

## **Tutoría Inteligente en el campo de la Programación: estableciendo bases para las Analíticas de Aprendizaje**

### **Intelligent Tutoring in the field of Programming: establishing bases for Learning Analytics**

Marcia Mac Gaul<sup>1</sup>, Eduardo F. Fernández<sup>1</sup>, Marcela F. López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150

mmacgaul@gmail.com, eduardo.fernandez.unsa@gmail.com, marcelaflopez@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, Argentina, 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. Se definen 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 clave:** Programación, Tutoría Inteligente, Trayectos Educativos, Analíticas de Aprendizaje.

**Abstract.** This work is part of Research Project N ° 2497 of the Research Council of the National University of Salta, Argentina, by the name of “Artificial Intelligence Technologies applied to the construction of a Learning Engine in the Programming field”. Among the specific objectives formulated in the Project, this work focuses on developing and supporting Smart Tutoring methodologies. We use face-to-face and virtual spaces to define students' activity and allow us to recommend the most appropriate educational paths for each student. We will apply statistical methods on two types of data: qualifications obtained in the first evaluation of the initial Programming subject, and students' opinions gathered through a survey, in which they assess the difficulty of each problem they are presented with and the level of confidence for the solution they offer. We present the stratification derived from the results and its corresponding mentoring strategy is.

**Keywords:** Programming, Intelligent Tutoring, Educational Paths, Learning Analytics.

## 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. 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 permite la construcción de un motor de aprendizaje inteligente que soporta 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.

Este Motor de Aprendizaje Inteligente, entiende que el Docente\_Tutor, es quien determina y aplica la estrategia pedagógica de enseñanza, define los objetivos y como alcanzarlos. Entre sus tareas, se marcan las de: seleccionar los problemas, seleccionar el material teórico, realizar el seguimiento de las actividades, proponer actividades re- mediales, etc.

Esta selección y secuenciación del curriculum, para los estudiantes requiere del uso de mecanismos de planificación bastante sofisticados, que deben tener en cuenta la teoría de tutorización, de acuerdo a las necesidades del aprendiz (Pozo 1999).

Este proceso es realizado por el Docente\_Tutor, con el objetivo de que el estudiante encuentre significado a sus aprendizajes y que supere sus dificultades, incorporando lo nuevo de un modo significativo y permanente. (Ausubel et al. 1983).

En el presente trabajo se trata de definir, a través del análisis de resultados obtenidos a partir de las evaluaciones sumativas de los alumnos, una estratificación que permita al tutor determinar diferentes acciones, de acuerdo a las fortalezas y debilidades detectadas, atendiendo también a los estilos de aprendizaje que presentan sus alumnos.

## 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, tal como lo expresan Carrillo y Valencia (Carrillo, Valencia, 2003), en su cita sobre Dijkstra, “La computación es un disciplina que tiene como objetivo modelar y representar en un computador sistemas de conceptos u objetos con el fin de resolver problemas, realizar predicciones mediante la simulación de sus interacciones o efectuar cálculos y raciocinios con ellos; por consiguiente, el proceso de aprender a programar es complejo, la computación es una disciplina que obliga al estudiante a desarrollar jerarquías conceptuales que son mucho más profundas que en otras áreas del saber” Dijkstra,1989 (citado en Carrillo, M, 2003)

Existen documentadas numerosas experiencias educativas cuyos objetivos apuntan a desarrollar en los estudiantes los esquemas conceptuales necesarios para el aprendizaje de la programación. Algunas de estas experiencias se basan en el uso de mapas conceptuales, a partir de las cuales establecer jerarquías conceptuales, necesarias para la programación, otros, se basan en la interactividad del estudiante con entornos virtuales, utilizando distintas pedagogías, como los son los entornos basados en ejemplos o en visualización y animación de algoritmos, o en simulación, mediante el uso de Alice, por ejemplo. Dijkstra, 1989 (citado en Carrillo, M, 2003)

El particular, en nuestro contexto de cátedra, observamos que el bajo rendimiento de los alumnos iniciales de Programación, registrado 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.

El propósito del Motor de Aprendizaje Inteligente, es determinar las necesidades del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema, para poder brindarle ayuda cuando cometa errores. No sólo es importante el conocimiento que debe ser facilitado por el docente hacia el alumno, sino que cobra importancia la forma en la que este conocimiento es presentado, ya que se pretende mejorar el proceso de adquisición y construcción de conocimiento. Para cumplir con este propósito es que se deben utilizar diferentes técnicas de inteligencia artificial.

El equipo de investigación está analizando los métodos y técnicas de enseñanza más eficaces, que permitan adaptar el modo de enseñanza a las necesidades del alumno a fin de mejorar su rendimiento a través de cada clase o “sesión pedagógica”. Permitiendo elegir para cada alumno la técnica de enseñanza que mejor se adapte a su estilo de aprendizaje.

El Motor de Aprendizaje Inteligente, por lo tanto, puede definirse como: “un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo” (Wenger, 1987). También se ajusta a la definición de Wolf (1984), “un sistema que modela la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”. Giraffa (1997) los delimita como: “un sistema que incorpora técnicas de Inteligencia Artificial a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”. En esta línea, el 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.

Procurando definir qué entendemos por Estilos de Aprendizaje de nuestros alumnos, tomamos las definiciones propuestas por Keefe (1988), quien establece que: “los estilos de aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y psicológicos que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje”. También, adoptamos la clasificación de Felder y Silverman (2002), según la cual los estilos se presentan como pares dicotómicos: sensitivos-intuitivos, visuales-verbales, inductivos-deductivos, activos-reflexivos y secuenciales-globales.

En esta primera etapa de la investigación, estamos abocados también a determinar los instrumentos que nos permitan determinar el estilo de aprendizaje de cada uno de nuestros alumnos, lo que nos permitirá también estratificar a los mismos, posibilitando generar objetos de aprendizaje específicos para cada estilo detectado. Esto le ofrece al tutor una batería de materiales que puede poner a disposición del alumno. El estudio y análisis de los EA, en el futuro se automatizará, con el Motor de Aprendizaje Inteligente. Permitiendo que este, sugiera al tutor, diferentes caminos de aprendizaje, basados en los objetos de aprendizaje diseñados e implementado y atendiendo a los estilos de aprendizaje de cada alumno o grupo de alumnos.

En este sentido, el uso de entornos virtuales registra una gran cantidad de datos, a partir de la interacción de los estudiantes con este entorno que, mediante el uso de Analíticas de Aprendizaje, permiten al docente conocer cómo los estudiantes trabajan asincrónicamente, los accesos, la frecuencia, los documentos consultados, las participaciones en foros, las actividades realizadas, los resultados, permiten trazar un perfil del estudiantes a partir del cual, con una intervención oportuna, el docente podría trazar trayectos de aprendizaje que fueran acordes al estilo de cada estudiante y al de cada grupo de alumnos, y reorientar el aprendizaje en función del desempeño y estilo de cada alumno.

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*. 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.

- a) 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.

Ejercicio	Objetivo	Tema	Modalidad	Problema
1) 15 puntos	Que el alumno: Analice la formulación de un problema	Identificación de Datos de Entrada y condiciones; Datos de Salida y condiciones; Caso de Prueba	5 alternativas múltiples. Una sola correcta. La última alternativa es “Ninguna de las anteriores es correcta”	Dados dos números naturales P y Q, con $P < Q$ , mostrar todos los valores posibles de B y E, considerando que B y E son dígitos, tal que el resultado $B^E$ esté dentro del intervalo [P,Q]
2.a) 15 puntos	Elabore la Prueba de Escritorio de un algoritmo correcto que debe interpretarse	Prueba de Escritorio	Desarrollo a partir del algoritmo y un Caso de Prueba asignado	---
2.b) 15 puntos	Identifique el problema que resuelve el algoritmo	Análisis de algoritmos	5 alternativas múltiples. Una sola correcta. La última alternativa es “Ninguna de las anteriores es correcta”	Dada una cantidad no conocida de números enteros, todos distintos de cero, mostrar la cantidad de números que poseen la menor cantidad de dígitos.
2.c) 15 puntos	Elabore un Caso de Prueba que ejercite una determinada Salida del algoritmo	Casos de Prueba	Desarrollo a partir del algoritmo y la consigna de Salida que se pide ejercitar	---
3) 40 puntos	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 invertido, el resultado no es capicúa. Nota: el invertido del número 123 es el 321

- b) Encuesta personal vinculada con el primer parcial (EP1): por cada uno de los 5 incisos del parcial, se solicita que el alumno exprese dos valoraciones:
  - Dificultad que le asigna al inciso, en la escala, Muy difícil; Difícil; Medio; Fácil; Muy fácil.
  - Confianza respecto a la solución que propone, en la escala, Muy bien; Bien; Regular; Mal; No intenté resolverlo.
- c) Encuesta personal posterior al primer parcial (EPOSTP1): instrumento de 7 preguntas de respuesta abierta, cuyo propósito es indagar, con mayor profundidad, las opiniones de los estudiantes sobre la dificultad que la evaluación les planteó, así como la confianza puesta en su resolución.
- d) Entrevista grupal: aplicada a colectivos de estudiantes que se segmentan a los fines de la tutoría, como se explica más adelante.

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

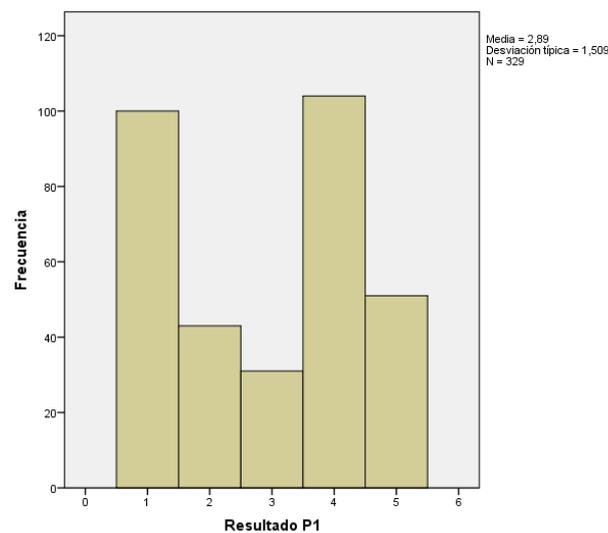
Las cantidades y porcentajes de Aprobados y Reprobados, son 155 y 174. Esto es un 47% y 53% respectivamente.

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.

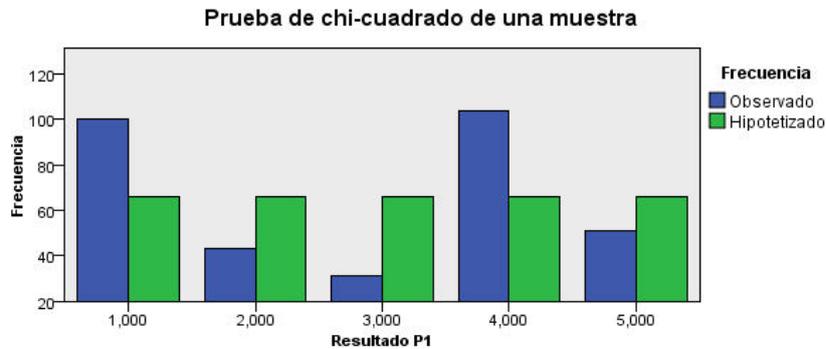
	N	Media	Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Nota P1	329	46,82	1,726	31,298
N válido (según lista)	329			

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].



**Fig. 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.



<b>N total</b>	329
<b>Probar estadística</b>	69,587
<b>Grados de libertad</b>	4
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>	,000

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

**Fig. 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.

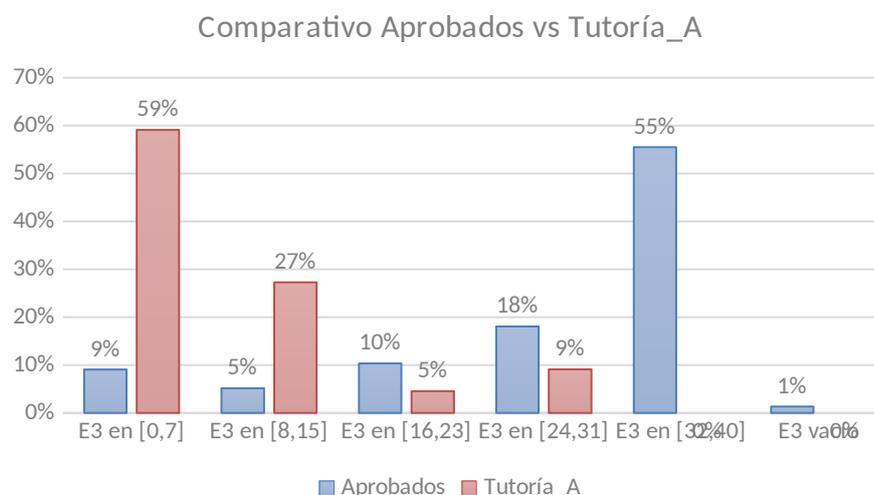
Cada segmento posee su criterio académico propio. Debido a que, como ya se dijo, esto define la estrategia de tutoría, se denominan Tutoría\_A; Tutoría\_B y así sucesivamente. A continuación, a modo de ejemplo, se consigna la Tutoría\_A.

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

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

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.



**Fig. 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.

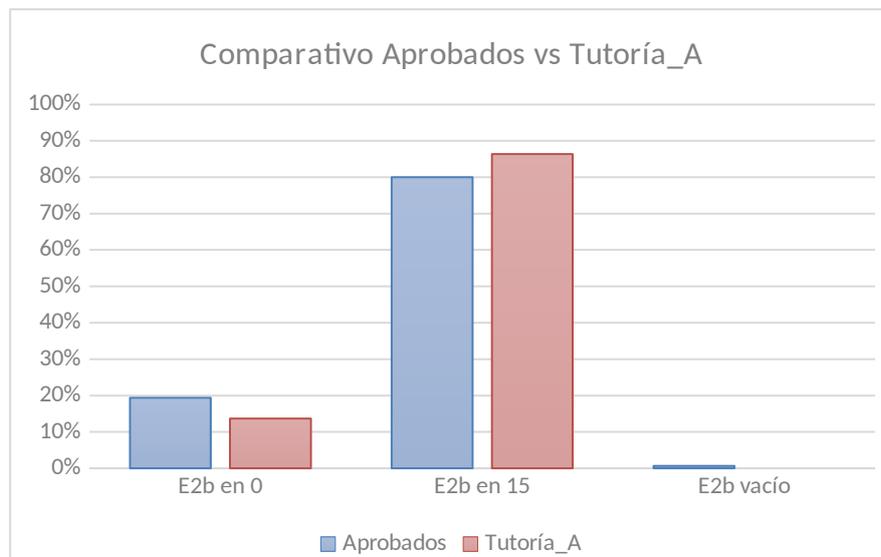
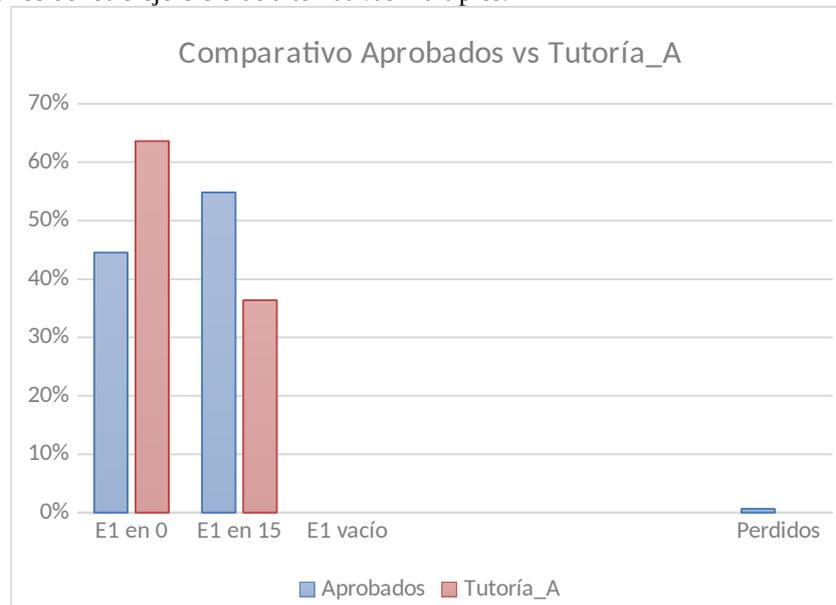


Fig. 4. Comparación de desempeño, Ejercicio 2.b.

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



**Fig. 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.

Establecidas las directrices para el segmento de Tutoría\_A, se desarrolla una nueva instancia de indagación. Los estudiantes de ese segmento son convocados a un en-

cuentro con los docentes de la cátedra y la pedagoga del Proyecto de Investigación. Asisten 19 de los 22 estudiantes del segmento (86%). Interesa profundizar aquellos casos 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? Es decir, 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.

Primeramente, se aplica la encuesta EPOSTP. Los resultados de esta instancia se analizan en un momento posterior al encuentro con los estudiantes. Se resumen los emergentes más notorios, sobre los 22 estudiantes, de algunas de las 7 preguntas.

Pregunta 1: ¿Qué características tiene un ejercicio para que lo consideres fácil o difícil? El 36% señala que esta valoración está directamente asociada con la comprensión o interpretación de la consigna.

Pregunta 3: Antes de conocer tu nota ¿creías que habías aprobado el primer parcial? El 50% indica que no creía haber aprobado.

Pregunta 4: ¿Pediste ver tu parcial? En caso afirmativo ¿entendiste las correcciones que te efectuaron? El 59% señala que tuvo oportunidad de ver su evaluación y reconoce los errores efectuados. Sólo 2 alumnos manifiestan no entender las correcciones efectuadas por la cátedra.

Pregunta 6: ¿Qué tan confiado te sientes para aprobar el Segundo Parcial? Corresponde aclarar que esta pregunta se formula 8 días antes de la segunda evaluación. La mayor cantidad de alumnos, el 45% afirma que “no está nada confiado” en aprobar. El 13% manifiesta una “confianza media” y 27% dice estar bastante confiado.

Pregunta 7: ¿Qué dificultades sentís que tienes para cursar exitosamente la asignatura? Predomina, con un 36% la dificultad relativa a la baja comprensión o interpretación de conceptos. Emerge también la baja concentración y la falta de tiempo para estudiar y practicar.

Retomando el encuentro con los alumnos de Tutoría\_A, y finalizada la aplicación de la encuesta EPOSTP1, los docentes de la cátedra socializan las conclusiones derivadas de los resultados del primer parcial: los aciertos, los errores más frecuentes, las respuestas ofrecidas en la encuesta EP1, las posibles inconsistencias entre los resultados y las valoraciones ofrecidas por ellos. Seguidamente, bajo la moderación de la pedagoga, se procede a tomar registro de la entrevista grupal. Los alumnos son invitados a manifestar sus opiniones sobre el parcial y otras más de carácter personal, como por ejemplo, las explicaciones que asignan a la circunstancia de no haber aprobado la evaluación. Dado el carácter colectivo de esta entrevista, se registra una participación dispar. La mayoría participa, pero algunos estudiantes no expresan ninguna opinión, a lo sumo, manifiestan acuerdo con los dichos de sus pares. Entre estos dichos se repiten las dificultades en la interpretación de enunciados durante el parcial, reafirmando lo

expresado en la encuesta, lo que los conduce a una propuesta de solución imprecisa. Algunos alumnos reconocen haber estudiado de memoria los componentes y tener dificultades para adecuarlos y combinarlos en la solución de un problema en particular, sin embargo, insisten en la necesidad de contar con ejercicios resueltos como modelos de solución. Esto podría significar un nivel básico de razonamiento, un estado de replicación de soluciones, que no alcanza para formular propuestas creativas y propias y evolucionar hacia un estado de organización del conocimiento, en el que se categorizan los problemas para el planteo de las soluciones. Estas observaciones indican que se debe procurarse el desarrollo del pensamiento creativo de los estudiantes.

Finalmente, como mecanismo de retención, se aplica a los estudiantes de Tutoría\_A una instancia remedial temprana denominada Coloquio P1. De los 19 estudiantes evaluados, 9 aprobaron (47%) y 10 reprobaron (53%). La nota media de los alumnos que participaron en el Coloquio P1 es 48,84, mientras que la registrada por estos alumnos en el Parcial 1 es de 48,68. La media de la nota de aquellos que aprobaron el Coloquio P1 es de 80, lo cual indica que el 47% de los alumnos logran una nota de aprobación, en promedio, 20 puntos por arriba del mínimo necesario para aprobar.

En la aplicación de este dispositivo se reconocen diferentes objetivos. Para el estudiante, sin duda es una oportunidad de acreditar conocimientos. Para la cátedra, este objetivo también es primario. Para la investigación, es fundamental validar el dispositivo como mecanismo para fortalecer la confianza, de cara a la próxima evaluación sobre Algoritmos. Los resultados que se muestran en la figura 6 orientan el diseño del trayecto específico de este segmento. A partir de ellos, el motor de IA, motivo de esta investigación, definiría las acciones tutoriales adecuadas.

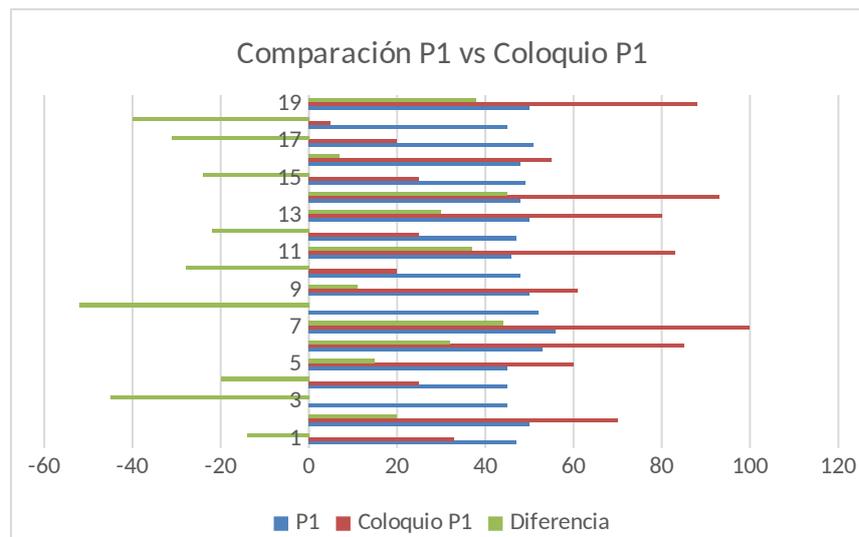


Fig. 6. Instancia remedial Tutoría\_A. Resultados Coloquio P1 y comparación con P1.

## 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. 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?, si así fuera, ¿podría pensarse que este comportamiento es más bien atribuible al estilo de redacción de las consignas que adopta la cátedra?, este estilo ¿contribuye sistemáticamente al error? Estos y otros interrogantes similares, podrían conducir a redefinir ciertas posiciones pedagógicas, en tanto sugieren una inmediata revisión de prácticas docentes. En este supuesto, el motor de IA constituiría, además, un orientador de trayectos de tutoría basado en la revisión de las prácticas que obstaculizan los aprendizajes de nuestros estudiantes iniciales de Programación. Es decir, un eficaz motor inteligente que aprende de los docentes y del cual ellos aprenden y apoyan su acción tutorial.

## Bibliografía

1. Ausubel, D.; Novak, J. y Hanessian. H. (1983) *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
2. Bienkowski, M., Feng, M. y Means, B. (2012) Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics: An issue brief. En ED.gov US Department of Education. Recuperado de:  
<http://www.ed.gov/edblogs/technology/files/2012/03/edm-la-brief.pdf>
3. Blog Andalucía Digital (2017). “Claves y usos de la Inteligencia Artificial en Educación”. Recuperado de:  
<https://www.blog.andaluciaesdigital.es/inteligencia-artificial-educacion-claves-usos/>

4. Carrillo, M.; Valencia, H. (2003). Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje: representación del conocimiento y educación virtual. TED: Tecné, Episteme y Didaxis. 10.17227/ted.num13-5583.
5. Carter, M. (2014). Adaptive Learning Technology: What It Is, Why It Matters. En Eduventures. Recuperado de: [http:// www.eduventures.com/2014/04/adaptive-learning-technology-matters/](http://www.eduventures.com/2014/04/adaptive-learning-technology-matters/)
6. Davey, T. (2011). A Guide to Computer Adaptive Testing Systems. En CCSSO. Recuperado de: [https://pdfs.semanticscholar.org/71d9/d258a7b161db2a3848b85afaedc105ef11fa.pdf?\\_ga=2.109717957.1347591955.1562598557-912866126.1562598557](https://pdfs.semanticscholar.org/71d9/d258a7b161db2a3848b85afaedc105ef11fa.pdf?_ga=2.109717957.1347591955.1562598557-912866126.1562598557)
7. Erica, E, Marina-Vicario, C, Navarro, Y (2017) "Sistema educativo multimedia para el apoyo del aprendizaje autónomo de metodología de la programación". Research in Computing Science, Vol. 145, pp. 37-50. [http://www.rcs.cic.ipn.mx/rcs/2017\\_145](http://www.rcs.cic.ipn.mx/rcs/2017_145)
8. Felder, R, Silverman L. (2002) "Learning and teaching styles in engineering education", Engineering Education Journal Vol. 78 Num. 7. p. 6 74-681. Consultado 5 julio 2006 en [www.ncsu.edu/effective\\_teaching/paper/LS-1988.pdf](http://www.ncsu.edu/effective_teaching/paper/LS-1988.pdf)
9. Feldstein, M. (2014). Learning Analytics and Adaptive Learning. En e-Literate TV. Recuperado de (es un video): <http://e-literate.tv/s1-e5/>
10. Giraffa, L. M. M.; Nunes, M. A.; Vicari, R.M. (1997) Multi-Ecological: an Learning Environment using Multi-Agent architecture. MASTA'97: Multi-Agent System: Theory and Applications. Proceedings. Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
11. González, A., Esnaola, F y Martín, M. Comp. (2012) "Propuestas educativas mediadas por tecnologías digitales: Algunas pautas de trabajo" Ed. EUNLP. Recuperado de: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/25803/Documento\\_completo\\_.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/25803/Documento_completo_.pdf?sequence=3)
12. Keefe, J. (1988). Aprendiendo Perfiles de Aprendizaje. Asoc. Nacional de Escuelas Secundarias.
13. Lavilla, M. (2016). "inteligencia artificial las tecnologías cambiaran la educación 2030". Recuperado de: <http://www.aikaeducacion.com/tendencias/inteligencia-artificial-las-tecnologias-cambiaran-la-educacion-2030/>
14. León Rodríguez, G; Viña Brito, S (2017) "La inteligencia artificial en la educación superior. Oportunidades y Amenazas". INNOVA Research Journal, Vol 2, No. 8, pp 412-422. ISSN 2477-9024. Recuperado de: <https://docplayer.es/60171982-La-inteligencia-artificial-en-la-educacion-superior-oportunidades-y-amenazas.html>
15. Morales, f. (s.f.). SCHOLAR: El primer Tutorial Inteligente. En UNED. Recuperado de: [http:// www.uned.es/pfp-internet-y-educacion/ scholar.html](http://www.uned.es/pfp-internet-y-educacion/scholar.html)
16. Observatorio de Innovación Educativa (2014), "Aprendizaje y Evaluación Adaptativos". Reportes EduTrends. Tecnológico de Monterrey. Recuperado de: <https://observatorio.itesm.mx/edutrendsaprendizajeadaptativo>
17. Pozo Muncio, I. (1999). *Aprendices y Maestros*. Alianza.
18. Wenger, E. (1987) "Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge". Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA ©1987. ISBN:0-934613-26-5
19. Wolf, B. (1984). Context Dependent Planning in a Machine Tutor. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.