

Modelo Bayesiano para el Diagnóstico del Aprendizaje en Alumnos de Inteligencia Artificial

Pablo Pytel¹, Cinthia Vegega¹, Ariel Deroche¹, Mariana Acosta¹ & María Florencia Pollo-Cattaneo¹

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS). Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.
{ ppytel , marianaapaolacosta, flo.pollo }@gmail.com

Resumen. La comunidad educativa ha encontrado en las TIC una herramienta muy útil para asistir el proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre sus principales tareas se encuentran la monitorización y el diagnóstico del nivel de conocimiento que poseen los alumnos. Sin embargo, estas tareas requieren el diseño de sistemas informáticos donde deben aplicarse principios y técnicas de la Inteligencia Artificial. En tal sentido, las Redes Bayesianas son un tipo de Sistema Inteligente que permite generar un modelo probabilístico a partir de la combinación de información histórica disponible y la experiencia de los docentes. De esta manera, es posible identificar el estilo de aprendizaje, el cual representa la forma en que los estudiantes adquieren y entienden los temas dictados. En este contexto, el presente trabajo se propone analizar los resultados de aplicar dicha tecnología en una asignatura de grado y así asistir a los docentes a comprender mejor el comportamiento de sus alumnos.

Palabras Claves: Educación y Tecnología. Formación de Ingenieros. Estilos de Aprendizaje. Redes Bayesianas.

1. Introducción

Dentro del marco del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012–2016 se ha identificado, como una de las acciones, la aplicación de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la enseñanza y el aprendizaje [1]. Esto ha motivado a que la comunidad educativa haya encontrado en las TIC una herramienta muy útil para asistir al proceso de enseñanza-aprendizaje [2]. Entre sus principales tareas se encuentra la monitorización del aprendizaje y la evaluación continua junto con un apoyo técnico y pedagógico permanente [3].

En ese sentido, poder diagnosticar el nivel de conocimiento o dominio que poseen los alumnos con respecto sobre los contenidos de la asignatura es una función fundamental para entender y modelar el comportamiento de los estudiantes [4]. Aunque cada persona tiene un estilo de aprendizaje propio, la incorporación en el proceso pedagógico de recursos y estrategias que abarquen los principales perfiles de los alumnos es una herramienta que le va a permitir al docente intervenir positivamente en su interés y motivación [5]. De esta manera, será posible involucrar a los estudiantes en el proceso pedagógico y lograr una mejora significativa en su

rendimiento académico. Sin embargo, la automatización de estas tareas requiere el diseño de sistemas informáticos realmente adaptativos capaces de organizarse de manera autónoma y rápida a la multiplicidad de variables que forman parte de un contexto formativo. Por lo tanto, no pueden ser alcanzados a través del uso de sistemas software convencionales, sino que deben aplicarse principios y técnicas de la Inteligencia Artificial [6].

En este contexto, los docentes de una asignatura de grado han decidido implementar un Modelo Bayesiano que permita diagnosticar el grado de entendimiento o conocimiento que tienen sus alumnos. Así, además de identificar las características que tienen los estudiantes, será posible implementar un mecanismo para recomendarle (al alumno) la manera en que deben organizar sus tiempos de estudio para poder regularizar la materia. Para ello, en este trabajo, primero se describe las características principales de la asignatura considerada (sección 2) y de la tecnología aplicada (sección 3). Luego, se presenta el modelo generado (sección 4) con el correspondiente análisis de sus resultados (sección 5). Finalmente, se indican las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 6).

2. Descripción del Contexto

En el quinto nivel de la carrera 'Ingeniería en Sistemas de Información' de la Universidad Tecnológica Nacional se encuentra la asignatura 'Inteligencia Artificial'. Esta asignatura tiene como objetivo introducir al alumno en el estudio de la Inteligencia Artificial (IA) y su aplicación en el abordaje de situaciones que se presentan en su actividad profesional [7].

Para los docentes de la asignatura en la Facultad Regional Buenos Aires, esto implica involucrar al alumno con las diversas tecnologías que brinda la IA para la construcción de Sistemas Inteligentes [8], entre las que se destacan los Sistemas Basados en Conocimiento (SBC), los Sistemas Expertos (SE), las Redes Neuronales Artificiales (RNA) y los Algoritmos Genéticos (AG). Complementado con estas arquitecturas, dentro del temario de la asignatura, también se incluyen los aspectos ingenieriles a dicha construcción, los cuales se engloban dentro de la 'Ingeniería del Conocimiento' o INCO [9]. En tal sentido, el equipo docente hace hincapié en las técnicas asociadas a la Adquisición de Conocimientos tales como Emparrillado y Análisis de Protocolos (AP). Asimismo, se desarrollan conceptos asociados a los Métodos de Búsqueda y Lógica de Primer Orden.

Durante el cuatrimestre, todos estos temas son desarrollados en clase siguiendo una planificación definida previamente por la cátedra. Al finalizar cada clase, los alumnos reciben la lista de apuntes correspondiente al tema que deben estudiar y un conjunto de ejercicios para practicar. Para regularizar la cursada se deben aprobar dos trabajos prácticos grupales y un examen integrador:

- Por una parte, cada grupo (entre 3 y 6 integrantes) debe presentar la resolución de un AP como primer trabajo práctico; y, como segundo, un informe sobre la construcción de un Sistema Inteligente (RNA o AG) que se aplique a la solución de un problema seleccionado por los alumnos. Para mayor información sobre este trabajo práctico se recomienda consultar [10].

- Por otra parte, cada alumno debe aprobar un examen donde se evalúan todos los temas (teóricos y prácticos) desarrollados mediante 21 preguntas de opción múltiple. Mayor detalle sobre la estructura de este examen se puede encontrar en [11; 12]. En caso de no aprobar esta evaluación parcial, el alumno podrá rendir hasta dos instancias de recuperatorio con preguntas y ejercicios similares.

Uno de los problemas identificados en la asignatura es la falta de estudio de los alumnos durante el cuatrimestre. Dado que la mayoría están próximos a finalizar sus estudios, ya se desempeñan laboralmente, lo cual acota los tiempos libres debido a la extensión de la jornada laboral y los traslados hogar/facultad/lugar de trabajo. Por ese motivo, la gran mayoría tiende a estudiar sólo en las fechas próximas a los exámenes, imposibilitando el alcance de niveles de profundidad conceptual adecuados para la aprobación. Esto ha motivado que el equipo docente haya decidido desarrollar un recurso didáctico y tecnológico que aproveche los tiempos ociosos con los que cuenta todo estudiante en cualquier lugar en donde se encuentre [13]. Basado en tecnología móvil, la aplicación IApp tiene como objetivos facilitarle al alumno el proceso de repaso, autoevaluación, corrección y afianzamiento del aprendizaje, y brindarle a los docentes información sobre el estado de dicho proceso. Para lograr una exitosa inserción de la aplicación, y mejorar así el rendimiento académico del alumnado, es imprescindible identificar cuáles son las características de los estilos de aprendizaje y su relación con el contenido de la asignatura. De esta manera, se podrá contar con información útil y válida para que la cátedra pueda tomar las decisiones correspondientes.

3. Materiales y Métodos

Para llevar a cabo el estudio propuesto se utilizan las Redes Bayesianas [14]. Este tipo de Sistema Inteligente permite la implementación de un grafo acíclico dirigido, el cual combina la potencia del Teorema de Bayes con la expresividad de las redes semánticas para generar predicciones causales. Una de sus ventajas es que, además de poder ser construida en forma automática a partir de un conjunto de observaciones previas, tiene la capacidad de incorporar conocimientos especializados del dominio junto con dicha información histórica [6]. En tal sentido, se logra obtener un sistema especializado, denominado Sistema Experto, el cual es capaz de hacer inferencias semejantes a las humanas.

Aunque las Redes Bayesianas surgen del campo de la IA, gracias a su gran flexibilidad se aplican a múltiples campos y disciplinas. Dentro del ámbito educativo existen muchos trabajos tales como [6; 15-19] donde se aplica para el modelado del estilo de aprendizaje de estudiantes. A partir de los resultados cuantitativos y cualitativos generados por el modelo, es posible representar el conocimiento (o entendimiento) que los alumnos tienen sobre los contenidos de un curso o asignatura. De este modo, se puede estudiar al alumno desde el punto de vista de lo que éste ya sabe para ser contrastado con el conocimiento experto de los docentes [19]. Dado que cuando el estilo de enseñanza coincide con las características de los estudiantes se logra un mayor grado de aprendizaje [15], esta información será muy útil para que docentes planifiquen e implementen futuras estrategias pedagógicas.

4. Modelo Bayesiano

Para la construcción del Modelo Bayesiano propuesto se han empleado datos históricos de exámenes parciales y trabajos prácticos, junto con un cuestionario teórico llevado a cabo dos semanas antes del examen parcial. A partir de estos datos, se han generado redes bayesianas parciales que luego fueron integradas en la red que se muestra en la Figura 1. A su vez, usando la información suministrada por los docentes, a esta red se le han agregado los nodos indicados en la Figura 2. Dichos nodos permiten predecir el grado de conocimiento o entendimiento que tiene el alumno sobre cada tema y, de esa manera, poder recomendar los tiempos de estudio correspondientes. La descripción detallada de los datos, así como del trabajo realizado para la construcción y validación del modelo, se encuentra en el reporte técnico indicado en [20].

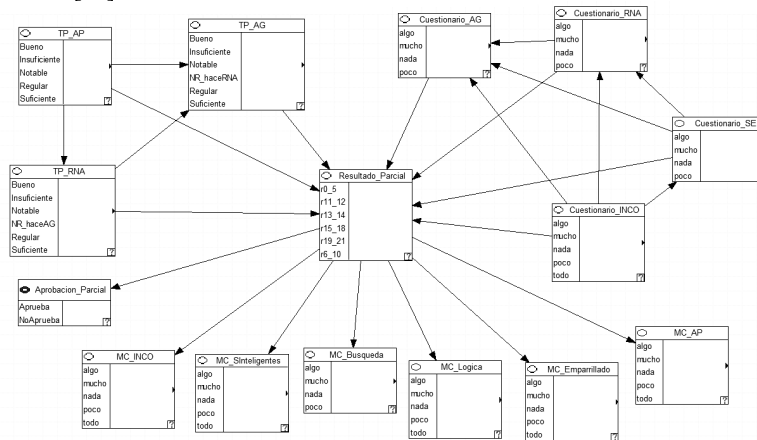


Fig. 1. Red Bayesiana integrada para predecir el desempeño del alumno en el examen parcial.

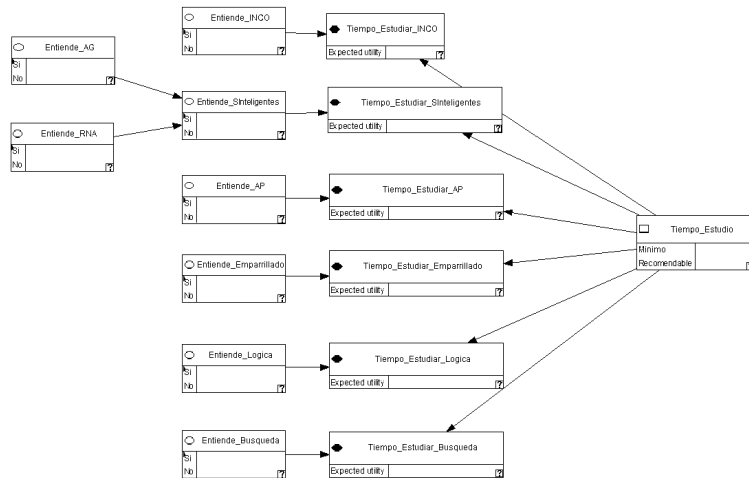


Fig. 2. Nodos utilizados predecir el grado de entendimiento y recomendar tiempo de estudio.

Como se puede observar en la Figura 1, a partir de los nodos asociados a las notas de los trabajos prácticos (nodos TP_AP, TP_RNA y TP_AG) y al desempeño en el cuestionario (Cuestionario_AG, Cuestionario_RNA, Cuestionario_SE y Cuestionario_INCO) es posible predecir las posibilidades que tiene el alumno de aprobar el examen parcial (nodos Resultado_Parcial y Aprobacion_Parcial). Estas probabilidades luego son propagadas para determinar el desempeño que tendrá el alumno en cada uno de los temas evaluados (MC_INCO, MC_SInteligentes, MC_Busqueda, MC_Logica, MC_Emparrillado y MC_AP). Luego, aplicando la experiencia y conocimientos de los docentes, se han incorporados nuevos nodos, que usando los resultados de los nodos anteriores, permiten pronosticar el grado de entendimiento que tiene el alumno sobre cada tema (nodos Entiende_INCO, Entiende_AG, Entiende_RNA, Entiende_SInteligentes, Entiende_Busqueda, Entiende_Logica, Entiende_Emparrillado y Entiende_AP que se muestran en la Figura 2). Con estos pronósticos, finalmente, es posible estimar el tiempo mínimo de estudio que debería emplear el alumno para entender los conceptos principales del tema (tiempo 'Mínimo') y un tiempo adicional recomendable para entender el tema completamente (tiempo 'Recomendable'). Estos tiempos son indicados por los nodos Tiempo_Estudiar_INCO, Tiempo_Estudiar_SInteligentes, Tiempo_Estudiar_Busqueda, Tiempo_Estudiar_Logica, Tiempo_Estudiar_Emparrillado y Tiempo_Estudiar_AP, los cuales son acumulados en el totalizador Tiempo_Estudio.

5. Discusión de los Resultados del Modelo Bayesiano

Con el Modelo Bayesiano debidamente construido y validado [20], se lo emplea para diagnosticar el grado de aprendizaje de los alumnos de la asignatura, y así identificar mayor información sobre su estilo de estudio. Para ello, primero se analiza el estilo normal de aprendizaje de un alumno que cursa la asignatura (sección 5.1) y luego de los comportamientos de casos extremos que pueden ocurrir (sección 5.2).

5.1. Análisis del Estilo Normal de Aprendizaje de los Alumnos

Para analizar el comportamiento normal de un alumno que cursa la asignatura se le solicita al modelo que realice una predicción sin haberle definido previamente ninguna evidencia en particular sobre un alumno. Esto genera que se propaguen las probabilidades definidas a priori en base a la información suministrada y se obtengan los resultados que se pueden observar en las Figuras 3 y 4. Como se puede notar en la primer figura, todos los alumnos tienden a aprobar el examen parcial (61% en el valor 'aprueba' del nodo Aprobacion_Parcial), y con una buena nota ya que obtienen entre 15 y 18 respuestas correctas (con un 36% en el nodo Resultado_Parcial). Este comportamiento es conocido y se debe principalmente a los trabajos realizados anteriormente por la cátedra en [10-12] donde han logrado que la mayoría de los alumnos aprueben la evaluación parcial. Sin embargo, a este hecho, el modelo aporta mayor detalle sobre otros aspectos que se describen a continuación:

- Con respecto a los trabajos prácticos:

Se puede observar que, en general, los grupos de alumnos presentan trabajos prácticos satisfactorios siendo muy pocos los desaprobados (valor 'insuficiente' en los nodos TP_AP, TP_AG y TP_RNA). Además, se puede notar que el de Análisis de

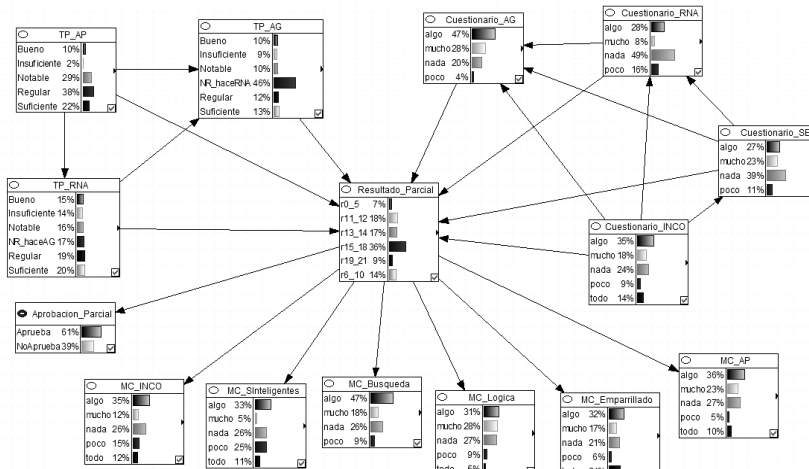


Fig. 3. Diagnóstico del comportamiento normal de un alumno que cursa la asignatura.

Protocolos tiende a recibir mejores notas (valor 'notable'). Por otra parte, se observa que la mayoría de los alumnos prefieren llevar a cabo la implementación de una Red Neuronal Artificial antes que un Algoritmo Genético. Según lo sugerido por los docentes, esto se debe a que la primera tecnología requiere menor tiempo de codificación que la segunda (sobre todo al aplicar herramientas ya disponibles).

o Con respecto al cuestionario tomado antes del examen parcial:

Es importante destacar el bajo rendimiento de los alumnos en estas preguntas teóricas. Para los temas Redes Neuronales Artificiales y Sistemas Expertos hay una probabilidad del 49 y 39% respectivamente de no saber 'nada' del tema (esto es equivalente a haber respondido hasta una sola respuesta del tema), mientras que para Algoritmos Genéticos e Ingeniería del Conocimiento se podría decir que saben 'algo' del tema (lo que equivale a dos respuestas correctas de cada tema).

Lo notable es que, a pesar de esta aparente falta de entendimiento, el alumno igual tiene buenas probabilidades de aprobar la evaluación parcial. Se presume que esto se debe a que, como se mencionó anteriormente en la sección 2, los alumnos comienzan a estudiar sólo cuando se aproxima la fecha del examen. Esto significa que, en menos de dos semanas, logran aprender lo mínimo necesario de los contenidos teóricos y prácticos para aprobar el parcial. Más allá que esta situación puede ser afortunada para los alumnos, no es satisfactoria desde el punto de vista pedagógico ya que los conocimientos adquiridos son muy débiles y temporales (es muy probable que en poco tiempo, olviden lo poco que aprendieron).

o Con respecto a la distribución del desempeño en los temas del parcial:

Para la mayoría de los temas, los alumnos tienden a saber entre 'algo' y 'nada'. En otras palabras, un alumno suele contestar en promedio la mitad de las preguntas de cada tema, lo cual le es suficiente para aprobar. Esto confirmaría lo indicado en el párrafo anterior. No obstante, en los ejercicios de Lógica de Primer Orden, Emparrillado y Análisis de Protocolos puede suceder que se responda correctamente la mayoría y, en algunos casos, todas las preguntas. Dado que estos ejercicios son variados y no son sencillos (un alumno respondiendo al azar no tiene

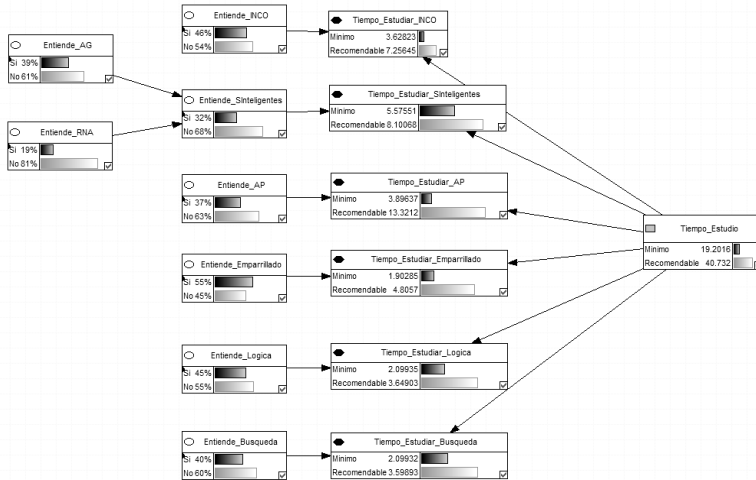


Fig. 4. Tiempos de estudio estimados según el comportamiento normal de un alumno.

oportunidades de acertar la mayoría de las respuestas, y menos todas), se concluye que, al momento de estudiar, le dedican mucho tiempo a la práctica de estos temas.

o Con respecto al grado de entendimiento de los temas:

Si se observa la Figura 4, se detecta que el alumno promedio no logra entender satisfactoriamente ninguno de los temas dictados. En general, no se puede saber en forma concluyente si entiende, o no, el tema por ser la diferencia de probabilidades en el orden del 10%. Al contrario, no cabe duda que los alumnos tienen problemas con Sistemas Inteligentes y Métodos de Búsqueda (por ser la probabilidad de que haya entendido del 32 y 40% respectivamente).

o Con respecto a los tiempos estimados de estudio:

Finalmente, considerando los resultados anteriores, el modelo estima que se debería emplear entre 19 y 41 horas para profundizar en el contenido de la asignatura y de esta forma reforzar el entendimiento en todos los temas. Si se considera que en un cuatrimestre hay alrededor de 12 semanas de clases antes del examen parcial, esto implica que un alumno que comienza a estudiar desde la primera clase debería estudiar entre 1½ y 3½ horas por semana, lo cual es razonable. En cambio, si empieza en las últimas dos semanas, debería emplear aproximadamente esa misma cantidad de horas *por día*, lo cual se requiere un gran esfuerzo y es poco viable.

5.2. Análisis del Estilo de Aprendizaje de Casos Extremos de Alumnos

Como última parte del análisis propuesto, se analiza el comportamiento de dos tipos extremos de alumnos. Por una parte, se analizan las predicciones para un alumno que al momento de responder el cuestionario no sabía nada de la materia (indicadas en la Figura 5); y, por otra parte, el caso del alumno que había estudiado antes del cuestionario por lo que respondió correctamente todas las preguntas (Figura 6).

En el primer caso, al indicar como evidencia que el estudiante tiene el valor 'nada' en cada uno de los cinco nodos correspondientes al cuestionario se obtienen los resultados que se muestran en la Figura 5. Como se observa, este tipo de alumno tiene

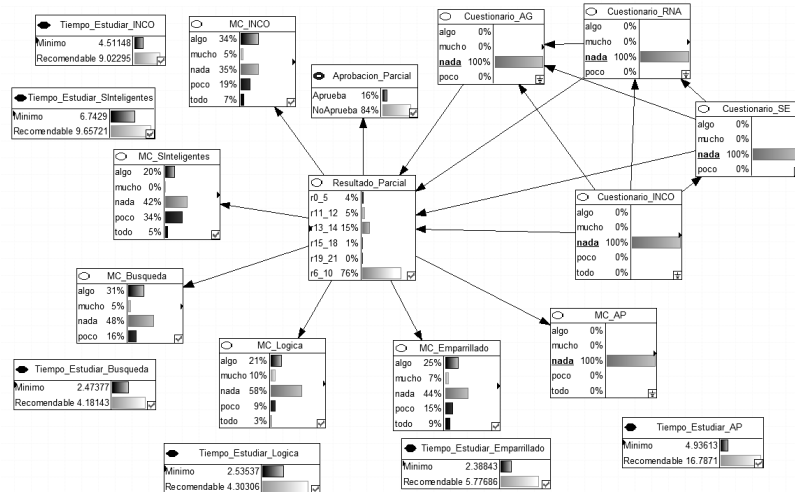


Fig. 5. Predicciones para un alumno que no sabía nada al responder el cuestionario.

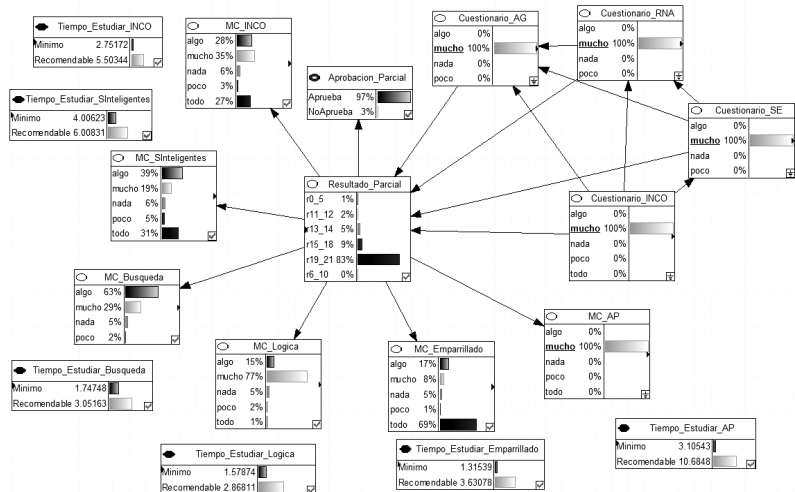


Fig. 6. Predicciones para un alumno que sabía todo al responder el cuestionario.

una probabilidad casi igual al 85% de no aprobar el examen parcial (con más del 75% de tener menos de 11 respuestas correctas). Esto le permite a los docentes confirmar que regularizar la cursada no es demasiado fácil y que sólo aprueban los alumnos que hayan adquirido algún conocimiento sobre los temas tratados. Dicha situación es muy útil e interesante porque también aplica a los estudiantes que comienzan a cursar la asignatura por primera vez. Si éstos no estudian nada durante el cuatrimestre, seguramente deberán recursarla. En cuanto al tiempo de estudio recomendado, para un alumno en esta situación se considera conveniente que invierta entre $23\frac{1}{2}$ y 50 horas en el entendimiento de los temas teóricos y prácticos de la asignatura. En un

cuatrimestre normal, esto equivale a entre 2 y 4¼ horas por semana desde la primera clase hasta el día del parcial.

Los resultados correspondientes al segundo caso estudiado se muestran en la Figura 6, donde se ha asignado el valor de ‘mucho’ a todos los nodos del cuestionario. Se puede decir que, esta es la situación en la que el alumno ha estudiado durante todo el cuatrimestre. Este tipo de alumno tiene un 97% de posibilidades de aprobar la evaluación parcial y con grandes posibilidades de conseguir una buena nota (al tener una probabilidad superior al 80% de tener más de 18 respuestas correctas). Pero, se debe recordar que esto es un modelo probabilístico, por lo que, a pesar de tener muy buenas posibilidades, de todas formas el alumno podría desaprobar. Para evitarlo, el modelo permite identificar los temas en que este tipo de alumno puede presentar un menor rendimiento (con mayor probabilidad en valores cercanos a ‘algo’ que ‘mucho’). Por lo tanto, sería recomendado emplear entre 8½ y 14½ horas para reforzar el estudio de la teoría de Sistemas Inteligentes e Ingeniería del Conocimiento, así como la práctica de Métodos de Búsqueda.

6. Conclusiones

En el presente trabajo se presentan los resultados de la aplicación de un Modelo Bayesiano en el ámbito de la asignatura ‘Inteligencia Artificial’ en la UTN-FRBA. A partir de las predicciones generadas por el modelo, se identifican y analizan tres tipos de estilos de aprendizaje.

Del análisis realizado se destaca que, aunque los alumnos suelen aprobar la evaluación parcial, en general el entendimiento de los temas no es sólido. Sin embargo, para Lógica, Emparrillado y Análisis de Protocolos se observa un mayor rendimiento. Dado que el desarrollo de estos temas prácticos se encuentra distribuido en varias clases (y en una única clase como sucede con el resto), esto parecería motivar a los alumnos comiencen antes su estudio y, por lo tanto, a lograr un mejor entendimiento. Estas conclusiones permiten a los docentes determinar cambios en la planificación de las clases y la implementación de nuevos mecanismos pedagógicos para mejorar el nivel del aprendizaje y entendimiento de los contenidos.

Por otra parte, el Modelo Bayesiano será integrado con la aplicación IApp. A partir de la información generada por esta aplicación, el modelo podrá predecir si un alumno se encuentra en condiciones de aprobar, o no, el examen; y así recomendarle cómo debe organizar sus tiempos de estudio. Asimismo, el modelo generará información pertinente a los docentes sobre la situación en que se encuentra cada alumno, la cual será retroalimentada mediante actividades dentro y fuera del aula.

Referencias

1. Secretaría de Políticas Universitarias (2012) *Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016*. Ministerio de Educación de la Nación Argentina. <http://tinyurl.com/kz9lrpz>. Disponible online en Junio de 2015.
2. Tornese, E. B., Algieri, R. D., Dogliotti, C. G., Gazzotti, A., Gómez, A., Jiménez, H. N., Mazzoglio & Nabar, M. J. & Rey, L. (2010) *Enseñanza audiovisual mediante TICs en Neurociencia*. 12 Jornadas Latinoamericanas de Neurociencia Cognitiva, Buenos Aires.

3. Seoane-Pardo, A. M. & García Peñalvo, F. J. (2006) *Criterios de calidad en formación continua basada en eLearning. Una propuesta metodológica de tutoría on-line*. <http://tinyurl.com/mb39dg4> Disponible online en Junio de 2015.
4. Özyurt, Ö., & Özyurt, H. (2015) *Learning style based individualized adaptive e-learning environments: Content analysis of the articles published from 2005 to 2014*. Computers in Human Behavior, 52, 349-358.
5. Díaz-Mosquera, E. (2012) *Estilos de aprendizaje*. Revista EíDOS 5, Julio-Diciembre 2012, 5-11. ISSN: 1390-499X. <http://tinyurl.com/pwx7hwg> Disponible online en Junio de 2015.
6. Benítez, N. G., Cabrera, Y. F. & Ramos, J. F. C. (2014) *La integración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones al control de indicadores de promoción en cohortes estudiantiles de la Educación Superior Cubana*. Revista Referencia Pedagógica, 2(1), 30-57.
7. UTN-FRBA (2008) *Programa la asignatura Inteligencia Artificial (Plan 2008)*. <http://tinyurl.com/p6tks2j> Disponible online en Junio de 2015.
8. Russell, S. J., Norvig, P., Davis, E., Russell, S. J. & Russell, S. J. (2010) *Artificial intelligence: a modern approach* (Vol. 2). Englewood Cliffs: Prentice hall.
9. García-Martínez, R. & Britos, P. (2004) *Ingeniería de Sistemas Expertos*. Editorial Nueva Librería. ISBN 987-1104-15-4.
10. Acosta, M., Vegega, C., Deroche, A., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, Ma F. (2014) *La implementación de tecnología informática en el aprendizaje de Redes Neuronales: del estudio "de manual" a la experiencia "en el aula"*. Libro de Actas de IX Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Págs. 47-56. Editorial UNDeC (Chilecito, Argentina). ISBN 978-987-24611-1-9.
11. Deroche, A., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, F. (2013a) *Propuesta de mejora en asignatura de grado mediante Explotación de Información*. Proceedings VIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Artículo ID 5492. ISBN 978-987-1676-04-0.
12. Deroche, A., Raus, N. A., Lujan, F. N., Vegega, C., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, M. F. (2013b) *Caso de Estudio de la aplicación de Procesos de Explotación de Información en Educación*. Memorias del 1er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIIISI 2013). ID 35-427-1-DR. ISSN: 2346-9927.
13. Deroche, A., Acosta, M., Vegega, C., Bernal Tomadoni, L., Straccia, L., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, M. F. (2015) *Propuesta de Desarrollo de Aplicación Móvil para la Evaluación Dinámica en Asignatura de Grado en Ingeniería en Sistemas de Información*. Proceedings XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Tecnología Informática Aplicada en Educación). Artículo 7074. ISBN 978-987-633-134-0.
14. Barber, D. (2012) *Bayesian Reasoning and Machine Learning*. The MIT Press.
15. García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., & Campo, M. (2007) *Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles*. Computers & Education, 49(3), 794-808.
16. Schiaffino, S., García, P., & Amandi, A. (2008) *eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students*. Computers & Education, 51(4), 1744-1754
17. Itoh, H., Itoh, Y., Funahashi, K., Yamamoto, D., Saito, S., Matsuo, H., & Takumi, I. (2014) *Forecasting students' future academic records using Bayesian network*. In Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS), 2014 Joint 7th International Conference on and Advanced Intelligent Systems (ISIS), 15th International Symposium on, IEEE 458-462.
18. Millán, E., Jiménez, G., Belmonte, M. V. & Pérez-de-la-Cruz, J. L. (2015) *Learning Bayesian Networks for Student Modeling*. In Artificial Intelligence in Education. Springer International Publishing, 718-721.
19. López-Faicán, L. G. & Chamba-Eras, L. A. (2015) *Redes bayesianas para predecir el estilo de aprendizaje de estudiantes en entornos virtuales*. AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento, 3(2), 107-115.
20. Pytel, P., Vegega, C., Deroche, A. & Pollo-Cattaneo, M. F. (2015) *Implementación del Modelo Bayesiano para el Diagnóstico del Aprendizaje en alumnos de Inteligencia Artificial*. Reporte Técnico GEMIS-TD-2014-01-TR-2015-01. Grupo de Estudio de Metodologías para Ingeniería en Software, UTN-FRBA. <http://tinyurl.com/q2qzelm> Disponible online en Julio de 2015.