



Software tools for teaching numerical series at the university level

Verónica Barán, Adriana Frausin and
María De Los Milagros Gutiérrez

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

October 6, 2019

Herramientas de software para la enseñanza de series numéricas en el nivel universitario

Verónica Barán

Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional
Santa Fe, Argentina
vbaran@frsf.utn.edu.ar

Adriana Frausin

Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional
Santa Fe, Argentina
afrausin@frsf.utn.edu.ar

Ma. de los Milagros Gutiérrez

CIDISI – Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional
Santa Fe, Argentina
mmgutier@frsf.utn.edu.ar

Abstract — La asignatura Análisis Matemático I forma parte del plan de estudios de todas las carreras de Ingeniería que se ofrecen en la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN–FRSF). Entre sus contenidos mínimos se incluye el tema de las series numéricas y su convergencia, conceptos estos que, según se ha podido detectar, resultan difíciles de comprender para los alumnos. Este trabajo describe una experiencia didáctica mediada por tecnologías. Los resultados obtenidos permiten concluir que las herramientas de software utilizadas no sólo contribuyeron a mejorar el aprendizaje del tema, sino que también favorecieron el desarrollo de competencias matemáticas y habilidades del pensamiento de orden superior en los estudiantes universitarios.

Keywords — educación superior, series numéricas, convergencia, comprensión, TIC, competencias matemáticas

I. INTRODUCCIÓN

Para un ingeniero, la Matemática sirve para diversos propósitos: como herramienta de cálculo en la resolución de problemas de ingeniería; para lograr el desarrollo del pensamiento lógico, algorítmico y heurístico; y como lenguaje universal que contribuye al conocimiento y desarrollo de otras disciplinas propias de su perfil profesional. De esta manera, la Matemática es una herramienta de trabajo y también una disciplina fundamental en la formación de un profesional en Ingeniería. Por ello, se debe lograr que su enseñanza sea eficiente, para que el estudiante adquiera los aprendizajes que lo conduzcan a un mejor desenvolvimiento académico y profesional [1].

Una de las funciones que tiene el sistema educativo es formar a las nuevas generaciones en la cultura en la que están inmersas, y nuestra sociedad actual está atravesada en todos los ámbitos por las TIC, es decir, las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación [2]. En la actualidad, el acceso a la información y la comunicación puede catalogarse de ilimitado e inmediato [3]. Y los estudiantes que ingresan hoy a la Universidad emergen de un mundo donde predominan la velocidad, la fragmentación, las imágenes, los juegos y la lógica hipertextual no lineal, en sustitución de la lógica secuencial tradicional y la cultura del libro o del texto [4]. Como resultado, los métodos clásicos de enseñanza-aprendizaje están siendo cada vez menos efectivos para concitar y retener la atención de los estudiantes y para despertar su interés y motivarlos a aprender.

La asignatura Análisis Matemático I, que se dicta en el primer año de todas las especialidades de Ingeniería que forman parte de la oferta académica de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN–FRSF), incluye entre sus contenidos mínimos el tema de series numéricas y su convergencia, el cual tiene una gran cantidad de aplicaciones, entre las que se pueden destacar las

aproximaciones numéricas, los desarrollos trigonométricos y en series de potencias, la resolución de ecuaciones diferenciales y de integrales que no tienen solución analítica. En la práctica, este concepto, por ejemplo, es utilizado por calculadoras y computadoras para aproximar valores de funciones trigonométricas, exponenciales o logarítmicas, entre otras [5].

Se ha podido detectar la gran dificultad que representa para los estudiantes el alcanzar a comprender los conceptos que involucran las series numéricas y su convergencia. Desde el punto de vista docente, este hecho plantea la necesidad de reconstruir situaciones didácticas para el tratamiento de este tema particular, atendiendo a las nuevas demandas y modos de aprender de las jóvenes generaciones.

Es importante señalar que, en los últimos años, se han realizado numerosos trabajos de investigación tendientes a facilitar el aprendizaje de las series numéricas y su convergencia, aunque, extrañamente, son pocos los que involucran el uso de las nuevas tecnologías en el aula universitaria o, más concretamente, el empleo de alguna herramienta específica de cálculo simbólico.

En este trabajo se propone analizar el estado del arte de herramientas de software para el aprendizaje de series numéricas en el contexto de la educación superior, proporcionando alternativas factibles de ser incorporadas en la dinámica de las clases, con el propósito de favorecer una mejora en la comprensión de los contenidos y el desarrollo de competencias matemáticas en el estudiante universitario. Se presenta una experiencia didáctica, realizada en tres comisiones de distintas carreras de Ingeniería, que involucró a 45 alumnos del primer año, aproximadamente.

II. MARCO TEÓRICO

A. Las TIC's y la educación superior

Los avances tecnológicos han generado nuevos paradigmas que impactan en las formas de producir, de aprender, de comunicar, de relacionarse, de promover. Frente a estos cambios, la educación superior tiene un doble desafío: por un lado, incorporar las nuevas tecnologías a sus actividades con el propósito de renovarse e insertarse en la sociedad actual, y por el otro, generar estrategias educativas para que los profesionales que se formen dentro de las universidades desarrollen las capacidades necesarias para un mejor aprovechamiento de los nuevos recursos y herramientas. En cualquier caso, es indispensable crear situaciones de aprendizaje que presenten escenarios favorables para generar secuencias didácticas con aportes significativos, para las cátedras, los docentes y los estudiantes [6].

Si bien las TIC están presentes en la mayoría de los ámbitos y actividades de nuestras sociedades, no se han instalado en la educación formal con la misma naturalidad que se observa en otros espacios [2]. Los resultados de las investigaciones indican que la introducción de las TIC en las actividades del aula no es en sí misma un factor transformador e innovador de las prácticas pedagógicas, mucho menos garantiza la resolución de los problemas educativos imperantes [7]. No obstante, en la actualidad se puede disponer de múltiples herramientas informáticas y aplicaciones TIC con características específicas, que constituyen una oportunidad para transformar la docencia y optimizar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes a través de una comprensión significativa de los contenidos de la enseñanza [8]. Estos recursos tecnológicos son susceptibles de generar, cuando se explotan adecuadamente, dinámicas de innovación y mejora imposibles o muy difíciles de conseguir en su ausencia [7].

Además, las TIC pueden favorecer la personalización de la enseñanza, permitiendo adaptarla a las características particulares del alumno de manera que éste pueda individualizar la experiencia de aprendizaje de acuerdo con sus necesidades, adaptándose al ritmo de aprendizaje del estudiante y no a la inversa [9]. Para ello, es necesario estudiar y analizar el potencial educativo de las TIC (así como sus limitaciones), y pensar en las transformaciones que deben realizarse en las prácticas pedagógicas para lograr la adecuación. Esto implica diseñar situaciones de aprendizaje que puedan resolverse utilizando software específico y no sin él. También implica diseñar materiales de estudio digitales para los alumnos, en los cuales los recursos multimedia y la interactividad representen un verdadero valor agregado a los materiales tradicionales [2].

B. Competencias matemáticas, aprendizaje significativo y desarrollo de habilidades del pensamiento

La noción de competencia está directamente vinculada con un componente práctico: aplicar lo que se sabe para desempeñarse en una situación [10]. Las competencias constituyen una combinación de recursos (básicos, genéricos o transversales, específicos) que incluyen conocimientos, habilidades, actitudes, capacidades, valores, etc., los cuales favorecen la autorreflexión y la comprensión de lo que se está haciendo. No se trata de mostrar múltiples títulos de cursos que acrediten conocimientos solamente, sino de demostrar lo que con ese conocimiento se puede hacer frente a una actividad concreta, así como los elementos disposicionales-valorativos en que se sustenta [11].

Para el caso particular de la Matemática, ser competente está relacionado con ser capaz de realizar tareas matemáticas, esto es, utilizar el saber matemático para plantear y resolver problemas, transferirlo y adaptarlo a situaciones nuevas, establecer relaciones y generalizaciones, o aprender nuevos conceptos matemáticos [10]. Con el uso de tecnologías en la enseñanza de la Matemática, se pretende que el alumno tome conciencia del proceso utilizado para trabajar y adopte estrategias de aprendizaje que, partiendo de lo que es capaz de hacer, le permitan avanzar gradualmente hacia habilidades del pensamiento de orden superior. Adicionalmente, con la ayuda del software matemático, se busca que el estudiante reflexione acerca de la factibilidad de sus ideas, favoreciendo así un aprendizaje más comprensivo que memorístico, lo que no

implica dejar de lado la memoria sino hacer un uso adecuado de ella [1]. En este punto, es importante definir la comprensión como la capacidad de pensar y actuar flexiblemente con los conocimientos, o también, como capacidad de desempeño que va más allá de recordar lo enseñado y de repetir rutinas [12].

A diferencia de la enseñanza tradicional, basada en la palabra hablada y escrita, la integración de las TIC en propuestas educativas a nivel universitario permite el aprendizaje por medio de todos los sentidos [13]. Entre las múltiples alternativas que ofrece el software matemático para el logro de aprendizajes significativos se pueden mencionar: contribuye en la exploración e inferencia de fenómenos; permite formular, comparar, verificar y refutar hipótesis; favorece los procesos inductivos y la visualización de conceptos; apoya la argumentación, la justificación y la extracción de conclusiones; posibilita experimentar y contar con un laboratorio de cálculo. Así, el estudiante y la Tecnología actúan como socios, pues aquél planifica, descubre, interpreta, decide, y el software calcula, grafica, almacena, automatiza, es decir, efectúa las tareas más tediosas y rutinarias [1].

III. METODOLOGÍA

Como primer paso en el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo, se procedió a realizar una intensa búsqueda en la web de herramientas de software que permitieran estudiar la convergencia de distintas series numéricas, teniendo como premisa que las mismas fuesen gratuitas para que pudieran ser utilizadas libremente por todos los miembros de las comunidades educativas de nuestras universidades públicas. La siguiente instancia consistió en el armado de una guía práctica para trabajar en clase con los alumnos, tomando como base el material didáctico sobre el tema Series Numéricas elaborado por docentes de la cátedra de Análisis Matemático I de la UTN-FRSF [14], y algunos ejercicios adicionales extraídos de diversas fuentes (libros de Cálculo I, páginas de Internet, etc.). También se confeccionaron encuestas de opinión sobre las herramientas utilizadas. Ambos recursos estaban disponibles para los estudiantes a través del campus virtual de la UTN-FRSF, el cual es accesible por docentes y alumnos de la Facultad desde una variedad de dispositivos electrónicos, tales como notebooks, netbooks, tablets o smartphones, entre otros. Finalmente, se procesaron las encuestas, se analizaron los resultados y se obtuvieron conclusiones.

A. Selección de las herramientas

En la búsqueda de herramientas de software para la enseñanza y experimentación con series numéricas, se arribó al encuentro de sólo dos servicios en línea: Wolfram Alpha y Symbolab. La escasez de recursos tecnológicos disponibles para analizar la convergencia de diversas series numéricas determinó que no fuera necesario definir criterios de selección para las herramientas encontradas; en su lugar, ambas fueron sometidas a la evaluación por parte de los alumnos que participaron de la experiencia didáctica.

Wolfram Alpha¹ es una herramienta online gratuita desarrollada por la compañía Wolfram Research y lanzada al mercado en el año 2009. Se define como un motor computacional de conocimiento (computational knowledge engine) que procesa preguntas en lenguaje natural (inglés) sobre casi cualquier tema o disciplina, y genera las respuestas

¹ <https://www.wolframalpha.com/examples/mathematics/>

extrayéndolas de una base de datos estructurada. Su punto fuerte es el extensísimo motor de cálculo, basado en el potente programa Mathematica creado por la misma compañía, que incorpora el procesamiento de álgebra, cálculo numérico y simbólico, visualizaciones y capacidades estadísticas, por lo cual no sólo ofrece respuestas sino que además analiza datos, gráficos e imágenes [15].

La figura 1 muestra la interfaz de usuario correspondiente al widget proporcionado por Wolfram Alpha para resolver series numéricas. En el panel principal se identifican tres campos (rellenados con valores por defecto) para ingresar el término general de la serie y los límites inferior y superior de la sumatoria, respectivamente, junto con el botón que permite ejecutar los cálculos. Además, a la derecha de dicho panel, se encuentran disponibles algunas herramientas para personalizar la apariencia de la interfaz de usuario.

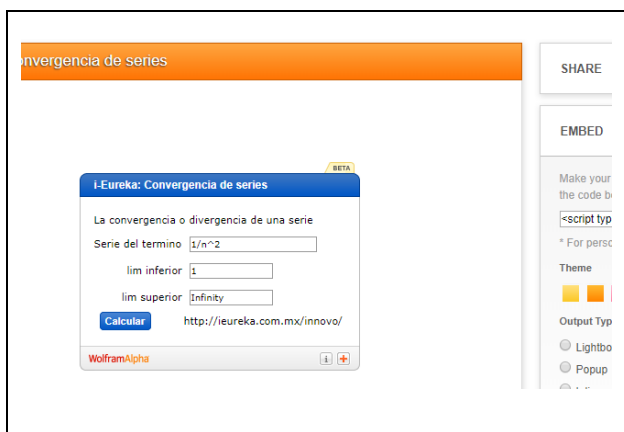


Fig. 1. Interfaz de usuario del widget de Wolfram Alpha para resolver series numéricas.

Symbolab² es una herramienta online gratuita desarrollada por la compañía EqsQuest Ltd. y lanzada al mercado en el año 2011. Funciona como un buscador semántico de fórmulas matemáticas, es decir, entiende el significado de los símbolos introducidos en la consulta, para lo cual dispone de un editor de fórmulas WYSIWYG (“lo que ves es lo que obtienes”), e indexa el texto completo y las ecuaciones ingresadas de enciclopedias, diccionarios en línea, publicaciones académicas, conferencias, libros y otras fuentes que, en la actualidad, cubren áreas de Matemática, Física y Química. Se caracteriza por dar no sólo la solución a la consulta, sino también porque indica todo el procedimiento que se siguió para llegar al resultado, el cual se obtiene mediante el empleo de un motor de búsqueda que utiliza algoritmos de aprendizaje automático. Todas las cuentas que se efectúen en la calculadora Symbolab se pueden pasar a formato PDF desde el propio entorno. También es posible hacer anotaciones en un cuaderno al que se accede por suscripción y que almacena los documentos en la nube.

La figura 2 muestra la interfaz de usuario correspondiente a la calculadora de series numéricas proporcionada por Symbolab. En el panel central se puede observar un editor de fórmulas, un campo para introducir el término general de la serie, junto con el botón de ejecución, y algunos ejemplos de series, tanto numéricas como de potencias. A la izquierda del panel central, se visualiza un área de listas desplegables para acceder a todas las operaciones del Cálculo que ofrece la herramienta (límites, derivadas e integrales y sus aplicaciones,

ecuaciones diferenciales ordinarias, transformada de Laplace, etc.), mientras que, desde la derecha de la pantalla, se puede acceder a una calculadora gráfica y al blog de Symbolab relacionado con series numéricas.

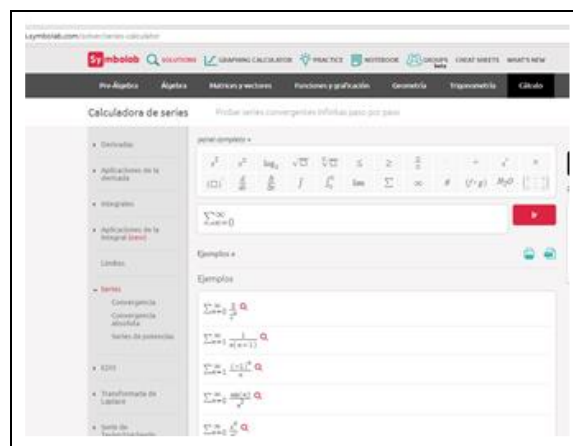


Fig. 2. Interfaz de usuario de la calculadora de series numéricas de Symbolab.

Cabe aclarar que las versiones gratuitas de las herramientas fueron las utilizadas en la experiencia con los alumnos. Ambos buscadores presentan versiones pagas más sofisticadas, con mayor cantidad de funcionalidades.

B. Descripción de la experiencia didáctica

La experiencia áulica llevada a cabo con Wolfram Alpha y Symbolab tuvo lugar durante los meses de octubre y noviembre de 2018, e involucró a alumnos del primer año de tres especialidades de Ingeniería de las cinco que se ofrecen como carreras de grado en la UTN-FRSF: Civil, Eléctrica e Industrial. Participaron de dicha experiencia, en cantidades aproximadas: 10 estudiantes de Ingeniería Eléctrica, sobre un total de 35; 15 de Ingeniería Industrial, sobre un total de 45; y 20 de Ingeniería Civil, sobre un total de 50. Se asignó, de forma aleatoria, la herramienta Wolfram Alpha a la comisión de Ingeniería Eléctrica y Symbolab a Ingeniería Industrial. En el caso de Ingeniería Civil, como era la comisión más numerosa, y buscando mantener un cierto equilibrio en cuanto a la cantidad de alumnos que trabajara con cada software, se dividió en dos grupos de diez estudiantes cada uno, asignándose, también de manera aleatoria, Wolfram Alpha a un grupo y Symbolab al otro, lo que favoreció la realización de comparaciones, por parte de los mismos alumnos, de los resultados obtenidos con cada herramienta.

En cada comisión, se destinaron tres clases de dos horas reloj cada una a la experiencia didáctica, previa introducción a la teoría de series numéricas. En cada clase, se llevó a cabo la siguiente secuencia:

1. Breve explicación teórica, por parte de la docente, de algunos criterios de convergencia y a qué tipo de series numéricas aplicarlos.
2. Resolución manual y conjunta (entre la docente y los alumnos, y entre los alumnos con sus pares) de la práctica correspondiente. Este paso, que implicó la realización en lápiz y papel de los ejercicios propuestos, se consideró necesario para que los estudiantes adquiriesen el método de cada criterio de convergencia, dado que las evaluaciones formales de

² <https://es.symbolab.com/solver/series-calculator>

la asignatura responden a la estructura de la enseñanza tradicional, siendo las mismas escritas, individuales y de carácter sumativo.

3. Prueba en el software de los ejercicios indicados en el paso anterior y análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Respecto de las herramientas de software

Para evaluar los resultados, se confeccionaron formularios web con preguntas para que los alumnos pudiesen completar desde su experiencia con las herramientas utilizadas. Cabe aclarar que el análisis de los datos que se llevó a cabo fue de tipo cualitativo; no estadístico. En los cuestionarios de valoración se consideraron aspectos relacionados a la facilidad de uso, existencia de ejemplos claros, lenguaje matemático usado para las fórmulas, exactitud de las salidas o resultados obtenidos, tiempo de respuesta, detalle de la solución, entre otros.

La herramienta Wolfram Alpha no es muy simple de manejar. Como las entradas deben efectuarse en idioma inglés y, en el caso de fórmulas matemáticas, con formato de “línea de comandos”, no resulta intuitiva la introducción de operaciones relacionadas con funciones trigonométricas, exponenciales o logarítmicas, por citar algunos ejemplos. Además, debe cuidarse el correcto uso de paréntesis para que la expresión ingresada produzca el resultado buscado. En el caso de Symbolab, en cambio, la interfaz de usuario es amigable y fácil de usar, puesto que ofrece un editor de fórmulas matemáticas muy completo, dado que se trata de un buscador especializado en la materia. Además, el entorno visual proporcionado por la herramienta resulta bastante atractivo para cualquier usuario.

Con respecto a si Wolfram Alpha y Symbolab tienen ejemplos ilustrativos de funcionamiento y/o manual de ayuda para el usuario, ninguna de las dos herramientas presenta, a simple vista, alguna sección etiquetada como *ayuda* en la interfaz de usuario. No obstante ello, los campos que conforman la entrada de Wolfram Alpha se encuentran rellenos con un ejemplo de cómo deben ser completados por parte del usuario, mientras que, en la interfaz de usuario de Symbolab, se visualizan cuatro ejemplos de series numéricas que permiten acceder, de manera parcial, a los cálculos efectuados para determinar la convergencia o no de las mismas. Por otra parte, el formato de las entradas de Symbolab coincide con la simbología empleada en clase, en tanto que no ocurre lo mismo con la herramienta Wolfram Alpha.

Los alumnos que trabajaron con Wolfram Alpha manifestaron que, en la mayoría de los casos, pudieron interpretar las salidas generadas por la herramienta, mientras que otros pudieron hacerlo sólo en algunos casos, resultando para los estudiantes de Ingeniería Eléctrica más fácil que para los de Ingeniería Civil la interpretación de estas salidas. A tal respecto, una alumna de Ingeniería Civil expresó, abiertamente, que su dificultad pasaba por la falta de manejo del idioma inglés, mientras que un estudiante de Ingeniería Eléctrica acotó que, en algunos casos, las respuestas resultaban difíciles de interpretar porque la herramienta agregaba una función *zeta* en los resultados. Con respecto a los alumnos que trabajaron con Symbolab, en la mayoría de los casos pudieron interpretar las salidas generadas por la

herramienta. Asimismo, ninguno de estos estudiantes, tanto los que trabajaron con una como con otra herramienta, manifestó que en algún caso no haya podido interpretar dichas salidas.

Con respecto al tiempo de respuesta para ofrecer la solución, todos los alumnos lo consideraron entre rápido y aceptable para ambas herramientas.

Se puede aseverar que la herramienta Wolfram Alpha, en su versión libre, no muestra todos los cálculos efectuados, paso a paso, para determinar la convergencia o no de una serie numérica dada, mientras que Symbolab sí lo hace.

Por otra parte, Wolfram Alpha permite resolver la convergencia o divergencia de una gran variedad de series numéricas. De hecho, sobre un total de 40 ejercicios, la herramienta no pudo ofrecer la solución en 5 casos, lo que equivale a un 87,5% de efectividad. Respecto de Symbolab, en cambio, no fue capaz de resolver las series numéricas propuestas para analizar con el criterio de la raíz.

La mayoría de los alumnos que trabajaron con Wolfram Alpha y Symbolab afirmó que los resultados obtenidos son siempre exactos, lo que representa un alto grado de confiabilidad en las salidas de ambas herramientas.

También pudo corroborarse que, para una serie numérica dada, la herramienta Wolfram Alpha va probando distintos criterios de convergencia e indicando, en la salida, que los mismos no son concluyentes hasta que logra encontrar el test (en algunos casos, más de uno) que le permite resolver la convergencia o divergencia de la serie numérica ingresada. En el caso de Symbolab, según lo expresado en su blog sobre series numéricas, al cual se puede acceder desde la propia interfaz de la herramienta, los algoritmos internos eligen y ejecutan automáticamente el mejor criterio de convergencia para analizar la serie numérica ingresada, razón por la cual se muestra un único resultado en la salida.

No pudo constatarse, en base a la práctica realizada, que Wolfram Alpha reconozca a una serie telescópica como tal ni que la herramienta haga empleo del criterio de la integral en algún caso. Por otra parte, si bien Wolfram Alpha efectúa comparaciones entre series numéricas, no especifica si dichas comparaciones son directas o en el límite. Con respecto a Symbolab, la variedad de criterios de análisis que utiliza la herramienta para determinar la convergencia o divergencia de las series numéricas abarca a todos los estudiados en clase. No obstante ello, algunos alumnos de Ingeniería Industrial advirtieron que la herramienta resulta incompleta puesto que no calcula sumas, además de emplear con mayor frecuencia el criterio de D'Alembert en casos donde otros tests resultan más prácticos y simples de aplicar.

Por otra parte, pudo verificarse que la herramienta Wolfram Alpha no realiza análisis de convergencia absoluta y condicional, en tanto que Symbolab sí lo hace.

Tanto para Wolfram Alpha como para Symbolab, la mayoría de los estudiantes opinó que las herramientas fueron útiles para decidir sobre el criterio de análisis más adecuado a aplicar en la determinación de la convergencia o divergencia de una serie numérica dada. Estos alumnos también consideraron que el uso de las herramientas facilita la comprensión del tema Series Numéricas y contribuye a mejorar su aprendizaje.

Cabe señalar que, si bien ambas herramientas de software presentan pros y contras, los estudiantes que participaron de la experiencia didáctica mostraron una cierta preferencia por Symbolab dadas las características de su interfaz de usuario, que resulta muy intuitiva para efectuar las entradas, puesto que el formato de las mismas coincide con la simbología empleada en clase, y permite interpretar fácilmente las salidas, debido a que éstas se encuentran en idioma castellano.

B. Respecto del desempeño de los alumnos

Se analizaron los exámenes de promoción directa de los estudiantes que participaron de la experiencia con las herramientas de software, obteniéndose los siguientes resultados en relación al tema Series Numéricas:

- Instancias de evaluación del mes de diciembre de 2018: De los 12 alumnos de Ingeniería Civil que rindieron el parcial de promoción directa, el 41.67% respondió en forma correcta al 78% de las consignas sobre el tema. El resto de los alumnos (58.33%) consiguió desarrollar correctamente entre el 60% y el 74% de estas consignas. En cambio, de los 6 alumnos de Ingeniería Industrial que rindieron el parcial de promoción directa, sólo uno de ellos (16.67%) desarrolló bien el 68% del tema, otro estudiante apenas logró un 8% y el restante 66.66% de los alumnos pudo desarrollar correctamente entre el 36% y el 46% de las consignas. Por su parte, el 75% de los alumnos de Ingeniería Eléctrica que rindieron el parcial de promoción directa (3 de 4) alcanzó entre el 58% y el 72% de respuestas correctas sobre el tema y sólo uno de estos estudiantes, habiendo obtenido un 24% de aciertos en series numéricas, aprobó el examen y promocionó la asignatura.
- Instancias de evaluación del mes de febrero de 2019: Sobre 4 alumnos de Ingeniería Civil que rindieron el parcial de promoción directa, el 50% de ellos superó el 88% de respuestas correctas acerca del tema y el otro 50% logró entre el 41% y el 50% de aciertos. Sólo uno de estos dos últimos estudiantes no aprobó el examen. De Ingeniería Industrial también rindieron 4 alumnos, de los cuales sólo uno de ellos, con el 50% de respuestas correctas en series numéricas, no aprobó el parcial de promoción directa. Los otros tres estudiantes obtuvieron 62%, 73.5% y 94% de respuestas correctas en el tema y promocionaron la asignatura. Finalmente, dos alumnos de Ingeniería Eléctrica, con 26% y 32% de aciertos en series, rindieron mal el parcial de promoción directa, mientras que otros dos estudiantes de la misma carrera lograron aprobar, habiendo obtenido el 62% y el 85% de aciertos en el tema.

Cabe aclarar que los exámenes de promoción directa analizados abarcaron, además de series numéricas, otros temas de la asignatura Análisis Matemático I, tales como: cálculo de área en coordenadas polares, sucesiones numéricas, series de potencias y polinomios de Taylor y de Maclaurin. Además, los alumnos habilitados para rendir estos exámenes pudieron hacerlo hasta en dos oportunidades como máximo (una evaluación parcial y un recuperatorio), a fines de obtener la promoción directa de la asignatura.

Otro aspecto importante a señalar es que, en general, los estudiantes manifiestan curiosidad y buena predisposición frente a propuestas pedagógicas que involucran el uso de las

TIC en el aula universitaria. En la experiencia didáctica llevada a cabo con las herramientas de software Wolfram Alpha y Symbolab, se pudo observar que los alumnos fueron adecuando sus estrategias de aprendizaje en función de los recursos y requerimientos planteados por la docente, partiendo de una gestión del proceso más guiada por la profesora hasta permitir una mayor autonomía por parte de los estudiantes. Por lo tanto, al pensar en la inclusión de TIC en la enseñanza de la Matemática, resulta central reflexionar sobre la forma y finalidad con que se incorpora cada uno de estos recursos.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En la actualidad, las herramientas de software disponibles que posibilitan analizar el carácter (convergente o divergente) de una serie numérica dada, según el análisis de los resultados obtenidos en el presente trabajo, resultan aún incompletas, si bien pudo comprobarse, al momento de la redacción de este texto, que tales herramientas continúan en estado de desarrollo, aunque con limitaciones en sus versiones gratuitas (Symbolab, por ejemplo, ya no muestra el procedimiento completo que sigue para llegar al resultado, sino que aquél está disponible ahora sólo de modo pago). No obstante, como los mismos estudiantes que participaron de la experiencia didáctica manifestaron, el uso de Wolfram Alpha y Symbolab contribuye a mejorar el aprendizaje del tema Series Numéricas, no sólo facilitando la comprensión del mismo, sino también favoreciendo el desarrollo de las competencias matemáticas de los alumnos al poner en marcha estrategias cognitivas que les permitan decidir cuál es el criterio de convergencia más adecuado a aplicar para el análisis de una serie numérica dada, lo que promueve también las habilidades del pensamiento de orden superior en los estudiantes.

El próximo paso tendiente a facilitar el aprendizaje de las series numéricas y su convergencia para los alumnos del nivel educativo superior consiste en diseñar actividades que permitan detectar los grados de asimilación del contenido de enseñanza alcanzados por los estudiantes a partir del uso de las herramientas de software, así como también actividades que posibiliten a los alumnos transferir los conocimientos, competencias y habilidades adquiridos en el ámbito académico a situaciones de la vida real.

REFERENCIAS

- [1] Cuicas Ávila, M., Debel Chourio, E., Casadei Carniel, L. y Álvarez Vargas, Z. (2007) El software matemático como herramienta para el desarrollo de habilidades del pensamiento y mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", 7(2), 0.
- [2] Del Río, L., González, A. y Búcarí, N. (2014) La integración de las TIC en las clases de matemática en el nivel universitario: ¿Cómo afrontar este desafío? Trabajo presentado en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Hernández, R.M. (2017) Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. Propósitos y Representaciones, 5(1), 325-347. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- [4] Balardini, S. (2002) Jóvenes, tecnología, participación y consumo. Buenos Aires, Argentina: CLACSO. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101023013657/balardinini.pdf>
- [5] Stewart, J. (2008) Cálculo de una variable: Trascendentes tempranas. (6ª ed.) México DF: Cengage Learning Editores S.A.
- [6] Frausin, A. y Alberto, M. (Mayo de 2011) El contenido y la resolución de problemas mediados por recursos tecnológicos. Trabajo presentado en el XVI EMCI Nacional y VIII EMCI Internacional (congresos de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería). Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

- [7] Coll, C. y Monereo, C. (Eds.) (2008) *Psicología de la educación virtual: Aprender y enseñar con las Tecnologías de la Información y la Comunicación*. (2ª ed.) Madrid, España: Ediciones Morata S.L.
- [8] Rodríguez Izquierdo, R.M. (Noviembre de 2011) *Las tecnologías emergentes y sus retos educativos*. Trabajo presentado en las XIX Jornadas Universitarias de Tecnología Educativa. Sevilla, España.
- [9] Romero, L., Gutiérrez, M. y Caliusco, M.L. (Junio de 2017) *Tecnologías semánticas para la utilización de portfolios como guía de la enseñanza en entornos de educación superior*. Trabajo presentado en la 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Lisboa, Portugal. DOI: 10.23919/CISTI.2017.7975780
- [10] Mosquera Ríos, M.A. y Vivas Idrobo, S.J. (2017) *Análisis comparativo de software matemático para la formación de competencias de aprendizaje en cálculo diferencial*. *Plumilla Educativa*, 19(1), 98-113. Recuperado de <https://doi.org/10.30554/plumidaedu.19.2476.2017>
- [11] González Valdés, A. (2001) *Creatividad y problematización: el carácter social y la dimensión afectiva en la competencia problematizadora*. La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones Psicológicas y Sociológicas. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Cuba/cips/20120822025017/america1.pdf>
- [12] Stone Wiske, M., Rennebohm Franz, K. y Breit, L. (2006) *Enseñar para la Comprensión con nuevas tecnologías*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- [13] Gibelli, T. (Noviembre de 2014) *La investigación basada en diseño para el estudio de una innovación en educación superior que promueve la autorregulación del aprendizaje utilizando TIC*. Trabajo presentado en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- [14] Suau, S., Barán, V., Ferrando, R. y D'Ippolito, S. (2016) *Guía de Trabajos Prácticos Tema 8. Parte II: Series Numéricas*. Apuntes de la cátedra Análisis Matemático I de la UTN-FRSF.
- [15] Pascual, J.A. (2015, 26 de diciembre) *Así funciona Wolfram Alpha, el buscador que te responde*. *Computer Hoy*. Recuperado de: <https://computerhoy.com/noticias/internet/asi-funciona-wolfram-alpha-buscador-que-te-responde-37137>