

SAEI, Simposio Argentino de Educación en Informática

# HACIA UN MODELO DE TUTORÍA INTELIGENTE EN EL CAMPO DE LA PROGRAMACIÓN

Marcia Mac Gaul<sup>1</sup>, Eduardo F. Fernández, Marcela F. López<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150

mmacgaul@gmail.com, eduardo.fernandez.unsa@gmail.com, marcelafflopez@gmail.com

**Resumen.** El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación N° 2497 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, denominado “Tecnologías de Inteligencia Artificial aplicadas a la construcción de un Motor de Aprendizaje en el campo de la Programación”. Entre los objetivos específicos formulados en el Proyecto, este trabajo se concentra en el de desarrollar y sostener metodologías propias de Tutoría Inteligente, definiendo los recursos que, desde los espacios presenciales y virtuales, den cuenta de la actividad de los estudiantes y permitan recomendar los trayectos educativos más adecuados para cada alumno. Se examinan estadísticamente dos tipos de datos, las calificaciones obtenidas en la primera evaluación de la asignatura inicial de Programación y las opiniones personales relevadas a través de una encuesta, en la que valoran dificultad y confianza para la solución de cada problema planteado. Se muestra la estratificación derivada de los resultados y su correspondiente estrategia de tutoría.

**Palabras claves:** Programación, Tutoría Inteligente, Trayectos Educativos, Analíticas de Aprendizaje

## 1 Introducción

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación N° 2497 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, denominado “Tecnologías de Inteligencia Artificial aplicadas a la construcción de un Motor de Aprendizaje en el campo de la Programación”, cuyo período de ejecución es 2019-2022.

El resurgimiento de la Inteligencia Artificial y su incidencia en la educación formal, pone de manifiesto la necesidad de un debate serio sobre el futuro papel de la enseñanza y del aprendizaje en la Educación Superior y la postura que la universidad tomará al respecto. Como se enuncia en [2] y [3], este debate ya dio inicio, proyectando la educación formal del 2030, atentos a investigaciones y aportes de la universidad de Santdford, en las que se sostiene que el uso de estas tecnologías modificará la forma de enseñar y aprender en un futuro cercano. Por lo tanto, la evolución de la tecnología y la reconversión de los espacios laborales requieren, en el contexto de la Educación Superior, una reconsideración del rol docente y las pedagogías. Es, en este sentido, que el proyecto de investigación analizará ciertas tecnologías asociadas a la Inteligencia Artificial, como lo son, Tutorías Inteligentes, Analíticas de Aprendizaje, Aprendizaje Adaptativo, Sistemas Colaborativos y Simulación. El estudio realizado permitirá

adfa, p. 1, 2011.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

la construcción de un motor de aprendizaje inteligente que soporte la estrategia de enseñanza y aprendizaje de Programación en estudiantes iniciales de carreras de Informática. Se espera que este motor sostenga un modelo de Tutoría Inteligente que colabore con el docente en el seguimiento sostenido del proceso de aprendizaje y brinde la posibilidad de una enseñanza personalizada y acorde a las necesidades y estilos de cada estudiante. Atento a la experiencia recogida de los últimos años, en los que la tutoría académica generó mejoras en el aprendizaje de la Programación, es que se espera que este esquema continúe y sostenga los logros obtenidos a partir de su aplicación.

El proyecto de investigación toma como modelo la definición de aprendizaje adaptativo enunciada por Education Growth Advisors (EGA) en [1] que indica *“el aprendizaje adaptativo (se define) como un enfoque para la creación de una experiencia de aprendizaje personalizada para los estudiantes que emplea un sofisticado sistema computacional basado en datos. Este aprendizaje tiene una aproximación no-lineal a la instrucción, retroalimentación y corrección, pues se ajusta de acuerdo a las interacciones del estudiante y al nivel de desempeño demostrado. Consecuentemente, se adapta y anticipa el tipo de contenidos y recursos que este necesitará en un momento específico para progresar en el curso”*.

## 2 Objetivos

Nuestra experiencia en la docencia y la investigación indican que el aprendizaje de la Programación es un proceso iterativo e incremental que requiere de un alto nivel de abstracción, la aplicación de técnicas y heurísticas y la construcción de un estilo de programación basado en buenas prácticas y en fundamentos de eficiencia algorítmica.

El bajo rendimiento de los alumnos iniciales de Programación observado en los últimos años, evidencia un problema multicausal, aunque principalmente se manifiesta en las dificultades que tienen para avanzar sistemáticamente en este proceso de adquisición de saberes y su aplicación a problemas reales de la Programación. Desde el año 2011, se aplicaron interrumpidamente, cuatro experiencias de Tutoría Docente con apoyo de tecnología. Los primeros resultados indican que algunos grupos han demostrado un mejor rendimiento académico y un mayor nivel de compromiso con el trabajo colaborativo, propio del desarrollo profesional de los programadores.

Reconocemos que la Inteligencia Artificial es un área de la Computación que, a pesar de sus casi cien años, continúa en evolución, potenciada por el desarrollo que en la actualidad tiene la Minería de Datos. La Inteligencia Artificial aplicada a la Educación propone el análisis de ciertas tecnologías asociadas, conducente a la construcción de un motor de aprendizaje inteligente que soporte la estrategia de enseñanza y aprendizaje de la Programación de estudiantes iniciales. Las tecnologías bajo estudio, asociadas a la IA, serán las Tutorías Inteligentes, las Analíticas de Aprendizaje, el Aprendizaje Adaptativo, los Sistemas Colaborativos y la Simulación.

En esta línea, este Proyecto se propone analizar los beneficios de la Inteligencia Artificial y los aportes que se esperan realizar en este campo, para el desarrollo de un motor de aprendizaje que se sostenga en el tiempo y así convertir las acciones aisladas del cuerpo docente, en actividades formativas organizadas alrededor de los intereses y características individuales de cada estudiante.

Entre los objetivos específicos formulados en el Proyecto de investigación, este trabajo se concentra en *Desarrollar y sostener metodologías propias de Tutoría Inteligente, definiendo los recursos que, desde los espacios presenciales y virtuales, den cuenta de la actividad de los estudiantes y permitan recomendar los trayectos educativos (procesos de aprendizaje) más adecuados para cada alumno.*

En este sentido, el equipo investigativo diseña los trayectos educativos sobre la base de detectar fortalezas y debilidades manifestadas por los estudiantes en la primera evaluación sumativa de la asignatura inicial de Programación. El propósito de este trabajo es mostrar parte de la estratificación derivada de los resultados del Primer Parcial y su correspondiente estrategia de tutoría.

### 3 Materiales y Métodos

La investigación está en su primera etapa, de Análisis diagnóstico, durante el cursado de la asignatura Elementos de Programación (primer cuatrimestre de primer año). Esta fase comprende, entre otras, las siguientes actividades:

- Indagación de problemáticas relacionadas con la situación curricular de los estudiantes. La información recogida incluye presentación a instancias de evaluación, tales como coloquios, parciales y exámenes, asistencia a clases, actividad presencial y virtual. Rendimiento académico.
- Caracterización de los diferentes estilos de aprendizaje. Indagación del nivel de afiliación a la vida universitaria y del grado de autonomía manifestado presencial y virtualmente.

Instrumentos de recolección de datos: los siguientes instrumentos se aplican durante el cursado de la asignatura Elementos de Programación, cohorte 2019.

Primer parcial: a través de instrumento escrito, con un desarrollo previsto de dos horas, se presentan tres ejercicios según el detalle de la Tabla 1.

**Tabla 1. Descripción del Primer Parcial**

Ejerc.	Objetivo	Tema	Modalidad	Problema
(15 puntos) <sup>1)</sup>	Que el alumno: Analice la formulación de un pro-	Identificación de Datos de Entrada y condiciones: Da-	5 alternativas múltiples. Una sola correcta. La última alternativa es "Ninguna	naturales P y Q, con $P < Q$ , mostrar todos los valores posibles de B y E, considerando que B y E son

(5 puntos)2.a)	Elabore la Prueba de Escritorio de un algoritmo correcto que	Prueba de Escritorio	Desarrollo a partir del algoritmo y un Caso de Prueba asignado	---
(5 puntos)2.b)	Identifique el problema que resuelve el algoritmo	Análisis de algoritmos	5 alternativas múltiples. Una sola correcta. La última alternativa es "Ninguna"	Dada una cantidad no conocida de números enteros, todos distintos de cero, mostrar la cantidad
(5 puntos)2.c)	Elabore un Caso de Prueba que ejecute una determinada	Casos de Prueba	Desarrollo a partir del algoritmo y la consigna de Salida que se pide ejercer	---
(40 puntos)3)	Diseñe el algoritmo que resuelva una situación problemática	Diseño de algoritmos	Desarrollo a partir de la formulación asignada	Dados N números naturales X, mostrar aquellos X que, al sumarse con su correspondiente inver-

Encuesta personal vinculada con el primer parcial: por cada uno de los 5 incisos del parcial, se solicita que el alumno exprese dos valoraciones:

1. Dificultad que le asigna al inciso, en la escala, Muy difícil; Difícil; Medio; Fácil; Muy fácil.
2. Confianza respecto a la solución que propone, en la escala, Muy bien; Bien; Regular; Mal; No intenté resolverlo.

El parcial se aprueba con una nota mínima de 60 puntos. La corrección se efectúa por equipos de docentes. De esta forma, cada equipo se concentra en un solo ejercicio, habiendo definido con anterioridad la clave de corrección. Una vez obtenidas las notas, aquellos parciales cuya nota está en el intervalo [45,59] pasan por un segundo control, cuyo objetivo es definir la nota definitiva de aprobación o reprobación.

El instrumento de evaluación es un balance de contenidos teóricos básicos de la algoritmia y su aplicación a problemas. Asimismo, se adopta la modalidad de alternativas múltiples en los casos en los que se quiere enfatizar el sentido estricto de cada término, que integra la formulación de un problema. Esta modalidad tiene asignada el 30% del puntaje (2 ejercicios de 15 puntos cada uno). El resto corresponde a problemas de desarrollo. Los siguientes ejercicios son los de mayor ponderación:

- Ejercicio 3, porque su puntaje asignado es el mayor (40 sobre 100), debido a que el alumno debe diseñar un algoritmo a partir de la formulación del problema. Esta tarea es la de mayor compromiso académico, en tanto supone competencias de lectura crítica, resolución de problemas, conocimiento de los componentes algorítmicos básicos y su adecuación al problema.

- Ejercicios 1 y 2.b, que si bien son de alternativas múltiples, con una nota binaria de 15 o 0 puntos, en los que el alumno no expone el razonamiento efectuado para elegir la alternativa; en ambos casos, se trata de un alto compromiso de lectura crítica y razonamiento. En el ejercicio 1 debe comprender la formulación para efectuar el análisis de datos y en el ejercicio 2.b debe comprender la lógica algorítmica para concluir cuál es el problema que se está resolviendo. Para el desempeño profesional de un programador, comprender la lógica de un programa es tan importante como desarrollarlo.

El tamaño de la muestra es de 329 casos. Los estudiantes que acceden al Primer Parcial son aquellos que cumplen con el requisito de haber rendido al menos 2 de los 3 coloquios virtuales aplicados antes del parcial. Esta exigencia de cumplimiento, centrada en la participación, más que en la aprobación de los coloquios, tiene varios objetivos, el primero es que paulatinamente adhieran a la agenda universitaria, aspecto de gran dificultad para los estudiantes iniciales; también que se familiaricen con el nivel de problemas que se espera puedan resolver a medida que la asignatura avanza y que puedan, por sí mismos, tener una evaluación de sus logros. A la cátedra, por su parte, le interesan los coloquios como indicador de alcance de los objetivos.

#### 4 Resultados

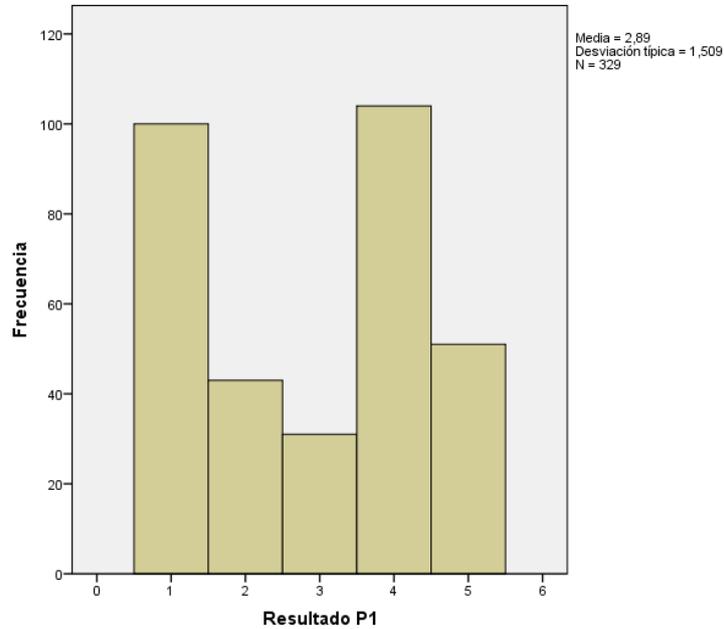
Las cantidades y porcentajes de Aprobados y Reprobados, son 155 y 174. Esto es un 47% y 53% respectivamente.

Se efectúa un primer análisis global de rendimiento. En la Tabla 2 se muestran los estadísticos descriptivos de la nota del primer parcial.

**Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la nota del Primer Parcial**

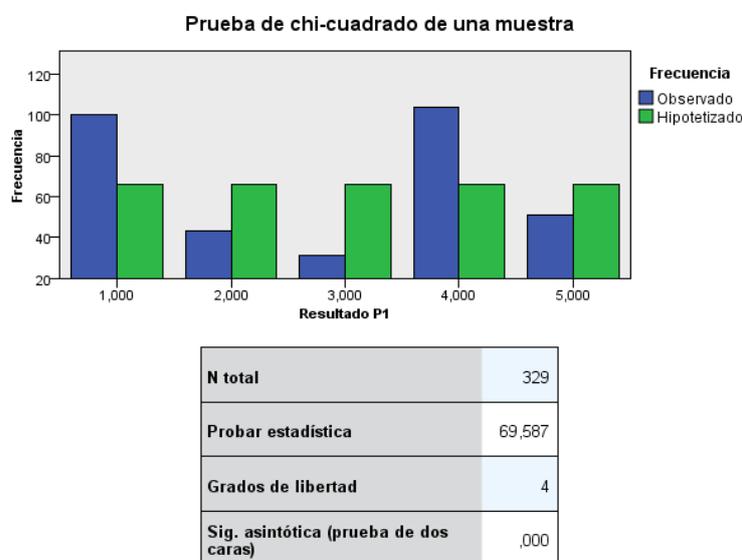
	N	Media		Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
Nota P1	329	46,82	1,726	31,298	979,587
N válido (según lista)	329				

La Figura 1 es un Histograma de la variable Resultado P1, en la que Nota P1 se desagrega en 5 intervalos: [0,19]; [20,39]; [40,59]; [60,79]; [80,100].



**Figura 1. Histograma de Resultado P1**

Luego de efectuar un análisis exploratorio, obtener estadísticos descriptivos y tablas de frecuencia de los datos relativos a las variables Nota P1 y Resultado P1, se ejecuta una Prueba de Hipótesis, orientada a encontrar una distribución estadística que se ajuste a los datos. Resulta según se indica en el Figura 2 y Tabla 3.



1. Hay 0 casillas (0%) con valores esperados menores que 5. El valor mínimo esperado es 65,800.

**Figura 2. Prueba de chi-cuadrado sobre Resultado P1**

**Tabla 3. Conclusión de chi-cuadrado sobre Resultado P1**

Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
Las categorías de Resultado P1 se producen con probabilidades iguales.	Prueba de chi-cuadrado de una muestra	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.			

Por lo tanto, según se conjeturaba, las notas obtenidas en el Primer Parcial no se distribuyen Uniforme (0,100).

A continuación, se trabaja en detectar los segmentos de interés, ya que cada uno de ellos, con su probabilidad de ocurrencia no equiprobable, define cada estrategia de tutoría acorde al segmento.

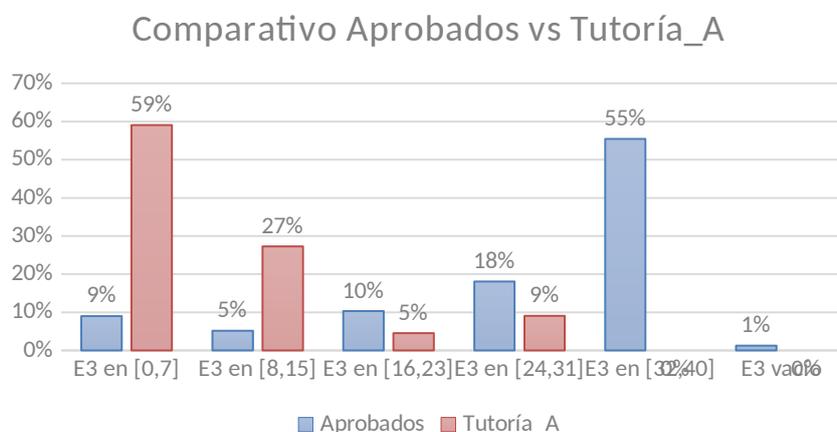
Cada segmento posee su criterio académico propio. Debido a que, como ya se dijo, esto define la estrategia de tutoría, se denominan Tutoría\_A; Tutoría\_B y así sucesivamente. A continuación, a modo de ejemplo, se consigna la Tutoría\_A.

Se define Tutoría\_A como el colectivo de estudiantes reprobados (Nota P1 < 60) que obtuvieron una nota mínima determinada por:

$$[(\text{Media} - \text{Error típico de la Media})] = [46,82 - 1,726] = [45,094] = 45$$

La Tutoría\_A se aplica entonces a 22 estudiantes que, si bien no alcanzan la nota de aprobación, superan la Media de las notas. Se consideran estudiantes que, con una mínima tutoría orientada a subsanar los errores y/o imprecisiones manifestados en la evaluación, tienen alta probabilidad de aprobar en una recuperación incluso temprana, respecto a otros alumnos reprobados con nota más alejada de la media. La construcción del criterio académico se basa en el desempeño mostrado por este colectivo y de sus valoraciones subjetivas respecto a sus propios desempeños. Veamos desempeños y valoraciones en aquellos ejercicios de la evaluación que más peso tienen.

Análisis del Ejercicio 3: como se observa en el Figura 3, más del 50% de los aprobados resuelven este ejercicio con una nota mínima del 80% del puntaje asignado (32 puntos de 40). Los alumnos de Tutoría\_A, al contrario, no logran ese puntaje. La mayoría obtiene entre 0 y 7 puntos sobre 40.



**Figura 3. Comparación de desempeño, Ejercicio 3**

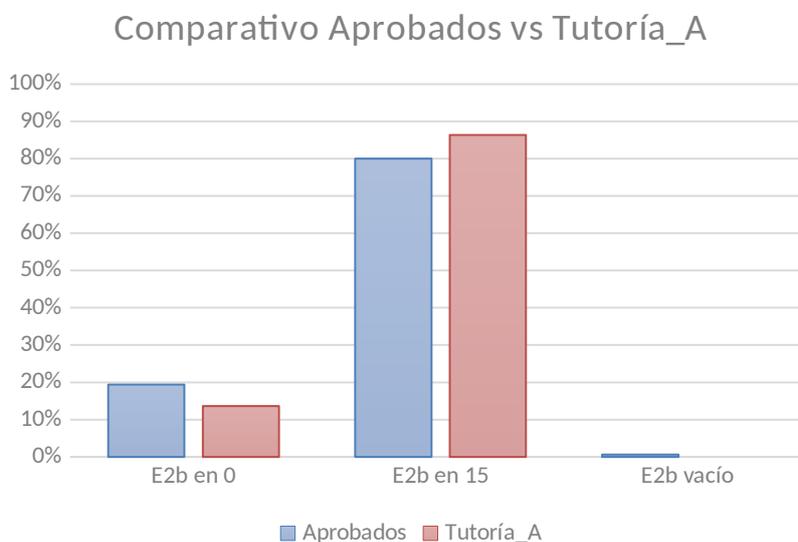
Respecto a la pareja de valoraciones efectuadas por el alumno (Dificultad, Confianza), en este ejercicio, se observa:

- Los 22 estudiantes señalan la dificultad en la escala Medio/Difícil/Muy difícil.
- 20 señalan haberlo resuelto Regular o Mal. Los 2 que manifiestan haber resuelto Bien el problema, valoraron la dificultad en Difícil y Medio. Sus notas, respectivamente fueron de 20 y 31 de 40.

Primera directriz para el segmento de Tutoría\_A: fortalecer el desarrollo de algoritmos a partir de la formulación del problema.

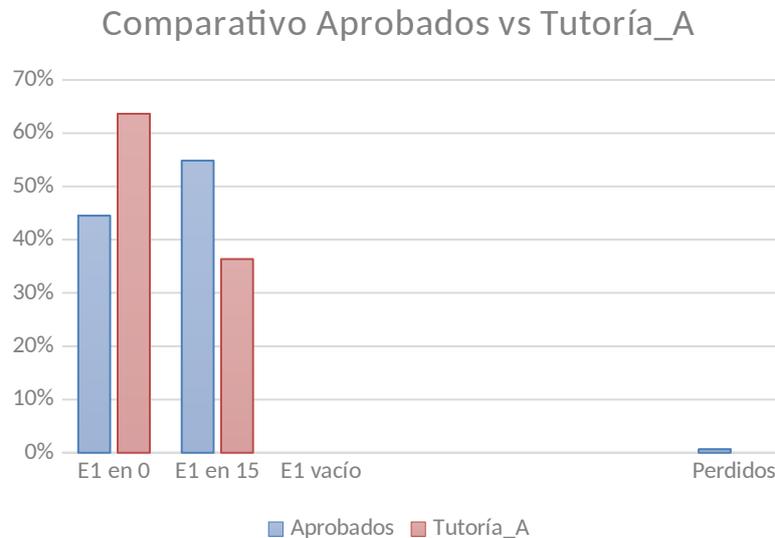
Análisis del Ejercicio 2.b: como se observa en el Figura 4, no hay diferencias estadísticamente significativas entre alumnos aprobados y los de Tutoría\_A.

Segunda directriz para el segmento de Tutoría\_A: considerando que estos estudiantes interpretan satisfactoriamente la funcionalidad de los algoritmos, fortalecer el desarrollo de variantes del problema para asentar el reconocimiento de los componentes claves para su solución. Así, por ejemplo, si el problema 2.b era *Dada una cantidad no conocida de números enteros, todos distintos de cero, mostrar la cantidad de números que poseen la menor cantidad de dígitos*; se puede trabajar en tutoría el problema *Dada una cantidad no conocida de números enteros, todos distintos de cero, mostrar la cantidad de dígitos que tiene el menor*. Estas dos variantes, al igual que otras tantas, usan los mismos componentes algorítmicos (que este colectivo de individuos reconoce) pero para propósitos diferentes. La fortaleza de la tutoría se centra entonces en sus capacidades y se orienta hacia la potencialidad de las mismas.



**Figura 4. Comparación de desempeño, Ejercicio 2.b**

Análisis del Ejercicio 1: como se observa en el Figura 5, los resultados son análogos a los del otro ejercicio de alternativas múltiples.



**Figura 5. Comparación de desempeño, Ejercicio 1**

Respecto a la pareja de valoraciones efectuadas por el alumno (Dificultad, Confianza), en este ejercicio, se observa:

- Entre los 22 estudiantes se distingue la dificultad, según hayan obtenido 0 o 15 puntos. Entre los primeros, 47% consideran el ejercicio Difícil y 33% Medio. Entre los aprobados, por su parte, esa valoración pasa a ser de dificultad Media para el 71% de ellos.
- Curiosamente, entre los alumnos que no aprueban el ejercicio, 53% manifiesta la confianza de haberlo resuelto correctamente. Ese porcentaje es del 57% entre los aprobados.

Tercera directriz para el segmento de Tutoría\_A: fortalecer la fase de análisis del problema. Se asume que frente a cuatro alternativas similares de análisis de Datos de Entrada, Salida y Casos de Prueba, los alumnos tienen dificultad para detectar otros Casos de Prueba diferentes al que se ofrece en las alternativas, los cuales constituyen –justamente– los casos extremos de prueba, aquellos que habilitan salidas menos convencionales, porque ejercitan caminos lógicos de menor probabilidad de ocurrencia.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

La interpretación integral de los resultados obtenidos permite, desde el punto de vista académico, diseñar el trayecto de tutoría inteligente para los estudiantes del segmento Tutoría\_A. Siguiendo las directrices enunciadas, éstos alumnos deben ser apoyados con mayor ejercitación centrada en la fase de análisis y el desarrollo de algoritmos de complejidad similar a la del problema 3 del Primer Parcial. Esto se traducirá

en actividades presenciales y virtuales, desarrollada en pequeños grupos y bajo la tutoría de un docente que llevará registro de su trayecto hasta el presente y de los avances que pueda observar, a los fines de aplicar con ellos, como se dijo antes, una recuperación temprana de estos contenidos. La creciente complejidad de la asignatura y las condiciones emotivas del estudiante inicial, siempre inclinado al abandono, nos orientan a aplicar todo dispositivo de apoyo que controle la frustración de no aprobar sus primeras evaluaciones.

A futuro, el motor de Inteligencia Artificial que se prevé construir, gestionará los datos usados en este trabajo, contribuyendo a la elaboración de Analíticas de Aprendizaje útiles para el diseño de la Tutoría Inteligente. Una vez logrado ese nivel de automatización, se podrá seguir desagregando la información, para obtener una mayor riqueza. En este trabajo, quedaron fuera cuestiones como, si el alumno no señala correctamente la formulación del problema que resuelve un algoritmo ¿cuál es la alternativa marcada?, ¿es esa la alternativa errónea más marcada?

Finalmente, respecto a la información relevada hasta el presente, está previsto efectuar entrevistas con los estudiantes que muestran una baja coherencia entre sus valoraciones. Problemas que reconocen como fáciles o de dificultad media y dicen haber resuelto bien, ¿están bien resueltos? ¿Por qué creen ellos que estuvieron bien resueltos? En un trabajo integral con la pedagoga del Proyecto de Investigación, indagaremos en profundidad las representaciones que estos estudiantes tienen de sus propias actuaciones. Creemos que todo cuanto pueda hacerse para comprender sus modos de aprendizaje, es el punto inicial para el correcto diseño de un motor de Tutoría Inteligente.

## 6 Referencias

1. Observatorio de Innovación Educativa: Aprendizaje y Evaluación Adaptativos. Reportes EduTrends. Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.itesm.mx/edutrendsaprendizajeadaptativo> (2014).
2. Blog Andalucía Digital: Claves y usos de la Inteligencia Artificial en Educación. <https://www.blog.andaluciaesdigital.es/inteligencia-artificial-educacion-claves-usos/> (2017).
3. Lavilla, M.: Inteligencia artificial las tecnologías cambiarán la educación 2030. <http://www.aikaeducacion.com/tendencias/inteligencia-artificial-las-tecnologias-cambiaran-la-educacion-2030/> (2016).