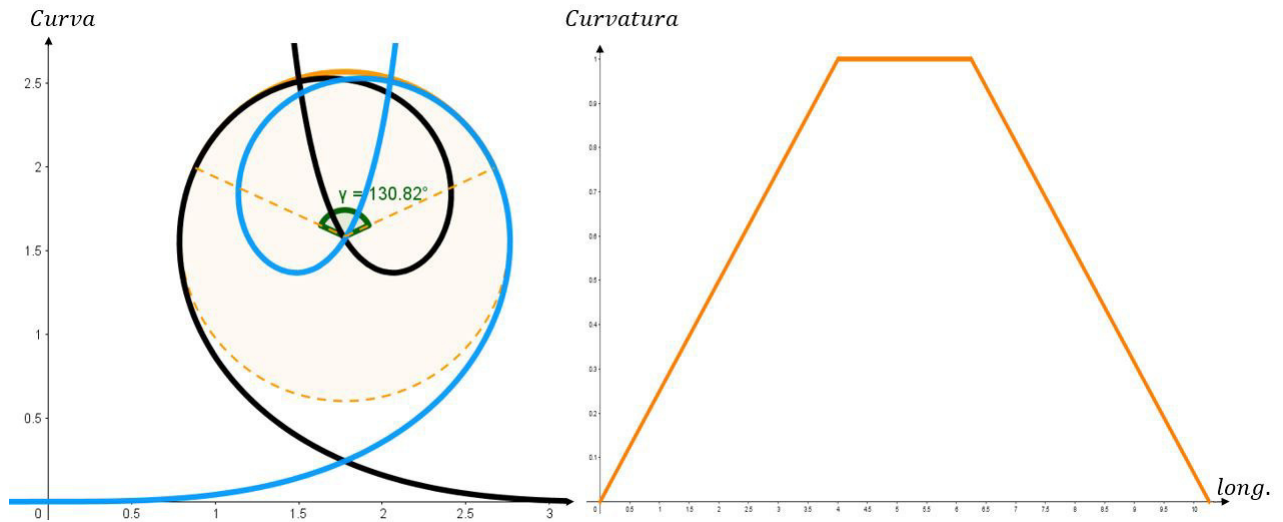


Figura 11: Análisis de la curvatura en el desplazamiento de un posible bucle. Para este caso la longitud del arco de circunferencia es inferior a la anterior gráfica y hay mayor longitud recorrida de espiral de Euler. A la derecha se ve como varía la curvatura en el recorrido de esta curva.

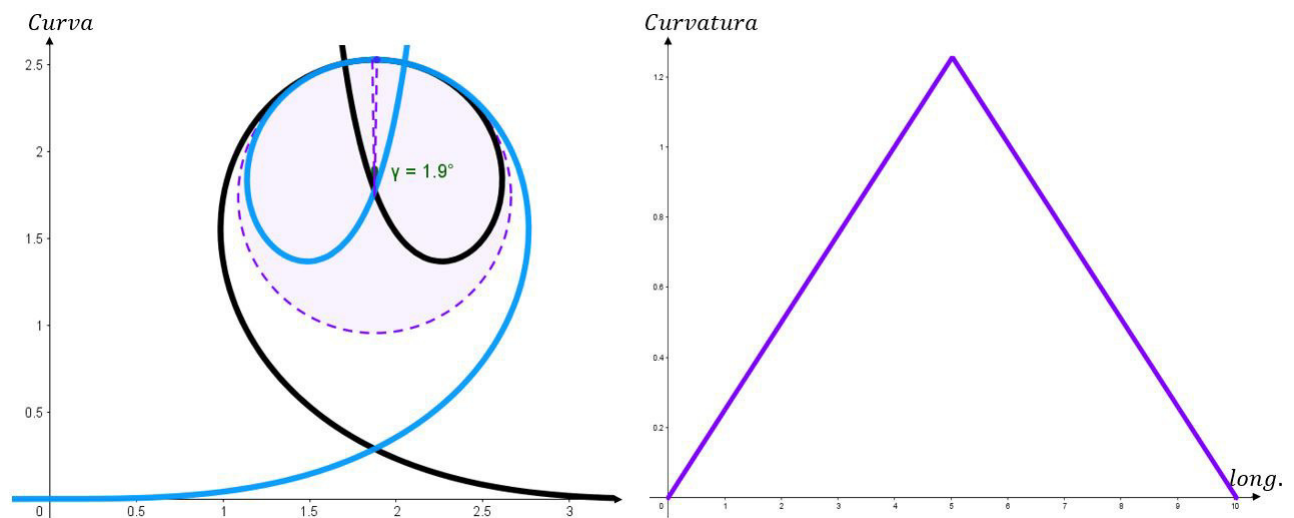


Figura 12: Análisis de la curvatura en el desplazamiento de un posible bucle. Para este caso, la longitud de arco circular es tan reducida que permite conectar casi de manera directa las espirales. A la derecha se ve como varía la curvatura en el recorrido de esta curva.

Esta caracterización explica la forma de gota invertida para los bucles de la montaña rusa. La trayectoria está formada por una secuencia de una sección de la espiral de Euler, luego una sección de circunferencia para conectar nuevamente con una sección de la espiral de Euler. La figura 13 es una adaptación de los bucles simulados con una imagen de la montaña rusa Doble loop del parque Salitre Mágico en Bogotá.

En la superposición de la simulación con la fotografía se identifican las partes del bucle que corresponden a la espiral de Euler y las que coinciden con un arco de circunferencia, mostrando que en el diseño de esta atracción mecánica se evitaron los cambios discontinuos en la curvatura de la trayectoria que estarían asociados a cambios no seguros en la aceleración normal del vehículo que recorre la atracción mecánica.



Figura 13: Montaña rusa Doble loop del parque Salitre Mágico. En esta imagen se evidencia la secuencia espiral de Euler-circunferencia-espiral de Euler que se aproxima a uno de los bucles de esta atracción mecánica. Las curvas azul y negra son dos espirales de Euler y la verde a un arco circunferencia.

Conclusiones

El análisis de la curvatura en la trayectoria que sigue un vehículo en una atracción mecánica nos lleva a la búsqueda de una sección de curva capaz de unir suavemente trayectorias con diferentes curvaturas. En la espiral de Euler la curvatura cambia linealmente con el desplazamiento, por esto permitió resolver el problema de encontrar una trayectoria de curvatura continua apropiada

Referencias

- Blanch, L., Checa, E., Marín, J. (2013). Una aproximación a la curva de transición Clotoide vista desde Mathematica. *Modelling in Science Education and Learning*, 6, 105-119.
- Eager, D., Pendrill, A. M., y Reistad, N. (2016). Beyond velocity and acceleration: jerk, snap and higher derivatives. *European Journal of Physics*, 37(6), 065008.
- Jiménez, E. Doble Vía. (3 de septiembre de 2007). Introducción a las curvas espirales de transición.

para modelar los rieles de una atracción mecánica.

En el desarrollo aquí presentado se aborda el problema considerando todas las superficies sobre un mismo plano, lo cual es una aproximación al problema real. En un estudio más minucioso se podrían considerar las trayectorias en el espacio, generando una componente adicional a los vectores tangentes que a su vez harían contribuciones a la curvatura.

- Recuperado de <https://doblevia.wordpress.com/2007/09/03/curvas-espirales-de-transicion/>.
- Levien, R. (2008). The Euler spiral: a mathematical history. *Rapp. tech.*
- Pendrill, A. M. (2005). Rollercoaster loop shapes. *Physics education*, 40(6), 517.
- Thomas, G. (2006). *Cálculo de una variable*. Editorial Pearson.
- Thomas, G. y Finney, R. (2000). *Cálculo. Varias variables*. Addison Wesley.



Evaluación de ruido ambiental en alrededores a centros médicos de la localidad Barrios Unidos, Bogotá

Evaluation of environmental noise in the vicinity of medical centers in the Barrios Unidos area, Bogotá

Avaliação do ruído ambiental na vizinhança de centros médicos na localidade de Barrios Unidos, Bogotá

Laura María Chaux-Álvarez¹
Baudilio Acevedo-Buitrago²

Recibido: octubre de 2018

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Chaux-Álvarez, L. M; Acevedo-Buitrago, B. (2019). Evaluación de ruido ambiental en alrededores a centros médicos de la localidad Barrios Unidos, Bogotá. *Revista Científica*, 35(2), 234-246. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.13983>

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de la evaluación de ruido ambiental en zonas aledañas a tres centros médicos ubicados en la localidad de Barrios Unidos (Bogotá). Esto con el objetivo de determinar el cumplimiento de los límites máximos permisibles para este tipo de sectores catalogados como de tranquilidad y silencio; para así verificar la influencia del desarrollo y crecimiento de la localidad en la potencial afectación a la salud de personas. La metodología desarrollada para los procesos de medición en los diferentes centros médicos está basada en los lineamientos dados en la Resolución n.º 627 del 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De esta manera, se realizó por cada centro médico la georeferenciación de la zona de estudio y mediciones

preliminares, lo cual permitió establecer la existencia de contaminación por ruido y localizar un punto de mayor impacto en el que se hicieron las mediciones definitivas. De manera simultánea, se efectuó la toma de datos de condiciones meteorológicas, así como una caracterización de tráfico vehicular para construir mapas de ruido mediante el software SoundPlan. Los resultados obtenidos en cada centro médico demuestran, en general, que se sobrepasan los límites normativos de ruido ambiental (Leq A: 55dB), y que este fenómeno se correlaciona principalmente con el alto tránsito de vehículos, concurrencia de personas hablando y las actividades comerciales informales y formales que se han desarrollado de manera desordenada alrededor de la ubicación de los centros hospitalarios, convirtiendo a estos en un entornos comerciales y

¹. Universidad Libre. Bogotá, Colombia. lauram.chauxa@unilibrebog.edu.co

². Universidad Libre. Bogotá, Colombia. baudilio.acevedob@unilibre.edu.co

generando que no haya cumplimiento con relación al plan de ordenamiento establecido en la localidad.

Palabras clave: acústica, contaminación, georreferenciación, isofona, ruido ambiental.

Abstract

In the present project, environmental noise assessment is carried out in the vicinity of three medical centers located in the town of Barrios Unidos (Bogotá), with the objective of determining compliance with the maximum permissible limits for this type of sectors classified as tranquility and silence, and verify the influence of the development and growth of the locality on the potential impact on the health of people. The methodology developed for the measurement processes in the different medical centers is based on the guidelines given in Resolution 627 of 2006 of the Ministry of Environment. In this way, it was carried out by each medical center; georeferencing of the study area, and preliminary measurements, which allowed establishing the existence of noise pollution and locating a point of greater impact in which the definitive measurements were made. At the same time, meteorological data was taken, as well as a characterization of vehicular traffic to build noise maps using SoundPlan software. The results obtained in each medical center generally demonstrate that the regulatory limits of environmental noise are exceeded, and this phenomenon is mainly correlated with the high traffic of vehicles, the concurrence of people talking and the informal and formal commercial activities that have developed in a disorderly around the location of hospital centers, becoming a commercial environment and generating that there is no compliance with the ordering plan established in the locality.

Keywords: acoustics, pollution, georeferencing, isophone, environmental noise.

Resumo

Neste projecto a avaliação do ruído ambiental em áreas circunvizinhas três centros médicos na cidade de Barrios Unidos (Bogotá) é realizada, a fim de determinar a conformidade com os limites máximos admissíveis para estes sectores classificados como tranquila e

silêncio, e verificar a influência do desenvolvimento e crescimento da localidade sobre o impacto potencial sobre a saúde das pessoas. A metodologia desenvolvida para os processos de medição nos diferentes centros médicos é baseada nas diretrizes dadas na Resolução 627 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente. Desta forma, foi realizado por cada centro médico; georreferenciamento da área de estudo, e medições preliminares, que permitiram estabelecer a existência de poluição sonora e localizar um ponto de maior impacto no qual as medidas definitivas foram feitas. Ao mesmo tempo, dados meteorológicos foram realizados, bem como uma caracterização do tráfego de veículos para construir mapas de ruído usando o software SoundPlan. Os resultados obtidos em cada centro médico geralmente mostram que limites regulatórios de ruído ambiente são excedidos, e esse fenômeno é principalmente correlacionadas com alto tráfego de veículos, multidão de pessoas conversando e atividades de negócios informais e formais que foram desenvolvidas para desordenada em torno da localização dos centros hospitalares, tornando-se um ambiente comercial e gerando que não há conformidade com o plano de encomenda estabelecido na localidade.

Palavras-chaves: acústica, poluição, georreferenciamento, isofone, ruído ambiental.

Introducción

Según Murphy y Rice, "El ruido se entiende como cualquier sonido no deseado o potencialmente dañino, que es generado por las actividades humanas y que deteriora la calidad de vida de las personas" (2009); o también se puede definir como un sonido, irritante, perturbador o molesto que interfiere con alguna actividad o con el descanso (Miyara, 1999). Este fenómeno acústico se considera como contaminante dado que produce diferentes afectaciones al ser humano, causando molestia, dificultad para conciliar el sueño, pérdida de calidad del sueño, dolor de cabeza, estrés, insomnio, hipertensión, discapacidad auditiva, trastornos gastrointestinales, etc.; además de problemas en la comunicación verbal. A la par que

estos problemas, se genera un retraso en la recuperación de los pacientes hospitalizados (Stassen *et al.*, 2008; Arana y García, 1998; Evans *et al.*, 2001; Abbasi *et al.*, 2018; Loupa *et al.*, 2019). Es por todo esto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido a la contaminación auditiva como el tercer problema ambiental de mayor relevancia en el mundo (OMS, 2008).

Durante los últimos años, en la ciudad de Bogotá se ha encontrado de manera generalizada problemas de contaminación por ruido en todo tipo de zonas, entre comerciales y residenciales, así como en sectores de tranquilidad (Pacheco, Franco y Behrentz, 2009), y se muestran las localidades de Kennedy, Engativá, Chapinero y Barrios Unidos como las más afectadas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

En la localidad de Barrios Unidos se presenta el mayor número de quejas por contaminación de ruido. De igual modo, en el Plan Ambiental Local de la localidad de Barrios Unidos se pudo identificar que, en el periodo diurno y nocturno, se encuentran niveles de ruido en el intervalo de 75 dB a 80 dB ligados a la alta influencia de actividades como: funcionamiento de talleres automotrices, establecimientos comerciales y diferentes tipos de ventas ambulantes, rutas que atraviesan el espacio aéreo de esta y tráfico automotor (De Barrios Unidos, 2017). En esta localidad están ubicados siete Unidades de Atención Primaria (UPA), un Centro de Atención Prioritaria en Salud (CAPS) y dos Hospitales, y para este tipo de establecimientos, dada su función específica así como para las zonas aledañas de ubicación, las directivas dadas en la normatividad de ruido en el mundo y a nivel nacional expresan que se deben considerar como sectores de tranquilidad y silencio; razón por la cual se tiene que garantizar su buen funcionamiento, ya que en estos sitios genera afectación en la salud de los pacientes causando agudización de los fenómenos que produce el ruido, así como trastornos en los procesos de recuperación (Acevedo, 2011; Alonso, 2003; Secretaría Distrital de Ambiente, 2009; Committee

on Environmental Health, 1997; Gutiérrez, 2011; Jones, 2010).

Con el presente estudio se busca definir y documentar el cumplimiento de los estándares máximos permisibles de ruido ambiental, establecidos en la Resolución n.º 627 del 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en microambientes de zonas aledañas a tres centros de servicio médico ubicados en las UPZ 12 de octubre y los alcázares de la localidad de Barrios Unidos, determinar las causas y posibles fuentes de ruido y sus áreas de influencia y así definir acciones y alternativas que puedan mitigar el alto nivel de ruido.

Metodología

La realización de las actividades del trabajo propuesto estuvo guiada bajo los aspectos técnicos y metodológicos descritos en la norma ISO 1996-1 y la Resolución n.º 627/06 del MAVDT. De esta manera, se seleccionaron como eje del trabajo centros de salud que han sido clasificados como sectores de tranquilidad y silencio. Las mediciones de ruido fueron hechas en el periodo comprendido entre enero 18 a febrero 11 de 2018, en jornada diurna, con un sonómetro tipo 1 marca y modelo Svantek 977, el cual posee una precisión de ± 1 dB en el rango de frecuencia 20 Hz a 20 kHz, con analizador en tiempo real de 1/3 de octava, bajo intervalo de ponderación A y operado en modo rápido (con activación simultánea para medición también en impulsivo y lento). Las condiciones meteorológicas (velocidad del viento, dirección del viento, precipitación, temperatura, y humedad relativa) se midieron al mismo tiempo con una estación meteorológica marca Davis Pro (Davis Instruments, 2002).

Medición preliminar y selección de puntos críticos

Se realizaron mediciones preliminares en zonas aledañas a cada hospital con el fin de establecer

que, primero, existe una problemática de ruido ambiental en las zonas cercanas al centro médico de estudio y, posteriormente, para precisar por cada hospital un punto crítico o sitio de mayor contaminación por ruido. En estos puntos, se realizaron las mediciones definitivas y llevadas a cabo por un mayor intervalo de tiempo, para de esta manera evidenciar si el problema y la influencia de las fuentes se mantiene constante durante el día de medición. Dichas mediciones se efectuaron durante 15 minutos por punto y simultáneamente se tomaron mediciones de las condiciones meteorológicas, así como también se efectuó la identificación y especificación de eventos generadores de ruido durante las mediciones. Luego, se procedió a ejecutar una caracterización de la zona, identificando fuentes fijas a 300 m alrededor de cada centro médico y referenciándolas mediante el uso de GPS.

Mediciones definitivas de ruido

De acuerdo con los resultados de las mediciones preliminares en cada centro de salud, se seleccionó un punto de medición que presentó el peor escenario y, dependiendo de la jornada de funcionamiento, se estableció el horario de medición en periodo diurno de tres horas de tal manera que se evaluaron los niveles de presión sonora durante dos días. Un día entre semana en un horario de tránsito que cubre pico y placa y hora valle, y un día en fin de semana, en el mismo horario y teniendo en cuenta que en este día no hay pico y placa. De manera simultánea, se realizaron mediciones de condiciones meteorológicas, así como la identificación de eventos característicos generadores de ruido.

Mapas de distribución de ruido

Para cada hospital se determinó la influencia del ruido ambiental a través de la realización de mapas de distribución de ruido de manera asimétrica con relación al tiempo, por medio del software

SoundPlan, y con ayuda del programa Arcgis, así como de herramientas de georreferenciación como Google Earth; Se crearon diferentes isófonas en formas de contornos con el fin de establecer el comportamiento de propagación y los niveles de presión sonora en las zonas aledañas a los centros de salud de estudio.

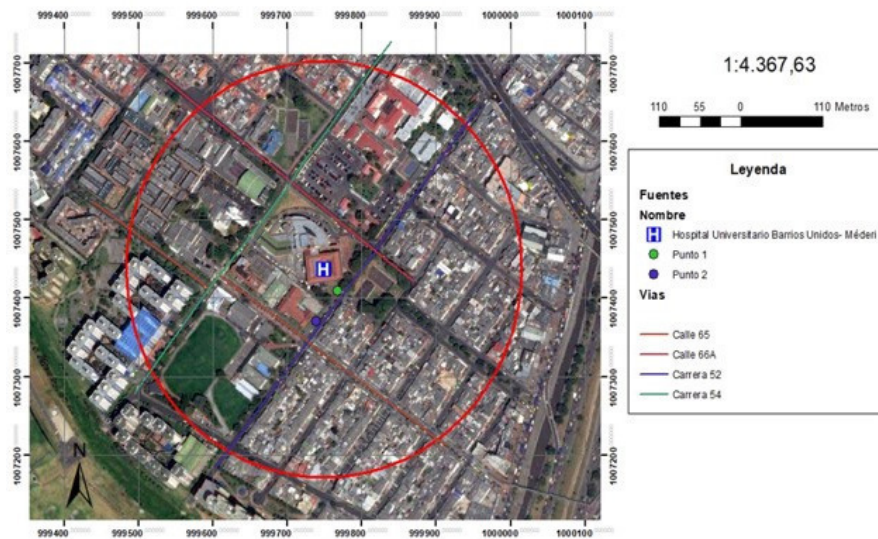
Resultados

Medición preliminar y selección de puntos críticos

Resultados preliminares Hospital Universitario Barrios Unidos

De acuerdo con la georreferenciación y caracterización de la zona de influencia alrededor del centro médico, se puede apreciar que una de las principales fuentes de ruido está dada por actividades asociadas al alto tráfico vehicular en las calles secundarias, las cuales se encuentran habilitadas para el acceso de ambulancias y vehículos hacia el hospital, alimentadas a su vez por la vía principal anexa de la calle 68. Se observa también que existen establecimientos de actividades comerciales ubicados en las cercanías al hospital, tales como restaurantes y un centro comercial, los que por su menor distancia al hospital pueden tener mayor incidencia en la generación de ruido; actividad comercial informal, actividades académicas en colegio y transeúntes hacia parqueaderos, y hacia una iglesia que dado su horario de funcionamiento provee ruido en tiempos específicos. De esta manera, se identifican dos puntos de alta influencia de ruido ambiental: la entrada principal al hospital y un punto cercano a la iglesia, en los cuales se realizaron las mediciones preliminares de ruido. Los resultados se pueden observar en la figura 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede establecer que los niveles de presión sonora (NPS) en los dos puntos de medición sobrepasan los límites permisibles para sectores de tranquilidad y silencio (55 Leq A dB, para el horario diurno).



Punto	Distancia (m)	Actividades	Día/Hora	Leq A (dB)
Punto # 1	15,64	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas, puestos comerciales.	7 de Julio 2017 / 11:10 a.m. - 11:25 a.m.	68 - 72
Punto # 2	44,81	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas, actividades de la iglesia	7 de Julio 2017 / 10:40 a.m. - 10:55 a.m.	66 - 68

Figura 1. Ubicación de los puntos preliminares Hospital Barrios Unidos.

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, se observa un mayor intervalo de variabilidad y un mayor nivel de presión sonora en el punto 1 de medición con relación a las mediciones en el punto 2, esto marcado por la actividad comercial informal cercana a este punto.

Resultados preliminares CAPS de Chapinero

En los resultados de georreferenciación y caracterización se puede apreciar que las principales fuentes de ruido son: primero, las fuentes móviles dada la cercanía con la vía principal calle 66 que presenta alto flujo vehicular, siendo una vía de acceso importante para la localidad por su conexión a la avenida Caracas, se destaca también la proximidad del paradero de buses del sistema integrado de transportes (SITP) lo cual provee actividad específica relacionada con los transeúntes y el comercio informal asociado. Segundo, las

fuentes fijas que rodean al centro médico, tales como establecimientos de metalurgia y ferretería, así como fabricación de tejados, grifería, instalaciones eléctricas y tornillos. Se localizaron dos puntos de alta influencia de ruido: la entrada principal al centro médico y la intersección de la calle 66 con la carrera 16, en los cuales se realizaron las mediciones preliminares de ruido ambiental. Los resultados se pueden observar en la figura 2.

Resultados preliminares Fundación Hospital Infantil Universitario de San José

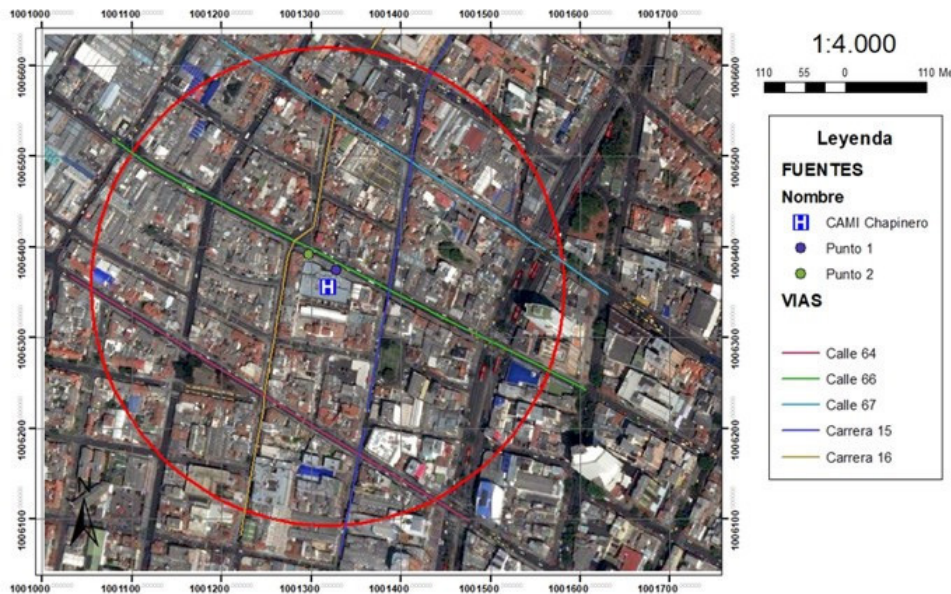
En la caracterización de ubicación se puede observar que en este hospital se tiene una mayor influencia de ruido debido al alto tráfico vehicular que a las actividades comerciales, ya que al frente del hospital se encuentra la vía principal

avenida calle 68, y muy cerca la avenida carrera 30. También se puede considerar como fuentes apreciables: talleres de mecánica y el tránsito de personas hacia supermercados, droguerías y panaderías. De acuerdo con lo anterior, se establecieron dos puntos de alta influencia de ruido: la entrada principal al centro médico y la entrada de urgencias, en los cuales se realizaron las mediciones preliminares de ruido ambiental. Los resultados se pueden observar en la figura 3.

De acuerdo con los resultados se puede establecer que los NPS en los dos puntos de medición sobrepasan los límites permisibles para el sector de tranquilidad y silencio, y se observa un mayor intervalo en los NPS obtenidos en la medición realizada en el punto 1.

Resultados de las mediciones definitivas de ruido ambiental

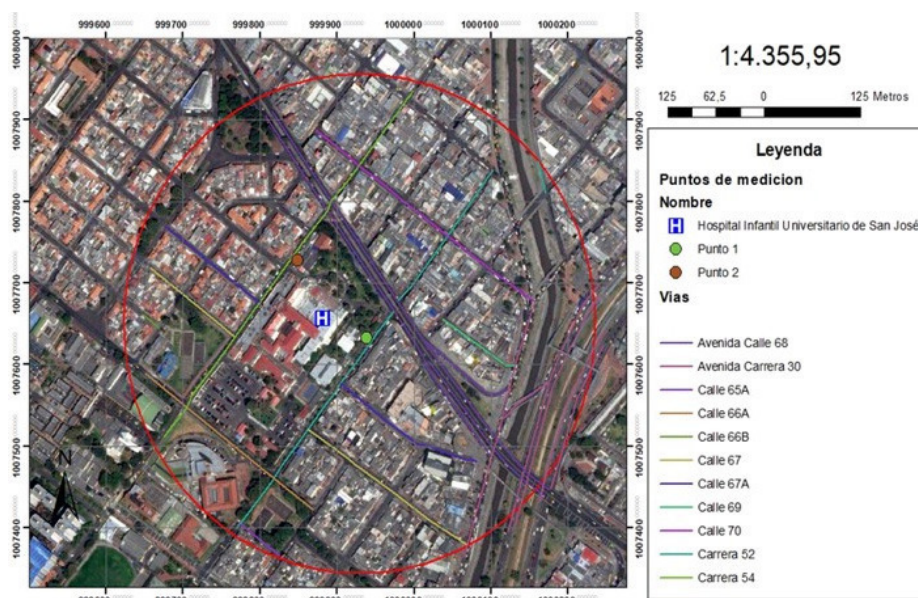
En la tabla 1 se observan los resultados promedio corregidos de las mediciones definitivas realizadas durante tres horas, en tres diferentes centros médicos tomados como referencia en la localidad de Barrios Unidos. De estos resultados se puede establecer que, para cada uno de los hospitales, y en el punto que mostraba el peor escenario se confirman los resultados ya presentados en las mediciones preliminares realizados en días diferentes a las mediciones definitivas, no se cumple con los límites máximos permisibles de ruido en horario diurno dados en la Resolución n.º 627 de 2006 del MAVDT, para sectores de tranquilidad y silencio en días entre semana y en fin de semana.



Punto	Distancia (m)	Actividades	Día/Hora	Leq A (dB)
Punto # 1	7,4	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas, paradero del SITP, establecimiento de metalurgia.	7 de Julio 2017 / 8:25 a.m. - 8:40 a.m.	74 - 75
Punto # 2	26,26	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas.	7 de Julio 2017 / 8:00 a.m. - 8:15 a.m.	70 - 73

Figura 2. Ubicación de los puntos preliminares CAPS de Chapinero.

Fuente: elaboración propia.



Punto	Distancia (m)	Actividades	Día/Hora	Leq A (dB)
Punto # 1	45,57	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas.	7 de Julio 2017 / 2017 9:30 a.m. - 9:45 a.m.	72 - 74
Punto # 2	56,15	Flujo vehicular, paso de aviones, paso de personas.	7 de Julio 2017 / 9:55 a.m. - 10:10 a.m.	68 - 71

Figura 3. Ubicación de los puntos preliminares Fundación Hospital Infantil Universitario De San José.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Nivel de presión sonora promedio corregido para cada centro médico de estudio en la localidad de Barrios Unidos.

Punto de medición	Hospital Universitario Barrios Unidos		CAPS de Chapinero		Fundación Hospital Infantil Universitario de San Jose	
Coordenadas	Latitud 4°39'48.83" N Longitud: 74° 4'47.83" O		Latitud 4°39'13.38" N Longitud: 74° 3'55.84" O		Latitud 4°39'55.05" N Longitud: 74° 4'40.74" O	
Dias de medición	Miércoles	Sábado	Jueves	Domingo	Viernes	Sábado
Hora de inicio	8:00	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00
Hora de finalización	11:00	23:00	10:00	10:00	10:00	10:00
Calibración inicial L_{eq} (A) dB	115.4	115.4	114.4	115.3	114.5	115.4
Calibración final L_{eq} (A) dB	115.3	115.2	114.3	115.2	114.5	115.2
L_{eq} (A) dB	61.3	70.6	68.9	68.5	58.5	69.1
L_{90} (A) dB	62.2	70.4	67.9	69.5	59.9	69.4

Fuente: elaboración propia.

En ninguno de los casos en las mediciones en los diferentes hospitales se observa diferencia apreciable en los promedios horarios entre semana y su correlación con los eventos de tráfico vehicular (pico y placa y hora valle) ya que el tráfico vehicular es muy denso por la cercanía a vías principales y este no tiene una disminución apreciable de paso de vehículos; el cambio básicamente está dado por una mayor velocidad del paso de los mismos en la hora valle con relación a la hora pico. Además, mientras que para el CAPS Chapinero se evidencia un resultado promedio prácticamente similar del ruido medido el día entre semana y el fin de semana, para el caso del hospital universitario Barrios Unidos y el de la Fundación Hospital Infantil Universitario de San José, se presentan mayores NPS durante las mediciones realizadas en el día de fin de semana en los cuales no hay restricción de tráfico, y la cercanía a las avenidas principales o secundarias evidenció mediante conteo un mayor paso de vehículos en estos sitios.

En la tabla 2 se puede apreciar que las actividades y eventos característicos ligados al ruido ambiental en la zona del Hospital Universitario Barrios Unidos para las mediciones realizadas en el día entre semana presentan un intervalo entre 60.3 dB a 62.3 dB. Además, que están dados por tránsito aéreo y vehicular, el comercio informal, las actividades realizadas en la iglesia y el tránsito de personas hablando, lo cual se pudo verificar como una actividad constante; durante el fin de semana se aumenta este tipo de actividad comercial aunado al tránsito vehicular y uso de parqueaderos, por el incremento de visitas a los pacientes alojados en el hospital, así como a la mayor actividad registrada en los parques aledaños, lo cual hace que los NPS aumenten de manera significativa su intervalo de 70.5 dB a 71.1 dB.

En el CAPS de Chapinero el intervalo de NPS estuvo entre 68 dB y 71 dB para el periodo de medición de ruido, y no se evidenció diferencia en cuanto a la hora pico de tránsito vehicular con relación a la hora valle, solo se ve un aumento de

velocidad de los vehículos, el flujo de vehículos en la calle 66 es constante debido a la conexión que da a la avenida Caracas. Respecto a la incidencia de fuentes fijas se encontró que existe un establecimiento de metalurgia ubicado al frente del centro médico y con un horario de funcionamiento de 8 am a 5 pm, el cual provee una alta propagación del ruido de tipo impacto y fluctuante, dadas las actividades allí relacionadas (golpeteo con martillo, uso de equipos de soldadura, pulidora y cortadora) haciendo muy importante su influjo en las mediciones realizadas ya que aumenta el NPS promedio.

Para la Fundación Hospital Universitario de San José los resultados muestran que entre semana el intervalo de NPS estuvo entre 58.5 dB y 60.1 dB para el periodo de medición de ruido, los principales eventos están dados por el flujo vehicular en la avenida calle 68 y la conexión con la avenida carrera 30. En la medición de ruido para el fin de semana se encontró un intervalo de ruido más elevado: de 67 dB a 70 dB, dando respuesta a los eventos y actividades que se realizan los fines de semana, como lo son el aumento de tránsito de vehículos por la no aplicación de la restricción por pico y placa y esto ligado a las visitas de personas al hospital, que a su vez incrementa el comercio informal, el número de personas hablando y uso del parqueadero. También se incrementa el uso de zonas de recreación como parques cercanos.

Mapas de ruido

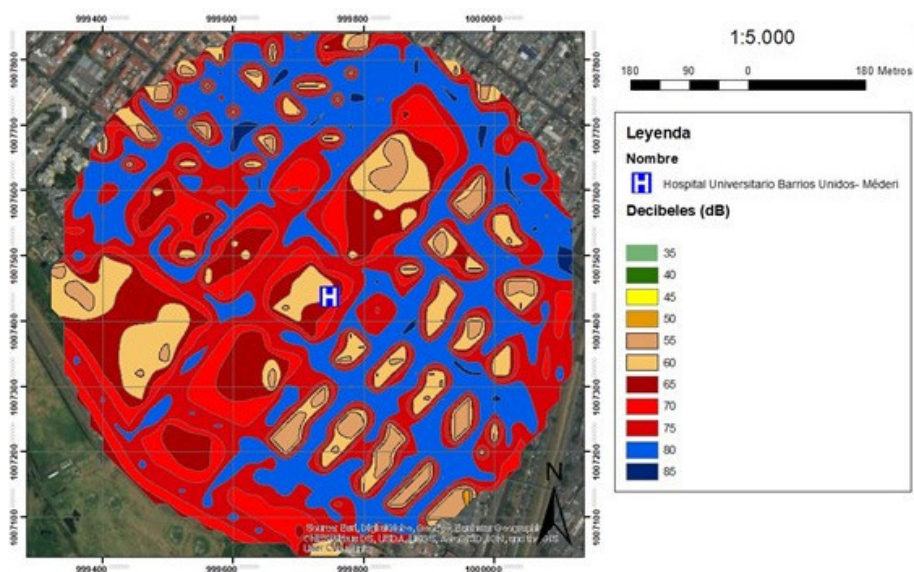
Mapa de distribución del Hospital Universitario Barrios Unidos

A partir de la caracterización de las zonas aledañas al punto de interés, las mediciones realizadas, e incorporando una descripción del área (300 metros alrededor de cada centro médico), el modelo aplicó los efectos de la propagación del sonido. Según el mapa de ruido (figura 4), las áreas más críticas, sombreadas con el color azul, se ubican en las vías alrededor del centro médico y llegan

Tabla 2. Nivel de presión sonora promedio por hora para cada centro médico de estudio en la localidad de Barrios Unidos.

Hospital Universitario Barrios Unidos			CAPS de Chapinero			Fundacion Hospital Infantil Universitario de San Jose		
Dia	Hora	L_{eq} A(dB)	Dia	Hora	L_{eq} A(dB)	Dia	Hora	L_{eq} A(dB)
Dia entre semana	8:00 - 9:00	61.3	Dia entre semana	7:00 - 8:00	71.5	Dia entre semana	7:00 - 8:00	58.5
	9:00 - 10:00	60.3		8:00 - 9:00	68.7		8:00 - 9:00	59.5
	10:00 - 11:00	62.3		9:00 - 10:00	69.4		9:00 - 10:00	60.1
Fin de semana	8:00 - 9:00	70.4	Fin de semana	7:00 - 8:00	69.5	Fin de semana	7:00 - 8:00	70.1
	9:00 - 10:00	71.1		8:00 - 9:00	71.5		8:00 - 9:00	68.1
	10:00 - 11:00	70.5		9:00 - 10:00	68.6		9:00 - 10:00	67.1

Fuente: elaboración propia.

**Figura 4.** Mapa de distribución de ruido en el Hospital Universitario Barrios Unidos.

Fuente: elaboración propia.

incluso hasta 80 dB; mientras que las áreas sombreadas con color rojo dan respuesta a la ubicación de fuentes fijas como lo son parqueaderos, colegios y parques donde se presenta un alto nivel de ruido. Las áreas que presentan menores niveles de ruido están alrededor de las edificaciones, en lugares que se comportan como barreras con relación a la ubicación de las principales actividades fuente de ruido.

Mapa de distribución CAPS de Chapinero

Realizando un análisis de los datos obtenidos, y el modelo realizado, se puede observar que, en el CAPS de Chapinero los NPS predominantes en esta zona se encuentran en un intervalo entre 75 dB en sitios en donde predominan fuentes fijas de ruido y de hasta 80 dB en vías de circulación de tráfico automotor. Las dos fuentes fijas ubicadas al

frente del centro médico (taller de metalurgia y padero del SITP), presentan datos en un intervalo desde 70 dB hasta 80 dB. En el mapa (figura 5) se observan áreas de bajo nivel de ruido debido a la atenuación presentada por las mismas barreras de las edificaciones.

Mapa de distribución de ruido en la Fundación Hospital Infantil Universitario de San José

La propagación del ruido en la zona del Hospital infantil (figura 6) permite definir que la fuente generadora de ruido más importante es el alto flujo vehicular, dada la cercanía a avenidas principales. Además, se comprobó en las mediciones realizadas que el valor de L90, que da una descripción del ruido de fondo, todo el tiempo fue mayor de 55 dB. El intervalo en decibeles observado en la zona aledaña al centro médico (65 dB a 70 dB) tiene una alta influencia por las vías cercanas en donde se encuentra un nivel de ruido mayor (80 dB). En esta área no hay edificaciones o parques que puedan actuar como barreras y mitiguen la propagación del ruido.

En relación con las isófonas elaboradas se demuestra que la zona alrededor de los centros médicos de estudio, se presenta incumplimiento normativo con respecto al ruido ambiental y esto dado principalmente por la densidad de tráfico vehicular, lo que es característico de ambientes urbanos modernos tanto en países desarrollados como en desarrollo (McMichael, 2000). Además, en las zonas aledañas las actividades comerciales formales e informales también se manifiestan como de alta importancia ya que se mantienen niveles de ruido sobre 60 dB y 65 dB, que según la Organización Mundial de la Salud a estos valores se pueden sufrir malestares fuertes, dolores de cabeza y, en pacientes dentro del entorno hospitalario, interrupción de la tranquilidad y trastorno del sueño y descanso.

Las diferentes zonas de estudio, de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial de Bogotá, son catalogadas como zonas residenciales con delimitación de comercio y servicio. Sin embargo, de manera general se evidencia que hay un desarrollo comercial alrededor y cerca de los centros médicos; en algunos casos asociado al mismo servicio

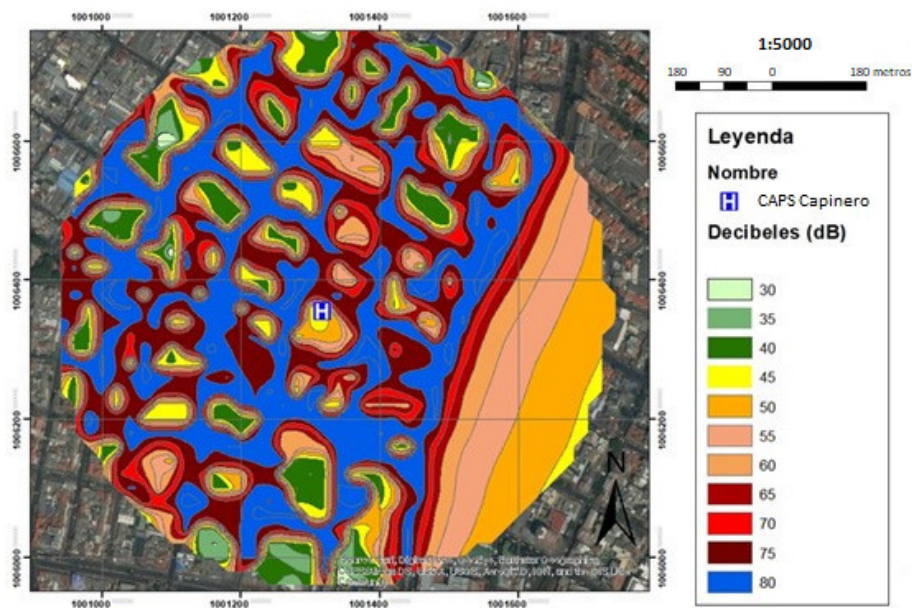


Figura 5. Mapa de distribución de ruido CAPS de Chapinero.

Fuente: elaboración propia.

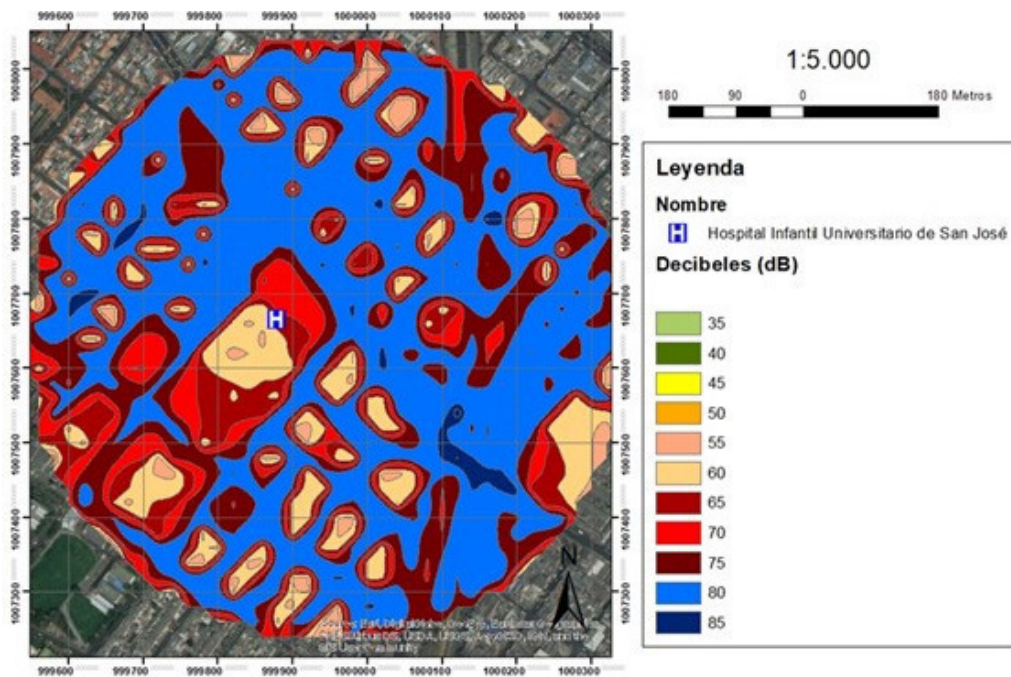


Figura 6. Mapa de distribución de ruido en la Fundación Hospital Infantil Universitario de San José.

Fuente: elaboración propia.

hospitalario (droguerías y misceláneas) y otros no asociados tales como restaurantes, panaderías, cafeterías, supermercados y ferreterías; en otros casos corresponden a actividades no autorizadas o de comercio informal ventas ambulantes de gran variedad de artículos. En cuanto al tráfico vehicular, la administración distrital ha autorizado la ubicación y puesta en funcionamiento de paraderos del SITP, o al frente o en sitios muy cercanos a los centros médicos, sin tener en cuenta gestión estratégica para la contaminación por ruido.

De esta manera, ante el incumplimiento normativo con relación a la contaminación por ruido en los sectores de tranquilidad y silencio, los planes de acción que se pueden establecer se remiten principalmente a la vigilancia de cumplimiento de ordenamiento del territorio y desarrollo de políticas del crecimiento en estos sectores de la localidad de Barrios Unidos bajo lineamientos de prevención de contaminación. En algunos estudios se sugieren acciones tales como el desarrollo de transporte subterráneo y

construcción de barreras de ruido que no vayan en contra de la estética urbanística (Murphy y King, 2011). Para este caso en particular, la medida de transporte subterráneo puede aplicar para los corredores de vías principales cercanas a la Fundación Hospital Infantil Universitario de San José y del Hospital Barrios Unidos, mientras que en la zona del CAPS de Chapinero pueden gestionarse actividades de ubicación más adecuada de paraderos de transporte y de actividades comerciales y, posteriormente, estudiar la posibilidad de construcción de barreras de ruido. Con respecto a la administración local, se puede realizar seguimiento de una planeación urbana efectiva y con participación comunitaria, aplicando criterios de prevención y atendiendo al interés común de los sectores de la localidad, lo cual puede reducir considerablemente este tipo de contaminación y, además, la contaminación correlacionada con agentes químicos atmosféricos propios del tráfico rodado (Can, *et al.*, 2011; Parlamento Europeo, 2002).

Conclusiones

A través de este estudio se pudo definir un diagnóstico correlacionado con centros médicos ubicados en la localidad de Barrios Unidos en Bogotá, en la que se halló e identificó que las principales fuentes de ruido son debidas principalmente a la densidad de tráfico vehicular y, en segundo lugar, a actividades de comercio informal. Todo ello generando incumplimiento normativo con respecto a la Resolución n.º 627 del 2006 del MAVDT y con relación a los niveles de presión sonora en las áreas circundantes a estas instituciones que están enmarcadas dentro de sectores de tranquilidad y silencio. Los mapas de distribución de ruido permiten identificar las zonas aleatorias a los centros médicos en intervalos entre 60 dB y 80 dB, los cuales tienen actividades asociadas principalmente al tráfico vehicular con la potencialidad de generar en las personas malestares fuertes y en los pacientes interrupción del sueño y de la tranquilidad.

El crecimiento de actividades, principalmente de comercio informal y formal, así como de transporte urbano ha generado un problema de calidad del aire relacionada con ruido. De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, el cual reglamenta el uso del suelo para la ciudad de Bogotá, se evidencia que no hay un crecimiento urbano adecuado que dé cumplimiento a lo establecido; debido a que se ha permitido: la proliferación de actividades comerciales autorizadas, la apropiación de zonas aleatorias a los centros médicos para el desarrollo de actividades comerciales informales y, por parte de la administración distrital, se ha autorizado además el establecimiento de paraderos SITP en las zonas aleatorias. Se denota también que por parte de la administración local y respecto a infraestructura no existe gestión para construcción de vías secundarias alternativas que permitan descongestionar las vías de acceso al hospital, o gestión hacia el seguimiento, estructuración y vigilancia efectiva de cumplimiento de políticas de prevención de contaminación por ruido.

Referencias

- Abbasi, A. M.; Motamedzade, M.; Aliabadi, M.; Golmohammadi, R.; Tapak, L. (2018). Study of the physiological and mental health effects caused by exposure to low-frequency noise in a simulated control room. *Building Acoustics*, 25(3), 1351010X18779518. <http://doi.org/10.1177/1351010x18779518>
- Acevedo, G. (2011). Aumenta el ruido en los hospitales. *Revista Mundo HVACR*, <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2011/11/aumenta-el-ruido-en-los-hospitales/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2014). *Bogotá mejor para todos*. <http://www.bogota.gov.co/article/conozca-los-puntos-cr%C3%ADticos-por-cause-del-ruido-en-la-capital>
- Alonso, A. (2003). Contaminación acústica y salud. *Observatorio Medioambiental*, 6, 73-95.
- Arana, M.; García, A. (1998). A social survey on the effects of environmental noise on the residents of Pamplona, Spain. *Applied Acoustics*, 53(4), 245-253. [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(97\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(97)00067-4)
- Can, A. et al. (2011). Correlation analysis of noise and ultrafine particle counts in a street canyon. *Science of the Total Environment*, 409, 564-572. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.10.037>
- Committee on Environmental Health (1997). Noise: a hazard for the fetus and newborn. *Pediatrics*, 100(4), 724-727. <https://doi.org/10.1542/peds.100.4.724>
- Davis Instruments (2002). *Módulo de sensores integrados manual de instalación*. Hayward: Davis Instruments Corp.
- De Barrios Unidos, A. L. (2017). *Plan Ambiental Local 2017-2020*. Bogotá: Alcaldía Local de Barrios Unidos. <https://tinyurl.com/y47concn>
- De España, G. (19 de octubre de 2007). Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones

- acústicas. *BOE*, 254. <http://www.boe.es/buscar/act.php>
- Evans, G. W.; Lercher, P.; Meis, M.; Ising, H.; Kofler, W. W. (2001). Community noise exposure and stress in children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(3), 1023-1027. <https://doi.org/10.1121/1.1340642>
- Gutiérrez, F. F. (2011). Estudio general de la contaminación acústica en las ciudades de Andalucía. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 49(2), 55-94.
- ISO (2016). 1996-1. Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- Jones, K. (2010). Environmental Noise and Health: A review.
- Loupa, G., Katikaridis, A., Karali, D. y Rapsomanikis, S. (2019). Mapping the noise in a Greek general hospital. *Science of The Total Environment*, 646, 923-929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.315>
- McMichael, A. J. (2000) The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bull World Health Organ*, 78(9), 1117-1126.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006). *Resolución n.º 0627. Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Miyara, F. (1999). *Acústica, y sistemas de sonido*. Argentina: Editorial Universidad Nacional de Rosario.
- Murphy, E., King, E. A. (2011). Scenario analysis and noise action planning: Modelling the impact of mitigation measures on population exposure. *Applied Acoustics*, 72, 487-494. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.10.006>
- Murphy, E.; King, E. A.; Rice, H. J. (2009). Estimating human exposure to transport noise in central Dublin, Ireland. *Environment international*, 35(2), 298-302. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.026>
- Organización Mundial de la Salud (2008). *Guidelines for community noise*. World Health Organization, Geneva: Organización Mundial de la Salud.
- Pacheco, J., Franco, J. F.; Behrentz, E. (2009). Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto. *Revista de ingeniería*, 30, 72-79.
- Parlamento Europeo (junio 25 de 2002). *Directiva 2002/49/EC*. Parlamento Europeo.
- Secretaría Distrital de Ambiente (2009). *Agenda Ambiental Localidad 12 Barrios Unidos*. https://riosalitre.files.wordpress.com/2009/04/12_aa_barrios-unidos.pdf
- Secretaría Distrital de Ambiente (s. f.). *Bogotá mejor para todos*. <http://ambientebogota.gov.co/ruido>
- Secretaría Distrital de Planeación (2011). *Secretaría de planeación*. <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Informacion-TomaDecisiones/Estadisticas/Documentos/An%E1lisis/DICE074-MonografiaBarriosUnidos-31122011.pdf>
- Stassen, K. R., Collier, P. y Torfs, R. (2008). Environmental burden of disease due to transportation noise in Flanders (Belgium). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(6), 355-358. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.04.003>





Prototipo para orientación de personas con discapacidad visual mediante una aplicación para móvil

Prototype for orientation of visually impaired people using a mobile application

Protótipo para orientação de pessoas com deficiência visual utilizando uma aplicação móvel

Dannyll Michelle Zambrano¹
Yohanna Daniela Daza-Álava²
José Daniel Pinargote-Zambrano³
Edgar Danilo Lituma-Ramírez⁴

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Zambrano, D. M; Daza-Álava, Y. D; Pinargote-Zambrano, J.D; Lituma-Ramírez, E.D. (2019). Prototipo para orientación de personas con discapacidad visual mediante una aplicación para móvil. *Revista Científica*, 35(2), 247-257. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14523>

Resumen

El presente trabajo describe el diseño y elaboración de un prototipo que, por medio de un algoritmo, se vincule con una aplicación para móvil (App) y permita la orientación de personas con discapacidad visual puesto en marcha en la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí. Este se compone de dos partes, la aplicación móvil la cual se desarrolló en el entorno de programación Android Studio que permite detectar señales inalámbricas (estándar IEEE 802.11), por ello el dispositivo halla ciertas señales preprogramadas a cierta distancia y emite un

audio que estará acompañado de una vibración distinta para cada punto de referencia indicando el sector por el cual se encuentra circulando. La otra parte del prototipo son los puntos de referencia o puntos de acceso, cuyo principal componente es un módulo inalámbrico (NodeMcu V3 LoLin); el cual mediante un algoritmo emite la señalización en la banda ISM de 2.4 GHz a los terminales móviles. Los puntos de referencia tienen una autonomía energética de la alimentación de corriente alterna de hasta 20 horas por medio de un panel fotovoltaico en un circuito de conmutación automático.

1. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. mdzambrano@utm.edu.ec
2. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. yohanna_daza@hotmail.com
3. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. www.pinargote@gmail.com
4. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. elituma@utm.edu.ec

Palabras clave: App, discapacidad visual, energía solar, módulos inalámbricos wifi, terminal móvil.

Abstract

The present work describes the Design and elaboration of a prototype that by means of an algorithm links with a mobile application (App) and allows the orientation of visually impaired people implemented in the Faculty of Computer Science of the Technical University of Manabí; it consists of two parts, the mobile application which was developed in the programming environment Android Studio that allows detecting wireless signals (standard IEEE 802.11); the device detects certain pre-programmed signals at a certain distance will emit an audio that will be accompanied by a different vibration for each reference point indicating the sector in which it is circulating. The other part of the prototype are the reference points or access points, whose main component is a Wireless module (NodeMcu V3 LoLin), which through an algorithm emits signaling in the ISM band of 2.4 GHZ to mobile terminals. The reference points have energy autonomy of up to 20 hours from the alternating current supply by means of a photovoltaic panel in an automatic switching circuit.

Keywords: App, mobile terminal, solar energy, Visual impairment, WiFi wireless modules.

Resumo

O presente trabalho descreve a concepção e elaboração de um protótipo que, por meio de um algoritmo de ligações com uma aplicação móvel (App) e permite a orientação de pessoas com deficiência visual implementado na Faculdade de Ciências da Computação da Universidade Técnica de Manabí; consiste em duas partes, a aplicação móvel que foi desenvolvido no ambiente de programação Android Studio que permite detectar sinais sem fio (padrão IEEE 802.11); o dispositivo detecta certos sinais pré-programados a uma determinada distância e emitirá um áudio que será acompanhado de uma vibração diferente para cada ponto de referência, indicando o sector em que está a circular. A outra parte do protótipo são os pontos de referência ou pontos de acesso, cujo componente principal é um módulo Wireless (NodeMcu V3 LoLin), que a través de um

algoritmo emite sinalização na banda ISM de 2.4 GHZ para terminais móveis. Os pontos de referência têm uma autonomia energética de até 20 horas em relação à alimentação de corrente alterna a través de um painel fotovoltaico num circuito de comutação automática.

Palavras-chaves: App, Deficiência visual, energia solar, módulos WiFi sem fios, terminal móvel.

Introducción

En el mundo el desarrollo constante de la tecnología ha sido producto de los nuevos equipos y plataformas que se actualizan continuamente. Esto permite a los investigadores desarrollar proyectos que permitan satisfacer necesidades ya sea en el ámbito técnico, académico o social. Al ritmo que evolucionan las actividades tecnológicas se pretende desarrollar nuevas herramientas para ser introducidas en una sociedad incluyente: tecnologías al alcance de todos que mejoren la calidad de vida de las personas (Acosta, Lozano y Rico, 2015).

La tecnología asistencial para las personas ciegas y con discapacidad visual es un campo de investigación que está ganando cada vez más protagonismo debido al elevado interés por parte de distintas disciplinas convergentes; ello acompañado de un impacto social muy pertinente en nuestra población. Concebir las necesidades de una persona con discapacidad visual puede resultar en un análisis muy complejo pues, dependiendo de las capacidades de los sentidos que implique esta, podrá haber otras discapacidades de los sentidos que pueden dificultar la movilidad del individuo.

La cifra estimada de personas con discapacidad visual es de 253 millones: 36 millones con ceguera y 217 millones con discapacidad visual moderada a grave (Bhoir, Abraham y Wadhaiya, 2016). Además, uno de los grandes desafíos para los usuarios con discapacidad visual es el tránsito por las zonas urbanas exteriores, especialmente si no está familiarizada con la locación. Se observa que hay una serie de zonas difíciles y potencialmente peligrosas para que una persona pueda transitar como, por ejemplo, cruzar una vía transitable.

Para detectar obstáculos, los sistemas de asistencia sensorial utilizan métodos de navegación local utilizados en el campo de la robótica, así como métodos de tránsito de personas en general basados en la supervisión y la comunicación de información a distancia (Kulyukin y Kutiyana-wala, 2010). El proceso de guiado difiere sustancialmente en el caso del entorno exterior con respecto al ambiente interior. Algunos sistemas proporcionan orientación para desplazarse con el transporte público (Dong *et al.*, 2014), mientras que otros se centran en guiar en entornos interiores desconocidos (Tapu *et al.*, 2013).

El surgimiento de dispositivos móviles en los últimos años, aunado con el desarrollo de la tecnología, ha hecho posible la aparición de sistemas de asistencia basados en algoritmos que identifican objetos relevantes como el dinero o para ayudar en las compras de supermercado (Korial y Abdullah, 2016; Mugyenyi, Evarist y Bamutura, 2016). Para una buena orientación en entornos interiores, se han utilizado dispositivos con RFID (Ashraf y Raza, 2014; Cruz *et al.*, 2018) y también la cámara del móvil para detectar obstáculos mediante un sistema de clasificación de objetos (Pampattiwar y Chhangani 2014).

Por tal motivo, como parte los requerimientos de este proyecto, se realizó la investigación aplicando técnicas de observación y entrevistas a personas con discapacidad visual de la Universidad Técnica de Manabí, en la cual se percibió la necesidad de facilitarles una orientación asistida por medio del dispositivo móvil y puntos de red como referencia del lugar en el que van desplazándose, para que tengan una mayor autonomía de desplazamiento en la zona circulante y así llegar a su destino con facilidad.

Metodología

Varios trabajos de investigación han realizado diferentes aplicaciones de software en el dispositivo móvil. Algunos de ellos utilizando solo la parte de hardware del teléfono, otros utilizando también

módulos de hardware externos (Méndez y Cuervo, 2011). Sin embargo, crear una App para personas con discapacidad visual implica crear una interfaz diferente a la habitual (Cruz *et al.*, 2018; Fernandez, 2010).

Para desarrollar la estructura de los sensores se necesitó del análisis de dispositivos, lugar, ambiente y otros factores que influyen en el proyecto. Como primera parte se seleccionó los sensores, estos son módulos wifi.

Módulo ESP 8266 (NodeMcu V3 LoLin)

El módulo wifi escogido es desarrollado por Aithinker Team (Shenzhen Anxinke Technology LTD CO., 2015) cuenta con un Procesador central ESP8266, integra un micro MCU de ultra bajo consumo de 32 bits. Trabaja según el estándar IEEE802.11 b / g / n, siendo compatible con la pila de la arquitectura TCP / IP. Los usuarios pueden usar los módulos para agregar a una red de dispositivos existentes o construir un controlador de red separado. El módulo ESP8266 es SOC inalámbrico de alta integración, concebido para diseñadores de plataformas móviles con limitaciones de espacio y energía (Bourne *et al.*, 2017).



Figura 1. Módulo wifi ESP8266 V3.

Fuente: elaboración propia del autor.

Se escogió este módulo (figura 1) por sus características óptimas para el objetivo del proyecto. Además, es pequeño y útil por su alimentación de 5 V y tiene bajo consumo de energía:

- Consumo de corriente en modo de espera @80MHz: 80 mA.
- Consumo de corriente al recibir una petición (librería WebServer en modo de punto de acceso) @80MHz: 90 mA.
- Consumo de corriente al utilizar HTTPClient.get() @80MHz: 100-110 mA.
- Consumo de corriente en modo de espera @160MHz: 90 mA.
- Consumo de corriente al recibir una petición (librería WebServer en modo de punto de acceso) @ 160MHz: 90-100 mA.
- Consumo de corriente al utilizar HTTPClient.get() @ 160 MHz: 100-110 mA para su funcionamiento idóneo.

- Capacidad nominal: 9V / 2 W
- Tamaño: 11.5 x 11.5 cm
- Máxima potencia: 2 W

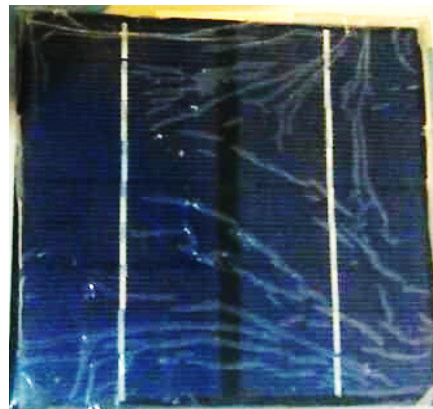


Figura 2. Panel solar de 9 V 220 mAh.

Fuente: elaboración propia del autor.

Energía solar fotovoltaica-El panel solar

Otro de los requisitos que se analizó fue agregar un sistema de alimentación de energía al dispositivo desde una batería que funcione con carga de energía renovable. La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, se la considera inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce (auto gestionada) (Helal, Moore y Ramachandra, 2001). Una sola célula no es capaz de proporcionar una tensión que pueda utilizarse en la práctica, solo genera una tensión de algunas décimas de voltio (usualmente, alrededor de medio voltio para las células de silicio), y una potencia máxima de uno o dos vatios. Para obtener tensiones y potencias adecuadas es preciso conectar entre sí en serie un determinado número de células para producir tensiones de 6, 12 o 24 voltios, aceptadas en la mayor parte de las aplicaciones. A este conjunto de células interconectadas, ensambladas y protegidas contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico.

Según el análisis realizado, se determinó usar un panel solar poli cristalino (figura 2) con las siguientes características:

- Número de celdas: 1
- Material: silicona policristalina

La batería es otro de los elementos principales para el funcionamiento de los módulos inalámbricos wifi, para ello se utilizó la batería de polímero de litio de 2500 mA, con una tensión nominal de 3.8 V (figura 3).



Figura 3. Batería.

Fuente: elaboración propia del autor.

Diseño del circuito para el funcionamiento del módulo con corriente alterna o corriente continua alimentada por panel solar

Para alimentar al módulo ESP 8266 wifi se diseñó un circuito que permite el funcionamiento del módulo el mayor tiempo posible. Realizando un circuito conectado a la corriente alterna, el cual se compone de un transformador de 110v a 6v en

AC, un fusible de protección, un puente de diodo para convertir la energía alterna en energía directa, condensadores para eliminar los picos de voltaje y un transistor regulador KIA7805 para entregar el voltaje óptimo al módulo wifi, también se incorporó un circuito de conmutación, el cual (al detectar la ausencia de energía alterna) realiza el cambio de fuente y empieza a trabajar con la batería de respaldo la cual es cargada con energía solar.

El circuito de regulación de tensión para alimentar al módulo de carga de batería a través del panel solar cuenta con diodos de protección 1n4148, el cual soporta un voltaje máximo inverso de 100 V y corriente directa de 500 mA (Monther et al., 2014). También, se tiene dos condensadores de 6800uF/10V en la entrada para mejorar su respuesta al transistor

regulador de tensión KIA7805, el cual envía la tensión necesaria al módulo de carga de la batería (figura 4).

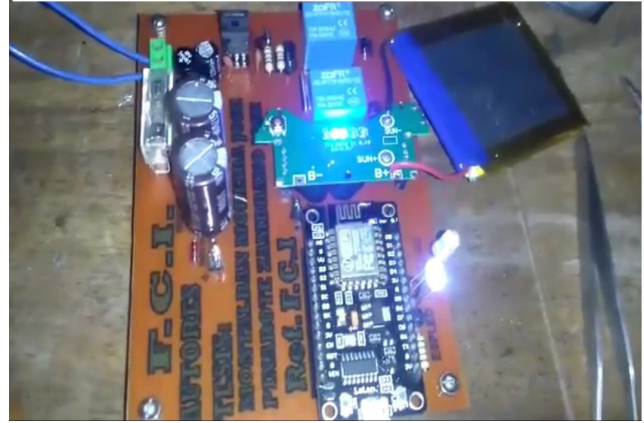


Figura 4. Circuito de conmutación de alimentación eléctrica.

Fuente: elaboración propia del autor.

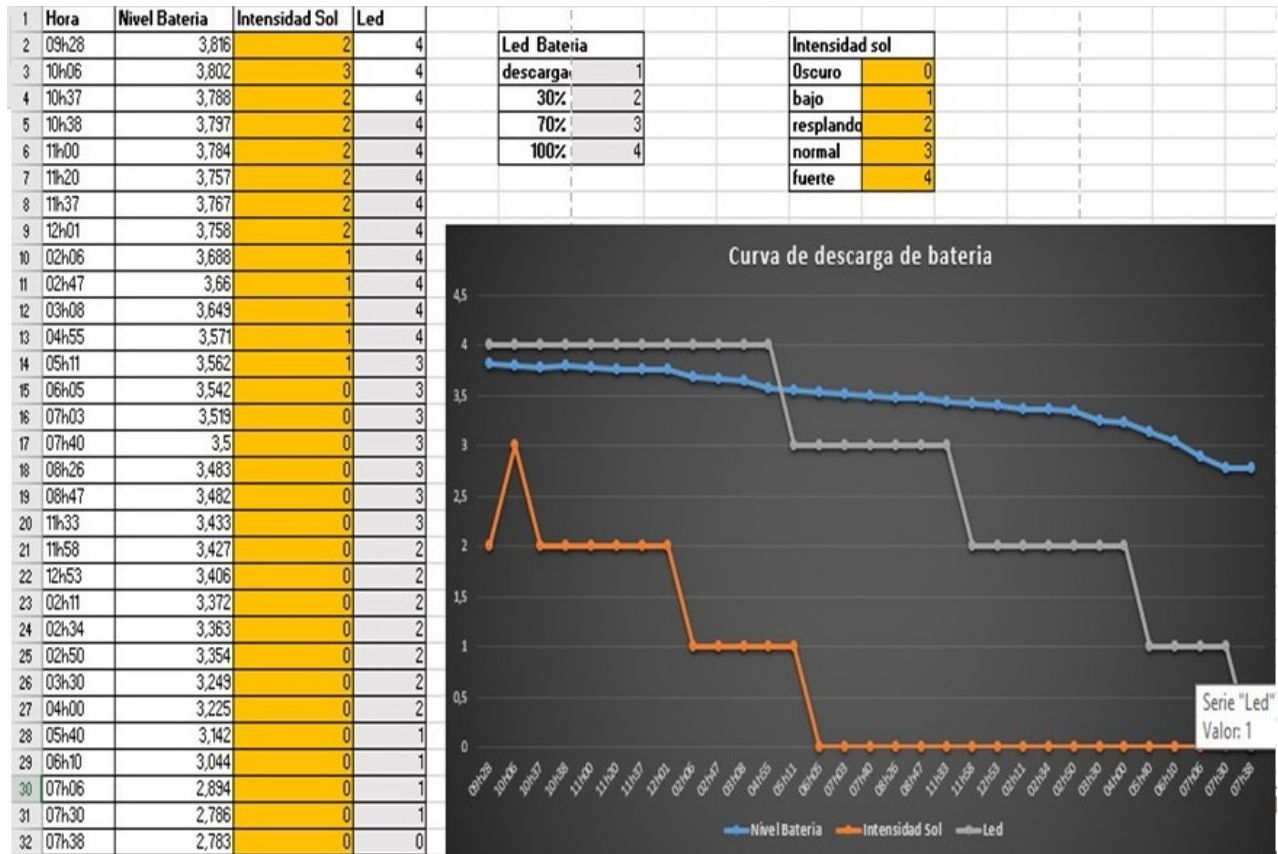


Figura 5. Curva de valores de descarga de la batería con panel solar.

Fuente: elaboración propia del autor.

La batería de polímero de litio tiene un tiempo de duración de 24 horas, que dependerá de la intensidad de los rayos de sol en la cual se realice el proceso de descarga por el uso de la misma y tendrá un periodo de carga de 6 a 12, horas dependiendo de la intensidad de los rayos de sol.

En la figura 5 se observa la curva de carga y en la figura 6 se muestra la curva de descarga de acuerdo con los valores tomados en el desarrollo de proyecto. La curva de color naranja representa la intensidad del sol proporcional al voltaje que genera y la curva color azul representa el estado de carga de la batería; estos datos fueron tomados en el caso extremo de un día nublado con poca radiación solar.

Se realizaron las mediciones con el objetivo de comprobar las características de la batería, pensando en que los nodos o puntos de referencia inalámbricos wifi estén siempre encendidos.

Estructura de los nodos inalámbricos wifi como punto de referencia

Los módulos wifi ESP8266 (NodeMcu V3 LoLin) actúan como puntos de referencia colocados en lugares estratégicos escogidos previamente para poner en funcionamiento el prototipo del proyecto. Estos dispositivos van a mantener una señal de radio constante en el tiempo, pero variable en su intensidad dependiendo de las condiciones del ambiente. La potencia de la señal en decibelios es captada por la aplicación móvil que estará de manera constante buscando las señales inalámbricas.

En la figura 7 se encuentran tres nodos que están enviando señal inalámbrica en la frecuencia de 2.4 GHz y la representación de la persona que está circulando por esa zona con su dispositivo móvil escaneando las redes vinculadas a la aplicación. Dicha aplicación tiene un algoritmo para

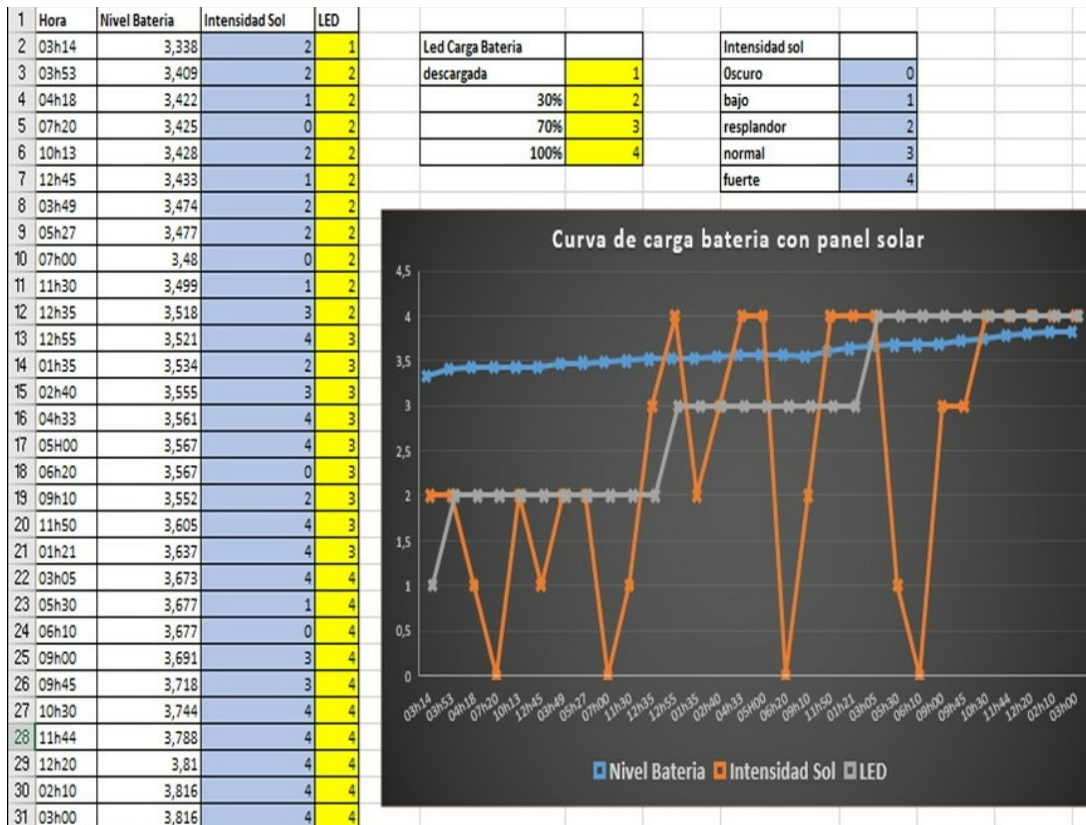


Figura 6. Curva de valores de carga de la batería con panel solar.

Fuente: elaboración propia del autor.

interpretar las señales de los nodos instalados en el área, con lo cual se envían señales sonoras y de vibración que alertan a la persona con discapacidad visual un lugar de referencia donde se encuentre.

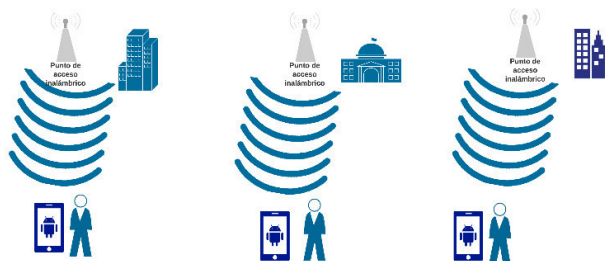


Figura 7. Nodos inalámbricos wifi como puntos de referencia.

Fuente: elaboración propia del autor.

La aplicación móvil App está diseñada para detectar la señal inalámbrica wifi y en las pruebas realizadas se optimizó el algoritmo para que envíe la señal audible en niveles de potencia al usuario. Esto permitirá que el dispositivo móvil que detecta la señalización se active cuando el nivel de la ganancia de la señal sea igual a la establecida para el modelo del móvil en uso. Por ejemplo, en el caso particular del móvil marca Sony modelo Xperia Z5 se estableció el nivel de señal en -65 dBm, siendo la ideal para que el usuario reciba la señal en un rango de entre 4 a 6 metros antes de pasar el módulo inalámbrico wifi y de entre 4 a 6 metros después de haber pasado por el mismo.

Aplicación móvil

La aplicación móvil que se ha creado tiene como nombre Clover y ha sido especialmente diseñada para este tipo de usuarios; para ser útil en la asistencia a la persona con discapacidad visual. No se recomienda utilizar el altavoz para no molestar a las personas que lo rodean, y el auricular debe ser usado solo para un oído para que pueda oír con el otro los ruidos ambientales y del entorno que puede ser útiles.

La aplicación se desarrolló en el entorno de programación Android Studio para ser instalada en un

dispositivo móvil con sistema operativo Android con una versión 4.0 o superior. Esta aplicación está diseñada para realizar búsquedas consecutivas de los puntos de referencia inalámbricos wifi; una vez encontrados dichos puntos y estar cerca del rango al cual fue programada la sensibilidad activará un audio que a su vez estará seguida de vibraciones de manera distinta para cada nodo o punto de referencia y de esta manera las personas con discapacidad visual puedan asimilar que cada audio y vibración pertenece a un sector distinto por el cual se encuentra transitando.

Para instalar la aplicación en el dispositivo móvil se debe habilitar el modo desarrollador de la siguiente manera:

1. Ingrese a Menú.
2. Ingrese a Configuración o Ajustes.
3. Ingrese "Acerca" del teléfono o dispositivo.
4. Presione Número de compilación 7 veces.
5. Presione una vez regresar.
6. Ingrese a Opciones de desarrollador.
7. Active modo de depuración USB.

Luego se conecta el USB al terminal del PC en la cual se encuentra la aplicación desarrollada. En el dispositivo móvil aparecerá un mensaje que pide "¿Permitir depuración por USB?", se tendrá que aceptar por lo tanto la huella digital de la clave RSA y se hará clic en "permitir siempre desde este ordenador" (figura 8).

Este proceso se tendrá que realizar en cada dispositivo móvil que no tenga habilitada la huella permitida, por seguridad. En Android Studio, se debe habilitar Google USB driver para poder instalar el controlador adecuado para el dispositivo móvil a utilizar y así lo reconozca y pueda desplegar la App en el dispositivo y luego depurarla de la siguiente manera:

1. File
2. Settings
3. Appearance & Behavior
4. System Settings
5. Android SDK

6. Seleccionar la pestaña SDK Tools
7. Marcar la opción Google USB Driver Clic en Apply

Ahora, reconocerá el dispositivo móvil en Android Studio y al seleccionar el dispositivo y hacer clic en "Ok" la App se lanzará en nuestro móvil (figura 9).

Resultados

Las pruebas funcionales se realizaron de manera progresiva, cada vez que se tenía una mejora se realizaban nuevas pruebas en el área real en la que se ubicarían los puntos de referencia para lograr obtener una aplicación 100 % funcional.

Para constatar la funcionalidad de la aplicación se escogieron aleatoriamente varias personas con discapacidad visual, en su mayoría estudiantes de la Universidad Técnica de Manabí. Dichas personas hicieron el recorrido por los módulos inalámbricos instalados, como se aprecia en la figura 10.

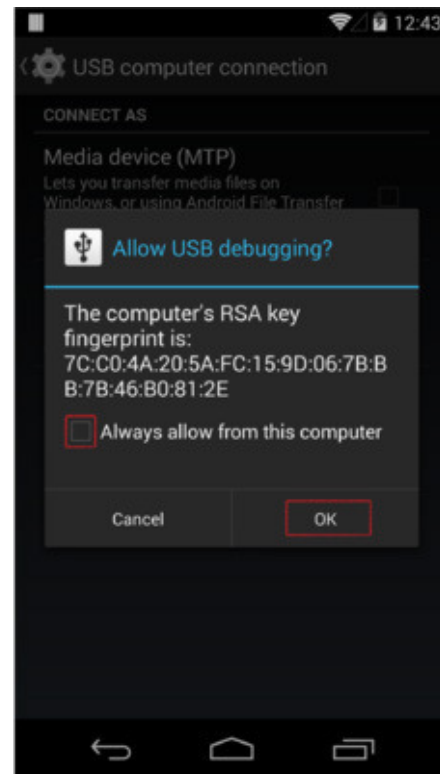


Figura 8. Permitir depuración por USB.
Fuente: elaboración propia del autor.

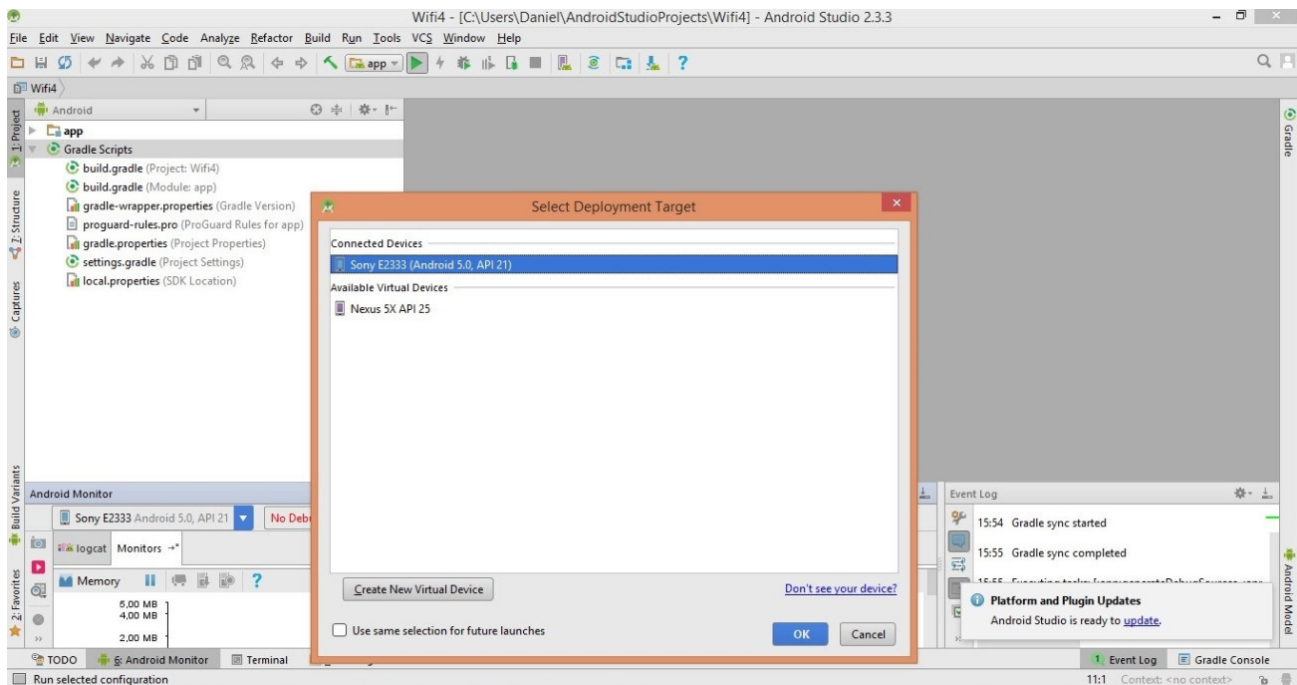


Figura 9. Reconocimiento del móvil en Android Studio.
Fuente: elaboración propia del autor.

Las pruebas del prototipo y la aplicación Android se realizó utilizando varios modelos de dispositivos móviles. Después de las pruebas, se determinó el rendimiento del sistema y se obtuvo que la interfaz de aplicación era fácil de usar, la información comunicada era bien comprendida incluso cuando el ruido ambiental era más alto, en especial porque la persona con discapacidad visual tiene una capacidad auditiva más desarrollada. Como el trayecto se da en el entorno exterior, se requería ocasionalmente una reducción de la velocidad cuando, en algunas áreas, la señal del teléfono era débil. De manera general, el sistema ha demostrado su eficacia en tiempo real.

Conclusiones

Para ayudar a las personas con discapacidad visual los dispositivos móviles resultan ser muy útiles,

pero se requiere módulos sensoriales externos al teléfono para detectar obstáculos y encontrar una manera segura de transitar.

La aplicación en Android diseñada ofrece orientación en el trayecto y la interfaz especial creada para los personas con discapacidad visual ha demostrado su eficacia. Por esto, la comunicación de la información pertinente transmitida mediante los sonidos a un oído conduce a una correcta comprensión del mensaje y otorga a las personas con discapacidad visual la oportunidad de recibir otra información útil del entorno.

Los nodos inalámbricos transmiten los datos al terminal móvil mediante wifi, realizando una fusión de datos sensoriales, y en el momento oportuno se comunica al usuario no vidente la información relevante, avisando de su ubicación con respecto a un punto de referencia.



Figura 10. Prueba del prototipo con una persona no vidente.

Fuente: elaboración propia del autor.

Se demostró que se puede brindar ayuda a personas con discapacidad visual usando un dispositivo móvil y módulos wifi como puntos de referencia y con esto plasmar que es factible usar tecnología de bajo costo y fácil uso, debido a que la compatibilidad de los módulos con la aplicación resultó ser muy efectiva, ya que con muy poco entrenamiento se logró brindar ayuda a los usuarios no videntes.

Las pruebas experimentales realizadas con el prototipo han demostrado su utilidad, pero también han revelado que se necesitan más pruebas para encontrar la distancia óptima de detección de la ubicación en los entornos cercanos a los edificios como en el ambiente exterior en vías transitadas.

En un futuro se tendrá dispositivos móviles con más capacidad de procesamiento y potencia los cuales, además de abaratar costos, se viabilizará una asistencia más óptima y eficaz para las personas con discapacidad visual.

Referencias

- Acosta-López, A., Lozano, H. y Rico, C. (2015). Diseño e implementación de un prototipo de sistema de identificación por radiofrecuencia para la verificación de información de vehículos. *Redes de Ingeniería*, 6(2), 33-43. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.redes.2015.2.a04>
- Al-Shehabi, M., Mustahsan, M., Abdullah, M. y Ahmed, M. (2014). An Obstacle Detection and Guidance System for Mobility of Visually Impaired in Unfamiliar. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 337- 341. <https://doi.org/10.7763/IJCEE.2014.V6.849>
- Ashraf, A. y Arif, R. (2014). Usability Issues of Smart Phone Applications: For Visually Challenged People. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 760-767.
- Bhoir, S., Ajeesh, A. y Krupa, W. (2016). Camera based product identification for the visually impaired. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 413-417.
- Bourne, R., Flaxman, S., Braithwaite, T., Cicinelli, M. V., Das, A. y Jonas, J. B. (2017). Vision Loss Expert Group. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Glob Health*, 888-897.
- Cruz, F, Pinargote Ortega, M., Demera, G., Vera-Zambrano, E. y Mosquera-Alcivar, R. (2018). Sistema de alerta para estudiantes con discapacidad visual en la UTM. *Revista Científica*, 31(1), 85-95. <https://doi.org/10.14483/23448350.12464>
- Dong, H., Kang, J., Schafer, J. y Ganz, A. (2014). Android-Based Visual Tag Detection for Visually Impaired Users: System Design and Testing. *International Journal of EHealth and Medical Communications*, 5(1), 63-80.
- Fernandez, M. (2010). *Energía solar: electricidad fotovoltaica*. Madrid: Liber Factory.
- Helal, A, Moore, S. E. y Ramachandra, B. (2001). Drishti: an integrated navigation system for visually impaired and disabled. Proceedings Fifth International Symposium on Wearable Computers, 149-156. <https://doi.org/10.1109/ISWC.2001.962119>
- Korbel, P., Skulimowski, P., Wasilewski, P. y Wawrzyniak, P. (2013). Mobile applications aiding the visually impaired in travelling with public transport. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems* (pp. 825-828).
- Korial, A. y Mohammed A. (2016). Novel Method using Beacon and Smart Phone for Visually Impaired/Blind People. *International Journal of Computer Applications*, 137(1), 33-39. <https://doi.org/10.5120/ijca2016908674>
- Kulyukin, V. y Aliasgar K. (2010). Accessible Shopping Systems for Blind and Visually Impaired Individuals: Design Requirements and the State of the Art. *The Open Rehabilitation Journal*,

3(1), 158-168. <https://doi.org/10.2174/1874943701003010158>

Méndez, J. y Cuervo, R. (2011). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: FC Editorial. Fundación Confemetal.

Mugenyeni, R., Nabaasa, E. y Bamutura, D. (2016). Enhanced Protocols for Non-Visual Navigation of Smartphone Applications Screen Icons. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 38(3), 119-123. <https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V38P121>

Pampattiwar, R. y Anil Chhangani. (2014). Smartphone Accessibility Application for Visually

Impaired. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2(4), 377-380.

Shenzhen Anxinke Technology LTD, CO. (2015). ESP-12E WiFi Module, versión 1.0. <http://www.kloppenborg.net/images/blog/esp8266/esp8266-esp12e-specs.pdf>

Tapu, R., Mocanu, B., Bursuc, A. y Zaharia, T. (2013). A Smartphone-Based Obstacle Detection and Classification System for Assisting Visually Impaired People. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, 444-451. <https://doi.org/10.1109/ICCVW.2013.65>

