

INFLUENCIA POSITIVA DEL USO DE UN ASISTENTE MATEMÁTICO LIBRE EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

POSITIVE INFLUENCE OF THE USE OF A FREE MATHEMATICAL ASSISTANT IN HIGHER EDUCATION

Juan Felipe Medina Mendieta¹, Eloy Arteaga Valdés², Jorge Luis del Sol Martínez³

1 Universidad de Cienfuegos, Cuba, jfelipemm@ucf.edu.cu

2 Universidad de Cienfuegos, Cuba, earteaga@ucf.edu.cu

3 Universidad de Cienfuegos, Cuba, jlmartinez@ucf.edu.cu

RESUMEN: *El presente trabajo recoge experiencias obtenidas en el uso de un asistente matemático, Maxima, basado en software libre, en el segundo año de la carrera Ingeniería Informática en la Universidad de Cienfuegos. El estudio comprende cuatro cursos sucesivos, en los cuales los dos primeros las clases se desarrollaron sin la utilización del software y los otros dos con la utilización del mismo. Se exponen los resultados obtenidos por los estudiantes en los proyectos integradores de la asignatura Matemática IV, utilizando o no el asistente matemático. Se prueba, utilizando métodos estadísticos, que los resultados obtenidos en los proyectos integradores de curso con la utilización de Maxima son superiores a los que se obtienen sin la utilización de este, demostrando de esta forma que la utilización de software libre en la enseñanza universitaria influye positivamente en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura.*

Palabras Clave: *software libre; Maxima; Matemática IV; enseñanza; ingeniería informática*

ABSTRACT: *The present work gathers experiences obtained in the use of a mathematical assistant, Maxima, based on free software, in the second year of the Computer Engineering career at the University of Cienfuegos. The study comprises four successive courses, in which the first two were developed without using the software and the other two with the use of the same. Are exposed the results obtained by the students in the integrating projects of the subject Mathematics IV, using or not the mathematical assistant. It is proved, using statistical methods, that the results obtained in the course projects with the use of Maxima are superior to those obtained without the use of this, demonstrating in this way that the use of free software in higher education influence positively on the teaching - learning process of the subject.*

KeyWords: *free software; Maxima; Mathematics IV; teaching; Computer Engineering.*

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, se presentan como parte de nuestras sociedades modernas. Agrupan los elementos y las técnicas usadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de informática, internet y telecomunicaciones. El uso

de las TIC ha sido tan prolífero que ha pasado a formar parte de planes y estrategias de regiones y naciones [1].

El uso de estas tecnologías no se encuentra ajeno a problemas sociales de la ciencia y la tecnología (CTS). Uno de estos problemas lo constituye la democratización de la información. [2]. Debido a la importancia que presenta este hecho fue abordado

en la Declaración de Budapest: “la revolución de la información y la comunicación ofrece medios nuevos y más eficaces para intercambiar los conocimientos científicos y hacer progresar la educación y la investigación” [3]. En la Declaración de Santo Domingo se plantean tres grandes metas para la democratización de la ciencia: que los avances científicos y tecnológicos lleguen a mayor cantidad de personas, mostrando especial atención por aquella población más pobre; posibilitar y facilitar el acceso a la ciencia y realizar el control social de la ciencia y la tecnología a partir de opciones morales y políticas colectivas y explícitas. [4].

El desarrollo gradual de las TIC, específicamente en la sociedad cubana, ha provocado profundas transformaciones. Una de ellas se ha llevado a cabo en los medios de enseñanza en los diferentes niveles. Esto ha implicado cambios importantes en los roles tradicionales del profesor y el estudiante [5]. Dadas estas nuevas condiciones la educación superior ha tenido la necesidad de una nueva concepción curricular.

Esta nueva concepción de la educación superior cubana plantea la disminución de la actividad presencial y el incremento del auto aprendizaje de los estudiantes [6], a partir de la introducción de nuevos medios en el proceso de formación como las TIC.

La carrera Ingeniería Informática materializa en el nuevo Plan de Estudios D de julio de 2007 estas tendencias: “Incrementar el estudio independiente, asistido por las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)” [7].

En este contexto el estudiante universitario, y específicamente, el estudiante de la carrera ingeniería informática, adaptado a las condiciones actuales debe, como parte de su formación, vincularse con diferentes software que contribuyan tanto al desarrollo de sus habilidades, como a la formación de una cultura informática que le permita valorar el funcionamiento de los sistemas y adquirir experiencia. Cobra gran importancia, en particular, la utilización de software que permitan reutilizar el código y modificarlo.

En este trabajo se exponen los resultados de una investigación realizada por los autores acerca de la utilización del software libre *Maxima* en el proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura Matemática IV, en la carrera de Ingeniería Informática, específicamente en los Proyectos Integradores.

1.1. Fundamentación teórica

Existen varios software que pueden ser utilizados, y son utilizados, en las asignaturas de la disciplina Matemática Básica de la carrera ingeniería informática, conocidos como asistentes matemáticos. Estos pueden ser clasificados en software libre o privativo atendiendo al tipo de licencia que tengan y en simbólicos o numéricos de acuerdo al tipo de procesamiento que lleven a cabo [8]. Investigaciones reali-

zadas por Galván en el año 2005 [9] y Pardini en el año 2007 [10] apoyan la idea de utilizar software libre en la docencia, debido a sus ventajas técnicas, morales y pedagógicas por sobre sus contrapartes privativas.

Existe en la actualidad un dominio hegemónico de grandes compañías productoras de software matemático tales como: Microsoft Corporation, International Business Machines (IBM), Texas Instruments (TI), Wolfram Research, MathWorks, Maplesoft. Estas compañías realizan software matemático privativos de alta calidad. Sin embargo, existen otros tantos software, de alta calidad también, que quizás, no tienen tanta publicidad, con un nuevo paradigma, software libre. Se destacan entre otros a: Maxima [11], Macaulay2 [12], Singular [13], Axiom [14], Yacas [15], GNU Octave [16], Euler [17], R Project [18].

El *Software libre* es aquel que permita ejecutar el programa con cualquier propósito, acceder al código fuente para estudiar su funcionamiento y adaptarlo a las necesidades de cada uno, redistribuir copias, mejorar el programa y luego publicarlo para el bien de toda la comunidad [19].

El modelo de software libre trae ventajas, entre las que sobresalen: permite tener control total sobre el software, estudiarlo, modificarlo, mejorarlo y fundamentalmente compartirlo. Esto último posibilita integrar y potenciar valores éticos que son importantes en la formación de los estudiantes universitarios [9].

En 2005, Cuba inicia su emigración a software libre y plataformas de código abierto en general. Desde entonces queda orientado que esta emigración fuera un proceso continuo y organizado [20]. Una de las estrategias trazadas en esta dirección, en la universidad de Cienfuegos, consiste en la implementación, capacitación y uso, por parte de los estudiantes, de software con licencia libre.

Uno de los software libre que se escogió e implementó en la carrera es el *Maxima*. El software *Maxima* es un sistema de álgebra computacional, está especializado en operaciones simbólicas pero también ofrece otras capacidades tales como cálculo numérico de integrales o racionalización, únicamente limitados por el tamaño de memoria del ordenador. Actualmente se encuentra desarrollado en lenguaje LISP y funciona bajo todo tipo de plataformas como puedan ser MAC OS X, Unix, BSD, GNU/LINUX, Microsoft Windows y Android.

Maxima dispone de múltiples interfaces gráficas de usuario, siendo la versión WxMaxima una de las más populares. Esta interface proporciona menús y diálogos para muchos de los comandos de máxima, ayudas de autocompletar, incrustar dibujos en el área de escritura y reproducir animaciones.

Desde el punto de vista de su utilización en la docencia el programa presenta ciertas características destacables, en primer lugar el programa es gratui-

to, que es uno de los puntos principales para ser considerado en este trabajo, en segundo lugar, el programa está disponible en varios idiomas, entre ellos el español, lo cual hace que sea una herramienta cómoda de usar, adicionalmente toda la documentación que viene con el programa se encuentra en español lo que proporciona una gran ayuda a los alumnos en caso de tener alguna duda con alguna de las operaciones que quieran realizar. De forma paralela existe una gran cantidad de documentación en español en la propia página web del programa que incluyen tutoriales para empezar a utilizar el programa desde la base hasta manuales para su uso en estudios superiores o profesionales. Además existen también diversos videos tutoriales para ilustrar como utilizar el programa en diversos problemas.

El programa dispone de comandos para realizar operaciones elevadas que pueden ser de utilidad en estudios universitarios y de formación profesional superior.[21]

Debido a las ventajas que propone el paradigma de software libre, este artículo defiende la idea de que la utilización de herramientas matemáticas basadas en este paradigma, para la carrera de ingeniería informática, repercute de forma positiva en los resultados del proceso de enseñanza – aprendizaje. Para lo que se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo repercute la utilización de software libre en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes de la carrera ingeniería informática?

2. CONTENIDO

2.1. Metodología

Esta investigación se realiza en la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

Se realiza un diseño basado en tres etapas. En una primera etapa se diseña la investigación y se estudia la bibliografía referente al tema tratado. Para el estudio de la bibliografía se utiliza, además de la búsqueda tradicional de literatura digital actualizada, la entrevista a personal especializado en software libre como otra fuente de información y se tienen en consideración experiencias anteriores en la utilización de este paradigma. Se utiliza particularmente la disciplina de Matemática Básica para la implementación de herramientas basadas en el paradigma de software libre. Se estudian software existentes con licencia libre, que cumplan los requisitos adecuados, para suplantar sus contrapartes privados utilizados.

En la segunda etapa, que abarca el curso 2012-2013, se implementa la utilización del asistente matemático *Maxima* [22], en la carrera ingeniería informática, sustituyendo la herramienta utilizada históricamente hasta ese momento, *Derive*. Se rea-

liza el tránsito, pero sigue a disposición de los alumnos el asistente matemático *Derive* y todo el trabajo realizado en el mismo, durante años, en la disciplina Matemática General, lo cual permite, a alumnado, la posibilidad de establecer una comparación entre ambos sistemas y paradigmas. Con el fin de garantizar la competitividad con la herramienta *Derive* se implementan instrucciones que complementan las existentes en *Derive* y nuevas que complementan los contenidos de la disciplina. La abundante documentación y el acceso al código fuente facilitaron el desarrollo de esta tarea.

En esta etapa, además de utilizar el sistema, se brinda una formación encaminada a fomentar en los estudiantes una cultura basada en las ventajas que supone la utilización de software bajo libre licencia en esferas sociales.

Esta segunda etapa se extendió al curso 2013-2014, aunque en la actualidad se mantiene perfeccionando el uso de *Maxima* en este centro.

La tercera etapa consiste en la valoración del uso, por parte de los alumnos, de herramientas basadas en software libre. Para ello se escoge como población a estudiar los estudiantes de la carrera de ingeniería informática y en específico los que cursan el segundo año de la misma. Se seleccionan 4 cursos (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014) para garantizar un tamaño de muestra adecuado de forma que existieran cursos con uso de herramientas privativas solamente y cursos con uso de herramientas libres. En los cursos 2010-2011 y 2011-2012 se utilizó la herramienta *Derive* (no se utilizó asistente matemático libre) y en 2012-2013 y 2013-2014 se utilizó *Maxima*. La muestra no es tomada aleatoriamente puesto que la conforman los estudiantes de cada uno de los cursos que se seleccionaron. El tamaño de la muestra es de 124 alumnos de los cuales 56 (45.16%) corresponden a los cursos 2010-2011 y 2011-2012 y 68 (54.84%) a los cursos 2012-2013 y 2013-2014. Se utiliza como variable de inferencia de la influencia del uso del software libre en esta población los resultados obtenidos por los alumnos en los proyectos finales de curso. La signatura Matemática IV de la carrera Ingeniería Informática comprende el estudio de la Matemática Numérica lo que acerca al estudiante a su especialidad. Es de vital importancia, en esta asignatura, el uso de asistentes matemáticos, así como el estudio de algoritmos e implementación de los mismos. En el programa analítico de esta asignatura, en la Universidad de Cienfuegos, se incluye un proyecto integrador de curso donde los estudiantes programan en el lenguaje de programación aprendido los métodos y algoritmos estudiados. La nota de este curso se basa en una serie de parámetros donde destacan: métodos implementados, complejidad en la implementación de dichos métodos, heurísticas propuestas en los mismos, paradigma de programación utilizado, interface realiza-

da, validación de datos y resultados, entre otros. Se utiliza un paradigma cualitativo ordinal en la nota de este proyecto desglosado en: mal, regular, bien y muy bien. En la muestra seleccionada se tienen las siguientes cantidades por notas 18 (14.52%) – mal, 37 (29.84%) – regular, 24 (19.35%) – bien y 45 (36.29%) – muy bien. Por tanto, las variables utilizadas en la investigación se definen de la siguiente forma:

x: Estudio de la asignatura Matemática IV, por parte de un estudiante de segundo año de ingeniería informática, utilizando el asistente matemático libre *Maxima*. (Toma valores binarios de si o no, 0 o 1).

y: Evaluación final, que obtiene un estudiante de segundo año de ingeniería informática, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV. (Toma valores ordinales de: mal, regular, bien y muy bien)

Se utilizan pruebas no paramétricas con el fin de probar que existe una relación entre la variable “x” (explicativa o independiente) y “y” (a explicar o dependiente) de manera que se verifique que el estudio de la asignatura Matemática IV utilizando el asistente matemático *Maxima*, basado en software libre, influye de forma positiva en el proceso de enseñanza - aprendizaje de esta especialidad.

Se utiliza inicialmente un análisis de tablas $r \times c$ para realizar la prueba Chi-cuadrado de Pearson y la prueba de razón de verosimilitud Chi-cuadrado, con el fin de determinar la dependencia que existe entre la variable “y” con “x”. El planteamiento de la hipótesis es el siguiente:

H₀: La utilización, por parte de los estudiantes, del asistente matemático *Maxima*, basado en software libre, y los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV son independientes.

H₁: La utilización, por parte de los estudiantes, del asistente matemático *Maxima*, basado en software libre, y los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV no son independientes.

Se utiliza un nivel de significación de 0.05 en esta prueba y se desea probar el cumplimiento de la región crítica.

En una segunda prueba se utiliza la prueba H o Kruskal-Wallis con el fin de demostrar que la variable “x” influye estadísticamente sobre la variable “y”. El planteamiento de la hipótesis es el siguiente:

H₀: La muestra tomada de los resultados obtenidos, por parte de los estudiantes, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV provienen de iguales poblaciones utilizando, o no, software libre.

H₁: La muestra tomada de los resultados obtenidos, por parte de los estudiantes, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV no provienen de iguales poblaciones utilizando, o no, software libre.

Se utiliza un nivel de significación de 0.05 en esta prueba y se desea probar el cumplimiento de la región crítica para concluir que la utilización de *Maxima* como software libre influye en la nota del proyecto integrador.

Por último, una vez probada la dependencia estadística de “y” con “x” y la influencia de “x” sobre “y” se utiliza un análisis de los histogramas de los resultados antes de utilizar *Maxima* y luego de su utilización para probar el aumento en las notas de los proyectos una vez conocido el paradigma de software libre.

2.2. Resultados y discusión

La Tabla I muestra la cantidad de estudiantes con resultados obtenidos en cada una de las categorías de la variable “y” con la variable “x”.

Tabla I. Cantidad de estudiantes evaluados en cada categoría “y” por cada categoría de “x” (elaboración propia).

Cantidad de estudiantes		x	
		no utilización	utilización
y	mal	11	7
	regular	20	17
	bien	13	11
	muy bien	12	33

La Tabla II muestra el cumplimiento de la región crítica ($0.018 < 0.05$) en las pruebas: Chi-cuadrado de Pearson y razón de verosimilitud Chi-cuadrado de un análisis de tablas $r \times c$ rechazando la hipótesis nula y concluyendo con un 95% de confianza, que existe dependencia estadística entre los resultados obtenidos, por parte de los estudiantes, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV con la previa utilización del software libre *Maxima* como asistente matemático básico en la asignatura.

Tabla II. Prueba Chi-cuadrado de Pearson y razón de verosimilitud Chi-cuadrado (tomado de SPSS).

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	10,031 ^a	3	,018
Razón de verosimilitudes	10,334	3	,016
Asociación lineal por lineal	8,169	1	,004
N de casos válidos	124		

a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 8,13.

Los resultados obtenidos en la Tabla III muestra el cumplimiento de la región crítica ($0.004 < 0.05$) en la prueba H rechazando la hipótesis nula y concluyendo con un 95% de confianza que la utilización de la herramienta *Maxima*, basada en software libre, tiene influencia estadística sobre los resultados obtenidos.

dos, por parte de los estudiantes, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV.

Tabla III. Prueba H (tomado de SPSS).

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Evaluación de proyectos
Chi-cuadrado	8,453
gl	1
Sig. asintót.	,004

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Utilización de software libre

Por último, una vez demostrado la dependencia estadística entre las variables “y” y “x” se muestra en la, Figura 1, los histogramas de los resultados obtenidos en los proyectos integradores, sin y con la utilización de software *Maxima*. Se observa una pequeña disminución y notable aumento de estudiantes con nota de mal y muy bien respectivamente en el proyecto integrador una vez que han utilizado el software libre *Maxima*.

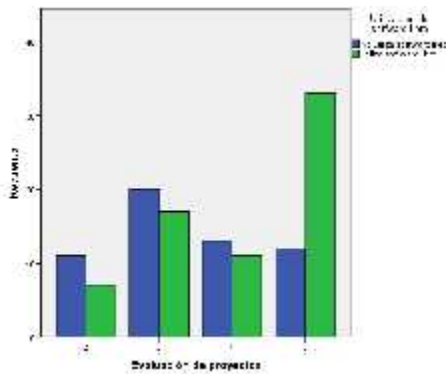


Figura 1. Histograma Evaluación de proyecto integrador – Utilización de software libre (tomado de SPSS).

3. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación realizada muestran que la utilización de herramientas matemáticas basadas en software libre en la carrera de ingeniería informática influye positivamente en el proceso de enseñanza – aprendizaje de esta especialidad, elevando, no sólo, su motivación por el estudio de esta asignatura, sino también, una notable mejora en la calidad de las evaluaciones del aprendizaje.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la implementación de software libre para lograr su efectividad en el proceso de enseñanza – aprendizaje es la capacitación de los estudiantes en lo que respecta a la utilización de estos software.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **R. Polo:** "Las nuevas tecnologías y el concepto

de progreso", *Rev. Juríd. Univ. Autónoma Madr.*, n.º 5, 2016.

- J. C. Tedesco:** "Educación y sociedad del conocimiento y de la información", *Rev. Colomb. Educ.*, n.º 36-37, 2017.
- D. de Budapest:** Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico, en *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*, 1999.
- D. de Santo Domingo:** La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción, *St. Domingo Repúb. Dominic.*, vol. 10, 1999.
- Y. V. Linares y Y. S. Escalona:** "Impacto del uso del asistente matemático Wx-Maxima en el aprendizaje de la Matemática I y II en estudiantes de informática", *Universidad&Ciencia*, vol. 4, n.º 2, pp. 111–122, 2015.
- C. R. Menéndez; P. B. Díaz, Y. S. Sánchez, y Y. P. Linares:** "La enseñanza de estrategias de aprendizaje, una perspectiva pedagógica para las transformaciones en la Educación Superior en Cuba", *Pedagog. Univ.*, vol. 19, n.º 2, 2014.
- MES, Plan de estudio D: Ingeniería Informática Presencial. 2007. 2007.
- J. F. Medina Mendieta:** "Asistentes matemáticos y Software libre", 2008.
- J. R. Rodríguez Galván:** "Matemáticas y Software libre para la docencia en la Universidad de Cádiz", 2005.
- A. Pardini:** "Fundamentación del uso de software libre en la universidad pública. Enseñando matemática con herramientas alternativas", en *I Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 18 y 19 de octubre de 2007 La Plata, Argentina*, 2007.
- J. R. Rodríguez Galván:** "Maxima con wxMaxima: software libre en el aula de matemáticas", 2017.
- M. Brandt:** Computing Free Resolutions in Macaulay2, 2015.
- E. M. Stein:** "Singular integrals and differentiability properties of functions" (*PMS-30*), vol. 30. Princeton university press, 2016.
- Axiom book, 2008. [En línea]. Disponible en: <http://page.axiom-developer.org/zope/Plone/refs/books/axiom-book2.pdf>.
- Yacas. [En línea]. Disponible en: <http://yacas.sourceforge.net>.
- J. W. Eaton:** *GNU Octave. A high-level interactive language for numerical computations*. 2008.
- Euler. [En línea]. Disponible en:

<http://euler.sourceforge.net/index.html>.

18. **R. C. Team:** "The R project for statistical computing, *Available Www R-Proj*". *Org Accessed Oct.*, vol. 31, p. 2014, 2014.
19. **R. Stallman:** *Software libre para una sociedad libre*. Madrid: Traficantes de Sueños, 2004., 2004.
20. **Y. Pérez-Villazón; A. García-Vitier; J. García-Gonzalez; A. Viera-Hernández; Y. Hernández-Blanco y E. A. Cuesta-Llaneso:** "El proceso de migración a aplicaciones de código abierto en Cuba desde un enfoque metodológico", *Rev. Cuba. Cienc. Informáticas*, vol. 7, n.º 4, pp. 31–41, 2013.
21. **C. J. Ruiz Sánchez y others:** "El programa WxMaxima comparado con otros programas de cálculo matemático orientados a la docencia", 2014.
22. Maxima, a Computer Algebra System. [En línea]. Disponible en: <http://maxima.sourceforge.net/>.

5. SÍNTESIS CURRICULARES DE LOS AUTORES

Juan Felipe Medina Mendieta actualmente se desempeña como profesor del Departamento Matemáticas de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. Nacido en Cienfuegos, Cuba el 21 de julio de 1984. En el año 2008 alcanza título de oro en la carrera de Ingeniería Informática cursada en esta universidad. En el año 2010, en este mismo centro, alcanza el título de Master en Nuevas Tecnologías para la Educación. Ostenta una categoría docente de profesor auxiliar. Es afiliado de la sociedad de Matemática y computación de Cuba y de la sociedad de Informáticos de Cuba. Mantiene dos líneas de investigación: Modelación matemática y optimización de procesos de corte de materiales y empaquetamiento e Implementación y utilización de nuevas tecnologías, basadas en software libre, en la educación superior. Ha participado como ponente en eventos internacionales tales como: IX Conferencia Internacional PARAOPT en 2007, Conferencia Internacional en Investigación de Operaciones en 2010, XIV Conferencia Internacional de Ciencias de la Educación en 2017, XIX Evento Internacional Matecompu en 2017 y XV Congreso Internacional COMPUMAT en 2017. Ha alcanzado premios tales como relevante en el XVI Forum de Ciencia y Técnica en el evento provincial en 2009. Ha publicado varios artículos en revistas indexadas en Scielo.