

Elementos de la programación en el aprendizaje del cálculo vectorial en docentes en formación

Elements of programming in the learning of vector calculus in teachers in training

Rogel Rafael Rojas-Bello

Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. República Dominicana. rogel.rojas@isfodosu.edu.do

Recibido: 26/2/2022; **Aprobado:** 9/4/2022.

Resumen

En este trabajo se presenta la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje que se llevó a cabo, de manera virtual, en la asignatura Cálculo Vectorial, integrando los elementos básicos de la programación con el software Mathematica, a un grupo de 30 estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas Orientada a la Educación Secundaria, en el primer cuatrimestre del año 2021. Es una investigación mixta, que combina las rutas cuantitativa y cualitativa y, tiene como objetivo conocer las opiniones de los estudiantes sobre el uso de las TIC en el aprendizaje de la asignatura Cálculo Vectorial. En primer lugar, se aplicó un cuestionario diagnóstico para tener una idea de los conocimientos generales que

Abstract

This work presents the dynamics of the teaching-learning process that was carried out in the Vector Calculus subject in a virtual way, integrating the basic elements of programming with the Mathematica software, to a group of 30 students of the Bachelor of Mathematics Oriented to Secondary Education, in the first quarter of the year 2021. It is a mixed research, which combines quantitative and qualitative and, has as purpose to know the opinions of students on the use of ICT in learning the Calculus subject. Vector. First, a diagnostic questionnaire was applied to get an idea of the students' general knowledge about programming. Then the syntax of the software was exposed, the es-

tenían los estudiantes sobre la programación. Luego se expuso la sintaxis del software, se socializaron los elementos esenciales de la programación y las opciones gráficas. Se observó al término de todo el proceso, que los participantes en general manipulaban de manera adecuada el programa Mathematica para resolver problemas y visualizar gráficamente las situaciones. Por su parte, los estudiantes valoran positivamente la adquisición de estas competencias tecnológicas para el aprendizaje del Cálculo Vectorial; y llegaron a expresar el compromiso de usar estos recursos con sus futuros estudiantes a través de una encuesta.

Palabras claves: cálculo vectorial; programación; opiniones de los estudiantes.

essential elements of programming and the graphic options were socialized. At the end of the entire process, the participants ruled out that in general they adequately manipulated the Mathematica program to solve problems and graphically visualize the situations. On the other hand, students value positively the acquisition of these technological skills for learning Vector Calculus. In addition, through a survey, they express the commitment to use these resources with their future students.

Keywords: vector calculus; programming; student opinions.



Elementos de la programación en el aprendizaje del cálculo vectorial en docentes en formación está distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

INTRODUCCIÓN

Una programación, según Valderrama y González (2019) “involucra el conocimiento de técnicas e instrucciones de un determinado Lenguaje a través de los cuales se hace sencillo lograr que la computadora obtenga unos resultados mucho más rápidos que una persona” (p. 43). Esta es una herramienta que ayuda a plantear nuevas formas de solucionar problemas puramente académicos y también de la vida diaria.

Cuando se habla de enseñar asignaturas usando la programación, no se pretende que los estudiantes adquieran conocimientos avanzados de esta, tampoco se espera que instantáneamente sean expertos escribiendo códigos y resolviendo problemas complejos. Lo que se busca es que los estudiantes entiendan que son los humanos quienes dan las órdenes a las computadoras y que estas las ejecutan. Se pretende que las nuevas generaciones de docentes puedan participar en el mundo digital de manera segura y responsa-

ble, siendo conscientes de sus derechos, obligaciones y posibilidades. Se aspira a que puedan apropiarse de las nuevas tecnologías y utilizarlas para resolver sus propios problemas y, que a su vez tengan herramientas que les sirva para diseñar momentos pedagógicos cuando les corresponda asumir su rol de docente.

Dado el convencimiento de que es necesario que los docentes difundamos nuestras experiencias y saberes y, que propiciemos actividades para motivar a nuestros estudiantes, surgió la idea de desarrollar los temas de la asignatura Cálculo Vectorial en estudiantes de la carrera de Licenciatura en Matemáticas Orientado a la Educación Secundaria con apoyo de elementos básicos de la programación.

En el transcurso de la asignatura dirigido a los docentes en formación, se les facilitaron los elementos esenciales de la programación, los cuales pudieron utilizar luego para resolver problemas del Cálculo Vectorial. De esta manera podrían complementar su formación profesional y vincular en el aula de clases todas estas competencias tecnológicas. Además constituye una oportunidad de aprender a manejar manipuladores algebraicos y numéricos.

Se trata este de un estudio que integra componentes cuantitativos y cualitativos. En lo que se refiere a las variables cuantitativas, estas fueron medidas por medio de un cuestionario diagnóstico debidamente validado con un excelente índice de confiabilidad. Dicho ins-

trumento permite conocer las potencialidades o posibles dificultades de los participantes antes de iniciar las acciones pedagógicas. Con base a estos resultados previos y la integración de elementos de programación durante el desarrollo de la asignatura Cálculo Vectorial, este trabajo tiene como objetivo general conocer las opiniones de los estudiantes sobre el uso de las TIC en el aprendizaje de la asignatura. Es preciso destacar que las opiniones de los participantes sobre el uso de las TIC se recogen por medio de un instrumento y se presentan por medio de segmentos representativos.

Enfoques teóricos que orientan la Práctica

Actualmente las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han experimentado un vertiginoso crecimiento; aunado a ello, las Ciencias de la Computación ofrecen un marco intelectual para el llamado pensamiento computacional. Wing (2014) lo define como: “los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de un problema y la expresión de su (s) solución (es) de tal manera que una computadora, humana o máquina, pueda llevarlo a cabo de manera efectiva” (p. 1). Por su parte, Jason (2018) opina que la computación no reemplaza necesariamente la creatividad y el pensamiento crítico de las personas, sino que refuerza estas competencias ofreciendo nuevas maneras de organizar y atacar un problema, con la ayuda de la computa-

dora, o de forma más general con algún tipo de tecnología.

Según Bocanegra (2020): “el uso de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ha incursionado en el desarrollo de lenguajes de programación y su uso en diversos contextos” (p. 28). Son numerosas las organizaciones gubernamentales mundiales que han tomado en cuenta las virtudes de la programación. A propósito de esto, el Consejo Federal de Educación de la República de Argentina (2018), dictaminó que en 2020 todas las escuelas del país deberán enseñar programación tanto en nivel inicial, como primaria y secundaria. De igual manera, el Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España (2019), dentro de las competencias claves del currículo de primaria y secundaria se encuentra la competencia digital. Resalta que en la actualidad al menos 16 países europeos han integrado la programación en el currículo con diferentes orientaciones y niveles de complejidad.

En este mismo orden de ideas, en la revisión curricular de secundaria que lleva a cabo el Ministerio de Educación de la República Dominicana (2016), destaca específicamente el perfil del docente; y dentro de los recursos que este debe manejar en el aula, se recomienda que: “el docente debe planificar y realizar actividades didácticas que promueven en sus estudiantes el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como un recurso que favorece el aprendi-

zaje individual y el trabajo cooperativo” (p. 105) .

Trípoli et al. (2018) en un taller dirigido a docentes de matemáticas y física, en su propuesta de vincular conceptos matemáticos con aspectos físicos, mediados con las TIC, concluyen que los participantes pueden comprender mejor los conceptos involucrados y que este tipo de actividades permiten ejercitar o desarrollar habilidades relacionadas con modelación de una situación dada, la interpretación adecuada de gráficos, la expresión oral y escrita, diferentes maneras de expresar matemáticamente lo mismo.

En el mercado de hoy día existe un gran número lenguajes de programación como Java, Python y C++; de particular importancia por su fácil manejo y las salidas gráficas robustas, son los denominados manipuladores o softwares algebraicos. Dentro de estos se encuentra Mathematica, el cual se puede interpretar como un laboratorio matemático completo con posibilidades de edición y presentación visual que permite darle la apariencia de un escrito matemático clásico; es de fácil manejo y posee una sintaxis muy intuitiva, por lo que el usuario puede comenzar el trabajo sin necesidad de haber dedicado mucho tiempo a su aprendizaje.

Ramírez (2015), en el diseño de herramientas que fomenten el aprendizaje de la asignatura Matemáticas en estudiantes de un primer curso de matemática a nivel universitario, usando el software Mathematica, concluye que los estudian-

tes potencian el desarrollo algorítmico de los ejercicios tratados en clase, que se evidencia un cambio en la motivación y participación y, además la metodología se ve influenciada positivamente. El autor indica, sin embargo, que durante el proceso de aprendizaje es necesario la pertinente mediación del docente de los conceptos, definiciones y teoremas.

La investigación, pues, se enmarca en el modelo pedagógico constructivista, donde el proceso es dinámico y participativo. Guacho (2018) asegura que: “en el modelo pedagógico constructivista la enseñanza no es una simple transmisión de conocimientos, sino la organización de métodos de apoyo que permitan a los discentes construir su propio saber, a través de las vivencias y los conocimientos previos que van adquiriendo” (p. 19).

Metodología de la experiencia pedagógica

Diagnóstico

Se aplicó un cuestionario diagnóstico al inicio de la actividad, intentando recabar datos representativos que muestren en términos generales las opiniones y percepciones de los estudiantes sobre aspectos de la programación. Respecto a las pruebas diagnósticas Rojas-Bello (2020) considera que: “para así tomar decisiones oportunas con miras a planificar las actividades, de tal manera que estas respondan mejor a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes” (p. 127). Se usó una escala de apreciación que incorpora un gradiente de desempeño, que será

expresado en una escala numérica (por ciento), lo que implica no solo observar la presencia o ausencia de una conducta en la prueba diagnóstica, sino el grado de intensidad de esta manifestación. El cuestionario lo conforman seis preguntas, cuatro de ellas con cuatro opciones de respuestas tipo Likert y dos de corte demográfico: sexo y edad.

Para determinar la validez externa del cuestionario diagnóstico se acudió a la concordancia de 4 jueces expertos, en las dimensiones: pertinencia, coherencia y claridad, ya que de acuerdo con García (2018): “Esta técnica constituye un indicador prioritario para calcular el índice de validez de contenido, requiriendo rigurosidad estadística y metodológica para que el instrumento valorado pueda ser utilizado para la finalidad para la cual fue diseñado” (p. 348). Se aplicó el método de Hernández-Nieto (2002), recomendado por Pedrosa, Suárez-Álvarez y García-Cueto (2018) en cada una de las dimensiones resultando los índices promedios de .9877, 9765 y .9885, los cuales se consideran excelentes de acuerdo con este criterio estadístico; lo que permitió concluir que el instrumento es válido.

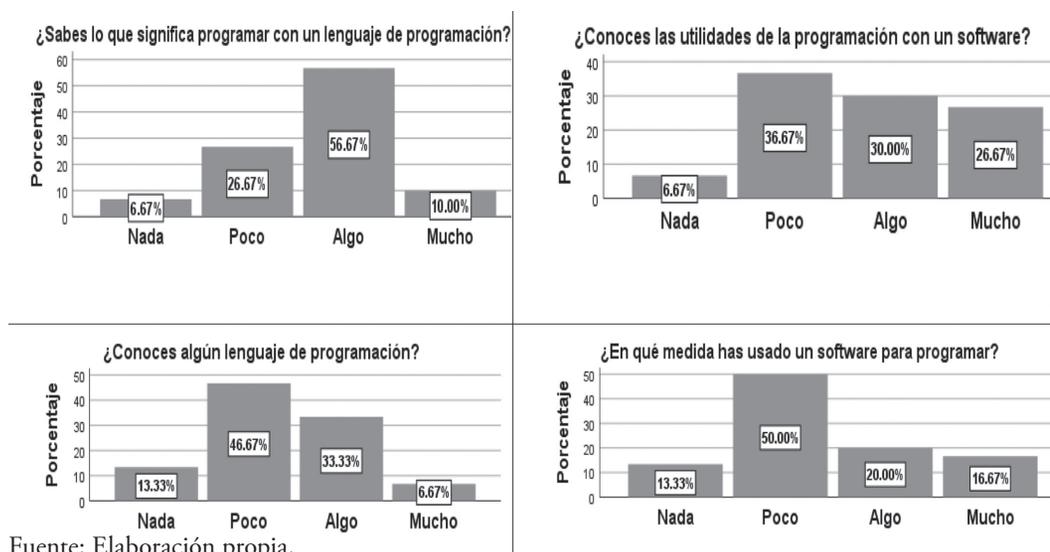
Para establecer el nivel de confiabilidad del cuestionario, que según Hernández y Mendoza (2018): “es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes en la muestra o casos” (p. 229), se aplicó el instrumento a ocho estudiantes con características similares a los participantes, usando el indicador de fiabilidad Alpha de Cronbach, por medio del software SPSS versión 17. Así se obtuvo un índice de 0.965 que es considerado excelente.

Luego de la comprobación de la validez y la confiabilidad del cuestionario diagnóstico, se procedió a aplicarlo a la muestra por conveniencia, conformada por los 30 estudiantes de la asignatura Cálculo Vectorial de la sección 01 de la Licenciatura en Matemáticas Orientada a la Educación Secundaria. Los sujetos de la muestra cursan el primer cuatrimestre del año 2021, pertenecientes al ISFODOSU. 15 de ellos son del sexo femenino y 15 del sexo masculino. En la Figura 1, se observa que el 33.34% de los estudiantes dice que sabe poco o nada de lo que significa un lenguaje de programación, el 43.34% conoce poco o nada de su utilidad; el 60% opina que conoce poco o nada sobre algún lenguaje

de programación; y el 36.67% ha usado de alguna manera algún lenguaje de programación.

En virtud de los resultados de la prueba diagnóstica y de la inclusión de competencias tecnológicas en el currículum dominicano, particularmente en el área de matemáticas, existe la necesidad de usar la programación, aprovechando la naturaleza del contenido de la asignatura Cálculo Vectorial, con el propósito de que los estudiantes se apropien de los elementos básicos de la programación como la asignación de variables, las condicionales (IF) y las sentencias repetitivas (Loop) y, estos sean usados en el aprendizaje de la asignatura.

Figura 1. Respuestas de los participantes del cuestionario diagnóstico.



PLANIFICACIÓN

Todas las actividades de este experimento con estudiantes del primer cuatrimestre de 2022, se desarrollaron de manera virtual, socializando en clases sincrónicas los temas que forman parte de los contenidos del programa de la asignatura Cálculo Vectorial. De acuerdo con el programa, esta asignatura debe ser abordada de manera multidisciplinar con miras a introducir al alumno en la naturaleza abstracta y aplicada de la Matemática a través del estudio de las funciones de varias variables y del Cálculo Vectorial. Se pretende, pues:

- Lograr una dinámica activa y participativa que prive el trabajo colaborativo entre los participantes.
- Trabajar con ejemplos concretos los conceptos del Cálculo Vectorial.
- Desarrollar y aplicar los elementos básicos de la programación en la asignatura.
- Incentivar la enseñanza de la programación y el uso de las TIC.
- Motivar a los docentes en formación a diseñar e implementar estrategias mediadas con las TIC cuando les corresponda ser los mediadores de sus futuros estudiantes.

Al término de la asignatura se realizó un cuestionario final donde los participantes expresaron sus percepciones y opinio-

nes sobre todo el proceso. El cuestionario consta de seis preguntas, cuatro de estas con respuestas dicotómicas y de filtro, y dos de corte demográfico: sexo y edad. Para determinar la validez de contenido del cuestionario final se buscó la asesoría de cuatro jueces expertos, en cada una de las dimensiones: pertinencia, coherencia y claridad, mediante la Prueba Binomial, con probabilidad promedio de .5. Se alcanzaron los niveles de .016, .016 y .016 respectivamente, menores a .05, que es el criterio de validez de esta prueba.

Implementación de la buena práctica

Las actividades realizadas durante el curso se pueden resumir en cuatro acciones:

1. Se comenzó con una primera mirada sobre las bondades gráficas y las opciones del Mathematica, presentando los comandos Plot3D, ContourPlot y ContourPlot3D, para las representaciones gráficas de funciones y campos vectoriales entre otros, además de los comandos básicos del programa Mathematica y las características de su sintaxis. En esta primera actividad experimental, los participantes se adaptaban al software.
2. Se realizaron clases sincrónicas, socializando conceptos y resultados del Cálculo vectorial, además de trabajar los ejercicios con el apoyo, si lo ameritaba, de elementos de la programación con el software Mathematica.

3. En cada clase se realizaba una actividad de cierre, con comentarios y preguntas sobre la experiencia desde la perspectiva de los estudiantes sobre el desarrollo de la estrategia.
4. Finalmente, les fue aplicado a los participantes un cuestionario sobre sus percepciones, opiniones y experiencias.

RESULTADOS

Durante el desarrollo de la asignatura se observó un alto grado de atención, participación y motivación, además de un ambiente colaborativo. Las respuestas de los ítems del cuestionario aplicado al término de la asignatura fueron en su totalidad positiva (Sí). Por lo tanto, es de interés reportar algunos segmentos de las opiniones y percepciones en el lenguaje y perspectiva del estudiante, las cuales son recogidas de las preguntas filtro: ¿Por qué? y explique, como a continuación se presentan.

Sobre la pregunta: Explique si le gusta o no usar la programación para resolver problemas del Cálculo Vectorial. La mayoría respondió: “porque nos permite ver con claridad los cálculos”, “Porque me ayuda a ver el cálculo vectorial más allá de lo que se puede calcular”, “Porque al utilizar la programación podemos afianzar los conocimientos teóricos que hemos adquirido y además, podemos visualizar gráficamente las funciones”.

Con relación a la pregunta: ¿La programación le ayuda a resolver problemas del Cálculo Vectorial?, una respuesta fue: “Porque en lo que es cálculo vectorial, nos enfrentamos con campos vectoriales y ciertas funciones que al estar en R^3 o un espacio mayor no podemos visualizar a ciencia cierta en la manera tradicional (llámese graficando en nuestros cuadernos), pero podemos apoyarnos del lenguaje de programación para lograr visualizarlas mejor, además de poder identificar los puntos críticos de una gráfica de una función y poder analizarlos”. Esto contrasta con la evaluación diagnóstica, en donde más del 43% opinaba que no sabía las utilidades de la programación.

En referencia a la pregunta: ¿La solución de problemas del Cálculo Vectorial usando la programación le resultó interesante? Una respuesta fue: “Me pareció bastante interesante, porque logré ver cosas que no había visto de las funciones y logré conocer cosas que desconocía, además nos enriquece como futuros docentes, en adición al desarrollo de las competencias y conocimientos personales y profesionales para poder enseñarles a nuestros alumnos y de esa manera puedan tener mayores oportunidades en su futuro”.

Respecto a la pregunta: ¿Le gustaría enseñar los elementos de la programación a sus futuros estudiantes? Se puede mencionar la respuesta: “Considero que si ellos conocen de programación desde los primeros grados de educación, podrían irse por alguna rama relacionada y también al enseñarle programación a mis alum-

nos estaré contribuyendo a que el espectro de conocimientos de los mismos sea más amplio”.

De acuerdo a la información suministrada por los estudiantes, luego de la introducción de elementos de la programación en el aprendizaje de la asignatura Cálculo Vectorial, se evidencia un cambio sustancial en sus opiniones y percepciones, si se comparan con las exhibidas en la prueba diagnóstica. En general, manifiestan en el cuestionario final, que saben lo que significa programar y las utilidades de la programación.

Conclusiones y recomendaciones

Este estudio de tipo descriptivo, arroja un conjunto de información valiosa sobre el interés, opiniones y percepciones que tienen los docentes en proceso de formación sobre la introducción de la programación al aprendizaje de la asignatura Cálculo Vectorial, acorde con las informaciones recabadas por medio del cuestionario diagnóstico y el de opiniones. Además de las observaciones del docente realizadas durante el desarrollo de la asignatura, se evidencia un alto grado de motivación, participación y compromiso. Otro aspecto a destacar es el trabajo colaborativo que prevaleció en el transcurso de las actividades de la asignatura.

Se observó la disposición de los participantes por aprender algo novedoso. En este sentido, se aprovechó la naturaleza de la asignatura Cálculo Vectorial, la

cual exige una cantidad de cálculos y visualizaciones gráficas, para introducir las sentencias que comúnmente están incorporadas en los lenguajes de programación y los manipuladores algebraicos como el Mathematica.

Asimismo, los estudiantes en general expresaron que la programación es muy interesante y les ayuda a resolver problemas del Cálculo Vectorial. Expresaron, además, que les gustaría usar la programación para resolver problemas en las clases de matemáticas. Con respecto al uso de la programación en la asignatura Cálculo Vectorial, la mayoría considera que es más fácil de aprender, es menos extenso resolver problemas de esta manera y, que les enseñarían a sus futuros estudiantes conceptos básicos de programación. Se evidenció, pues, el compromiso futuro hacia sus estudiantes de poner en práctica metodologías novedosas.

A los docentes responsables de la asignatura Cálculo Vectorial, se les recomienda que se apoyen en las TIC, en el proceso de la enseñanza y aprendizaje de muchos de los temas que integran dicha asignatura. También en otras asignaturas del área de matemáticas que requieran cálculos tediosos y visualizaciones de situaciones concretas, dado que se complementaría su aprendizaje con el apoyo de las TIC y los elementos de la programación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bocanegra, N. (2020). *El pensamiento computacional con las tarjetas Micro:Bit, como estrategia pedagógica para el desarrollo de habilidades en estudiantes de noveno*. [Tesis de Maestría, Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia]. <https://r.issu.edu.do/l?l=12626yzk>

Consejo Federal de Educación de la República de Argentina. (2018). *Resoluciones 343/18*. <https://www.argentina.gob.ar/consejofederaleduacion/documentos>

García, R. (2018). Diseño y construcción de un instrumento de evaluación de la competencia matemática: aplicabilidad práctica de un juicio de expertos. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 26(99), 347-372. <https://doi.org/10.1590/s0104-40362018002601263>

Guacho, E. (2018). *Modelos pedagógicos que se trabajan en el nivel inicial dos de la Escuela Rosario de Alcázar*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16155/1/UPS-QT13328.pdf>

Hernández-Nieto, R. A. (2002), *Instrumentos de Recolección de Datos en Ciencias Sociales y Ciencias Biomédicas*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. https://www.academia.edu/37886946/Instrumentos_de_recoleccion_de_datos_en_ciencias_sociales_y_ciencias_biomedicas_Rafael_Hernandez_Nieto_pdf

Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores. ISBN: 978-1-4562-6096-5

Jason, E. (2018). Pensamiento Computacional para la mejora de las capacidades en Geometría Espacial – una experiencia constructivista con Sphero. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 17(1). 787-794. <https://search.proquest.com/docview/2195126572/fulltextPDF/E4148985559E47E1PQ/1?accountid=6724>

Ministerio de Educación de la República Dominicana (MINERD). (2016). *Diseño Curricular Nivel Secundario*. https://www.academia.edu/32155951/Dise%C3%B1o_Curricular_Nivel_Secundario_Primer_Ciclo_1_ro_2_do_y_3_ro_Tronco_Com%C3%BAn

Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España. (2018). *Informe: Programación, robótica y pensamiento Computacional en el aula*. <http://code.intef.es/wp-content/uploads/2018/10/Ponencia-sobre-Pensamiento-Computacional.-Informe-Final.pdf>

Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J. & García-Cueto, E. (2014). Evidencias sobre la validez de contenido: avances teóricos y métodos para su estimación. *Acción psicológica*, 10(2), 3-18. <http://scielo.isciii.es/pdf/acp/v10n2/02monografico2.pdf>

Ramírez, C. (2015). Diseño de herra-

mientas que fomentan el aprendizaje de matemáticas con ayuda de Mathematica 10. *Revista Elementos*. 5(5). 65-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5179413>

Rojas-Bello, R. (2020). Introducción del GeoGebra en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Geometría a docentes en formación. *Revista Caribeña de Investigación Educativa (RECIE)*. 4(1). 124-134. <https://doi.org/10.32541/recie.2020.v4i1.pp124-134>

Trípoli, M., Torroba, P., Devece, E. & Aquilano, L. (2018). Taller para docentes: articulando matemática y física. *VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*. 25, 111-115. <https://drive.google.com/file/d/17AX-qEVQ-cgcf3t5M0PSF2hb2tsGnVuSR/view>

Valderrama, Y. y González, W. (2019). La Lógica Matemática desde las disciplinas científicas de Informática. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*. 6(12). 37-48. <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2019.v6.n12.a65>

Wing, J. (2014). El pensamiento computacional beneficia a la sociedad. *Problemas sociales en la informática*, New York: Academic Press. <http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/>