

## La implementación de tecnología informática en el aprendizaje de Redes Neuronales: del estudio "de manual" a la experiencia "en el aula"

Acosta, M., Vegega, C., Deroche, A., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, Ma F.

Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS)

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires.

Medrano 951 (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Argentina. Buenos Aires Tel +54 11 4867-7511

mariana180676@gmail.com, ppytel@gmail.com, fpollo@posgrado.frba.utn.edu.ar

### Resumen

El presente trabajo describe la realización de un trabajo práctico en la asignatura 'Inteligencia Artificial' para el aprendizaje del tema de Redes Neuronales Artificiales. Ante la necesidad de mejorar la comprensión de dicha tecnología, la cátedra de la asignatura ha necesitado buscar un equilibrio de la teoría con las actividades prácticas. Esto se concretó a través de un tipo diferente de trabajo práctico que la cátedra se propuso experimentar en el año 2013. A partir de su implementación en los dos cuatrimestres de ese año, ha sido posible analizar los resultados de la evaluación de los trabajos prácticos realizados por los alumnos y su impacto sobre los exámenes parciales.

**Palabras clave:** Educación y Tecnología. Aprendizaje. Evaluaciones. Trabajos Prácticos.

### 1. Introducción

Entre los desafíos de la actividad docente, el abordaje de la articulación entre teoría y práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje, es de los más acuciantes y pone en juego nuestro "know how" profesional e involucra decisiones sobre el proyecto educativo y el contexto social [Masnatta *et al.*, 2013] y [Álvarez, 2012b].

En este marco, es habitual que la teoría sea desarrollada por los docentes mediante diferentes tipos de actividades: clases teóricas de corte tradicional (en las cuales el docente expone un tema específico), lectura de bibliografía especializada y debates.

Sin embargo, en las asignaturas de carreras ingenieriles normalmente es necesario buscar un equilibrio de la teoría con las actividades prácticas para lograr una mejor comprensión de los temas desarrollados. Esto se logra reconociendo la necesidad de los aportes que cada una realiza a la acción didáctica [Álvarez, 2012a]. Como es indicado en [Álvarez, 2012b]: "la relación teoría-práctica educativa constituye un eterno problema, al que a lo largo de la historia se le han dado dos tipos fundamentales de respuesta enfrentadas: el enfoque científico-tecnológico y el hermenéutico-interpretativo, que enfatizan en el poder de la teoría para dominar la práctica en el primer caso, y en el poder de la práctica para dominar a la teoría en el segundo".

En este contexto, la cátedra de una asignatura de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires (UTN FRBA) ha intentado saldar este tipo de desfase mediante la inclusión de un trabajo práctico y la modificación de su metodología de trabajo. De esta forma aspira inscribirse en la corriente de un tercer paradigma, aquel que pretende balancear los tantos.

En este artículo se describe primero, el contexto en que se realiza dicho trabajo (sección 2) y el problema detectado por la cátedra (sección 3). Luego, se identifica la solución propuesta (sección 4) la cual es

implementada y cuyos resultados obtenidos son analizados (sección 5). Finalmente, se presentan las conclusiones generales obtenidas con las futuras líneas de trabajo (sección 6).

## 2. Definición del Contexto

La Universidad Tecnológica Nacional es una casa de altos estudios que brinda formación en ingeniería y otras carreras técnicas. Entre ellas, se encuentra la carrera ‘Ingeniería en Sistemas de Información’, que tiene como objetivo formar profesionales de sólida capacidad analítica para la interpretación y resolución de problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de información [UTN-FRBA, 2008a]. Dentro de su Plan de Estudios [UTN, 2008] se hallan asignaturas sobre ciencias y tecnologías básicas (matemática, física, química y fundamentos de la informática) como también, asignaturas especializadas en metodologías, técnicas y herramientas para planificar, dirigir, ejecutar y controlar el desarrollo de proyectos orientados a los sistemas de información en general y sistemas software en particular.

En el quinto nivel de la carrera se encuentra la asignatura ‘Inteligencia Artificial’ (IA) cuyo objetivo es “introducir al alumno en el estudio de la inteligencia artificial y desarrollo de sistemas basados en conocimientos” [UTN-FRBA, 2008b]. Esto implica involucrar al alumno con las diversas tecnologías que la IA brinda a la construcción de software no tradicional denominadas como Modelos de Arquitecturas de Sistemas Inteligentes, entre las que se destacan las Redes Neuronales Artificiales (RNA), los Sistemas Expertos y los Algoritmos Genéticos.

Una RNA [Del Brío & Sanz Molina, 2005] imita la estructura hardware del sistema nervioso con la intención de construir sistemas de procesamiento de información en paralelo, distribuidos y adaptativos, que puedan presentar un cierto comportamiento “inteligente”. Para ello es necesario conocer la estructura interna biológica y computacional de las RNA, más allá de su funcionamiento,

métodos de aprendizaje, entrenamiento y clasificación.

## 3. Definición del Problema

Debido a la baja en la tasa de aprobación de los exámenes parciales en los últimos tres cuatrimestres (la cual se puede observar en la Tabla 1), detectada a principios del año 2013, la cátedra de la asignatura ‘Inteligencia Artificial’ de la UTN FRBA ha decidido aplicar procesos de Explotación de Información [Pollo-Cattaneo *et al.*, 2012] para identificar las causas de este problema. Como resultado de dicho estudio, cuyos resultados parciales se pueden encontrar publicados en [Deroche *et al.*, 2013a], [Deroche *et al.*, 2013b] y [Pollo-Cattaneo *et al.*, 2013], fue posible identificar los temas dictados que poseen mayor peso en las evaluaciones parciales realizadas por los alumnos.

Año	Cuat.	Aprobados	Desaprobados
2011	1 <sup>ro.</sup>	71%	29%
	2 <sup>do.</sup>	70%	30%
2012	1 <sup>ro.</sup>	63%	37%
	2 <sup>do.</sup>	57%	43%

**Tabla 1. Porcentajes de aprobación de los exámenes parciales por cuatrimestre.**

Entre los temas identificados se destaca el concepto de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Por su naturaleza, no es posible dictar este tema exclusivamente desde el punto de vista teórico ya que también se debe contemplar su componente práctico. Para que el concepto de RNA sea verdaderamente aprendido, es ineludible que los alumnos implementen un Sistema Inteligente con dicha tecnología. Pero, como la complejidad de esta implementación no admite que se lleve a cabo durante las horas de clase, la cátedra solicitó a los alumnos la realización de un trabajo práctico grupal. Tal y como puede observarse en la Tabla 2, en cada cuatrimestre, los enunciados y los objetivos de los proyectos variaron. Nótese que en el segundo cuatrimestre del 2012 no se realizó un trabajo

práctico sobre RNA porque se priorizaron otros temas.

Año	Cuat.	Trabajo Práctico RNA
2011	1 <sup>ro.</sup>	<i>A partir de una grilla de Sudoku asignada al grupo, entrenar una RNA para que determine una solución válida para el juego.</i>
	2 <sup>do.</sup>	<i>A partir de un problema y un conjunto de datos asignados al grupo, entrenar una RNA para que emule el comportamiento de los datos, y de esa forma resolver el problema.</i>
2012	1 <sup>ro.</sup>	<i>A partir de una fórmula matemática asignada al grupo, entrenar una RNA para que emule el comportamiento de la fórmula.</i>

**Tabla 2. Consigna del trabajo práctico de RNA por cuatrimestre.**

Al comparar la Tablas 1 y 2, se puede notar cierto paralelismo entre el porcentaje de parciales aprobados y el tipo de enunciado de este trabajo práctico. En el año 2011, al aplicar un trabajo práctico para resolver un problema real, el porcentaje de aprobados fue satisfactorio. En cambio, en el primer cuatrimestre de 2012, al aplicar un problema de características más teóricas, ese porcentaje disminuyó; lo cual empeoró en el segundo cuatrimestre, con la falta de trabajo práctico alguno.

Entonces, aunque la mera inclusión de la práctica no resolvía todos los problemas de comprensión, era evidente que poseía cierto impacto sobre el aprendizaje de los temas de la asignatura. Si bien la ejercitación se planteaba como una propuesta de resolución grupal, la estructura de la consigna no daba el puntapié necesario para la generación de un aprendizaje conjunto que pusiera en juego el aporte del pensamiento propio y del “aprender haciendo” en equipo. Un andamiaje aún demasiado tradicionalista sostenía las prácticas, haciendo

del docente el eje de las clases y del alumno el receptáculo/reproductor del conocimiento de aquél. A grandes rasgos, se podría decir que el énfasis estaba más en la enseñanza que en el aprendizaje

Por lo tanto, y a partir de lo expuesto anteriormente, la cátedra de la asignatura decidió realizar un viraje en la modalidad de este trabajo práctico hacia una concepción más creativa, en la que los roles docente-alumno activaran procesos conjuntos de producción de conocimientos.

#### 4. Solución propuesta

De acuerdo al problema descrito en la sección anterior, la solución propuesta consiste en la realización de un trabajo práctico que tenga como objetivo permitir a los alumnos comprender el funcionamiento básico de una RNA y los pasos necesarios para su entrenamiento. Por ello, cada grupo de alumnos debe implementar un Sistema Inteligente de este tipo para resolver un problema previamente seleccionado por ellos. Con la intención de evitar que los alumnos escojan un problema que no pueda ser resuelto por esta tecnología, el trabajo práctico ha sido organizado en dos entregas.

Primero, como parte de una entrega parcial, cada grupo de alumnos debe presentar el problema seleccionado a los docentes para que éstos lo analicen. El problema es aceptado si cumple con las siguientes características:

- que no sea un problema puramente teórico;
- que tenga cierto nivel de importancia en algún ámbito científico, social o empresarial;
- que sea lo suficientemente complejo como para no ser resuelto por un software tradicional, pero tampoco tan complejo como para que no alcance el tiempo asignado al trabajo práctico (tres semanas);
- y que se cuente con suficientes datos como para poder realizar el entrenamiento correspondiente de la RNA.

Una vez que la entrega parcial es aprobada, los alumnos continúan con la entrega final. En

caso de no ser aceptado, el grupo debe presentar un nuevo problema.

La entrega final consiste en un informe que debe cumplir con los siguientes puntos:

- el modelo de RNA utilizado debidamente justificado con respecto al problema seleccionado;
- la arquitectura (o topología) de la RNA y la herramienta en que fue implementada;
- la estrategia de entrenamiento aplicada junto con los resultados del entrenamiento;
- el análisis de los resultados del entrenamiento teniendo en cuenta la teoría;
- las conclusiones del trabajo práctico; y
- todas las referencias utilizadas.

Además, cada grupo debe entregar los archivos “ejecutables” de la RNA (en caso de utilizar alguna librería especial, ésta también debe ser incluida) con todos los archivos complementarios para demostrar que la RNA fue entrenada por ellos (por ejemplo, los pesos de las conexiones calculadas en el entrenamiento).

Para evaluar la entrega final, los docentes examinan los informes recibidos para valorar los siguientes indicadores:

a) *Grado de Relevancia y Complejidad del problema a resolver*

Este primer indicador evalúa las características del problema seleccionado por los alumnos. Como se ha mencionado anteriormente, antes de la resolución del problema, los docentes otorgan su aceptación en la entrega parcial. De esta forma los alumnos no trabajan en un problema que no pueda ser resuelto por esta tecnología, que sea demasiado teórico o que sea demasiado simple.

Por lo tanto, al realizar la valoración del problema con la entrega final, los docentes sólo necesitan considerar dos dimensiones del mismo, aplicando una escala de tres valores posibles: *Alta*, *Media* y *Baja*.

La primera dimensión, “relevancia del problema”, mide la importancia que tiene en el ámbito correspondiente. Por ejemplo,

un problema con *alta* relevancia podría ser “identificar el tipo de cáncer de mama que posee una paciente”; uno de relevancia *media* “traducir una frecuencia dada a la nota musical más similar”; y, “reconocer si una jugada del juego Dominó es válida o inválida” se consideraría como de *baja* relevancia.

La dimensión de complejidad, en cambio, mide la dificultad que se presenta al intentar resolver el problema con una RNA. Generalmente, esta dificultad está muy asociada a la cantidad y calidad de los datos que se deben manejar. Así, un problema de *alta* complejidad sería “identificar a una persona en base al dibujo de su firma”; con complejidad *media*, “calcular la calidad de vinos en base a sus características”, y, *baja*, “reconocimiento de caracteres alfanuméricos ingresados en forma gráfica”.

b) *Adecuación del modelo de RNA aplicado para resolver el problema*

Este indicador establece si el modelo de RNA implementado es el correcto para resolver el problema. Para ello, los docentes consideran tanto el problema seleccionado como los modelos explicados en clase y en la bibliografía correspondiente.

c) *Adecuación de los datos aplicados en el entrenamiento*

Aquí se indica si los datos (también denominados como “patrones de entrenamiento”) identificados por los alumnos son los apropiados para realizar el entrenamiento de la RNA, de acuerdo al problema seleccionado y el modelo aplicado.

En esta etapa, los docentes deben evaluar tanto los atributos de los patrones de entrenamiento así como la cantidad de patrones que hay disponibles. Esto es así, ya que debe haber tantos patrones como alternativas de solución tenga el problema.

d) *Resultados del entrenamiento de la RNA*

Valora la medida en que los datos identificados por los alumnos han podido ser “aprendidos” por la RNA implementada.

Como resultado del entrenamiento, dependiendo de la arquitectura de la RNA y las características de los datos, puede suceder que la RNA aprenda todos los patrones (entrenamiento *exitoso*), la mayoría (entrenamiento *parcial*) o menos de la mitad (entrenamiento *fallido*). En caso de que el entrenamiento haya sido parcial o fallido, los alumnos deberían haber aplicado diferentes alternativas hasta mejorar los resultados.

e) *Claridad y Completitud del Análisis presentado*

Con este indicador se evalúa el nivel de completitud (*incompleto* o *completo*) y claridad (*confuso* o *claro*) del análisis realizado por los alumnos sobre los resultados del entrenamiento y los conceptos teóricos aplicados.

Este análisis tiene mucha importancia para los docentes ya que permite corroborar que los alumnos hayan entendido y aprendido correctamente los conceptos teóricos sobre este tema.

f) *Calificación del trabajo práctico*

Por último, y como resultado de la evaluación de los indicadores anteriores, el trabajo práctico puede ser calificado con alguno de estos valores:

- *No Aprobado (NA)* que significa que el informe presentado tiene varios errores graves y/o no cumple con varios de los requerimientos mínimos solicitados.
- *Aprobado<sup>-</sup> (A-)* cuando el informe tiene varios errores menores y/o no cumple alguno de los requerimientos solicitados.
- *Aprobado (A)* cuando se cumplen con todos requerimientos solicitados.
- *Aprobado<sup>+</sup> (A+)* en los casos donde la entrega sobrepasa las expectativas de los docentes.

## 5. Análisis de los Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la aplicación del trabajo práctico propuesto en el primer y el segundo cuatrimestre del año 2013. Para comenzar, se muestra en la sección 5.1 el análisis de la evaluación realizada por los docentes sobre los trabajos prácticos presentados. Luego, se indica el impacto que éstos tuvieron en los exámenes parciales tomados en ese año (sección 5.2).

### 5.1. Evaluación de los Trabajos Prácticos

En esta sección se presenta el resultado del análisis de los 26 trabajos prácticos correspondientes al primer cuatrimestre del año 2013, y los 22 del segundo cuatrimestre. Para realizar este análisis se toma de manera independiente cada uno de los indicadores definidos en la sección 4, como se puede ver a continuación:

a) *Evaluación del grado de relevancia y complejidad del problema a resolver*

Al evaluar los problemas seleccionados por los alumnos, se observa que en ambos cuatrimestres la mayoría de los trabajos prácticos tienen un buen nivel de relevancia y complejidad.

En la Tabla 3 se nota que más del 85% de los trabajos tienen una relevancia media o alta. Esto significa que la mayoría de los problemas resueltos se pueden considerar como de importancia en algún ámbito o dominio.

Cuat.	Relevancia		
	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
1 <sup>ro.</sup>	38%	50%	12%
2 <sup>do.</sup>	23%	68%	9%

**Tabla 3. Evaluación de la relevancia del problema seleccionado por los alumnos.**

Asimismo, al analizar la proporción de trabajos prácticos presentados según su complejidad (Tabla 4), se ve que la complejidad del problema también es media o alta en el 85% de los trabajos del primer

cuatrimestre y el 95% del segundo cuatrimestre.

Cuat.	Complejidad		
	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
1 <sup>ro.</sup>	46%	39%	15%
2 <sup>do.</sup>	45%	50%	5%

**Tabla 4. Evaluación de la complejidad del problema seleccionado por los alumnos.**

Esto demuestra que el haber solicitado una entrega parcial ha dado buenos resultados. Al permitir que los docentes realicen un pre-análisis del problema seleccionado, se ha logrado controlar el nivel de calidad de los problemas resueltos en la mayoría de los casos.

*b) Evaluación de la adecuación del modelo de RNA aplicado*

En la Tabla 5 se pueden observar los resultados de la evaluación del modelo de RNA aplicado. En la mayoría de los casos, los alumnos han implementado el modelo con la arquitectura correcta.

Cuat.	Modelo RNA	
	<i>Adecuado</i>	<i>No Adecuado</i>
1 <sup>ro.</sup>	77%	23%
2 <sup>do.</sup>	82%	18%

**Tabla 5. Evaluación del modelo de RNA implementado por los alumnos.**

Sin embargo, en el segundo cuatrimestre el porcentaje es aún mayor. Esto se debe a que, en ese cuatrimestre, al momento de hacer la devolución de la entrega parcial, los docentes preguntaron a los alumnos sobre el modelo que pensaban aplicar. En caso de notar dudas o imprecisiones importantes, los docentes orientaron sobre los principales conceptos relacionados y la bibliografía que debían consultar (siempre evitando darles la respuesta final).

*c) Evaluación de la adecuación de los datos aplicados en el entrenamiento*

Al evaluar la adecuación de los datos, se ve en la Tabla 6 que casi todos los grupos de

alumnos han utilizado los patrones de entrenamiento correctos teniendo en cuenta las características del problema y del modelo seleccionado.

Cuat.	Datos		
	<i>Adecuados</i>	<i>No Adecuados</i>	<i>No Especificados</i>
1 <sup>ro.</sup>	81%	15%	4%
2 <sup>do.</sup>	86%	14%	-

**Tabla 6. Evaluación de los datos utilizados por los alumnos.**

Nótese que en el primer cuatrimestre hubo un solo grupo que no indicó los datos que fueron aplicados. Este grupo (que fue desaprobado) se corresponde al 4% que aparece en la columna de “*Datos No Especificados*”.

A su vez, en la Tabla 7 se compara la adecuación de los datos con la adecuación del modelo de RNA aplicado (sin tener en cuenta el grupo previamente indicado). Como se puede observar, la mayoría de los grupos utilizaron el modelo y los datos más adecuados para el entrenamiento. Fueron muy pocos los grupos que optaron por el modelo incorrecto con datos inservibles para el entrenamiento.

Esto confirma que, en líneas generales, los principales conceptos han sido correctamente comprendidos por los alumnos.

Cuat.	Modelo RNA	Datos	
		<i>Adecuados</i>	<i>No Adecuados</i>
1 <sup>ro.</sup>	<i>Adecuado</i>	64%	12%
	<i>No Adecuado</i>	20%	4%
2 <sup>do.</sup>	<i>Adecuado</i>	73%	9%
	<i>No Adecuado</i>	13%	5%

**Tabla 7. Comparación de la adecuación del modelo con la adecuación de los datos aplicados.**

*d) Evaluación de los resultados del entrenamiento de la RNA*

El resultado de la aplicación de los datos al modelo de RNA para su entrenamiento se indica en la Tabla 8. Como se puede ver, en

más de la mitad de los casos se logró que la RNA aprenda todos los datos, es decir que el entrenamiento fue exitoso.

Cuat.	Entrenamiento		
	Exitoso	Parcial	Fallido
1 <sup>ro.</sup>	62%	12%	26%
2 <sup>do.</sup>	60%	35%	5%

**Tabla 8. Evaluación del entrenamiento de la RNA realizado por los alumnos.**

No obstante, en el primer cuatrimestre la cantidad de entrenamientos fallido fue bastante alta (superando el 25%). Esto se produjo tanto por una equivocada identificación de los datos y/o el modelo, así como por una mala elección de la herramienta aplicada para su implementación.

Con el objetivo de reducir este porcentaje, durante el segundo cuatrimestre, se les suministró a los alumnos una lista de herramientas que se consideran completas, confiables y fáciles de utilizar. Esto generó que la tasa de fallos bajara considerablemente.

#### e) Evaluación de la claridad y la completitud del análisis presentado

Al evaluar la calidad de los análisis realizados, se puede ver en la Tabla 9 que, a pesar de que la mayoría de los grupos presentan un informe completo, hay un problema con la claridad del mismo.

Cuat.	Análisis	Confuso	Claro
1 <sup>ro.</sup>	<i>Incompleto</i>	23%	7%
	<i>Completo</i>	35%	35%
2 <sup>do.</sup>	<i>Incompleto</i>	18%	5%
	<i>Completo</i>	41%	36%

**Tabla 9. Evaluación del análisis presentado por los alumnos.**

Se cree que esto se debe a dos motivos que escapan al objetivo del trabajo práctico. Por un lado, se detectó la falta de experiencia que poseen los alumnos de ingeniería en la redacción de informes de este estilo. Por otro lado, normalmente los alumnos dejan la preparación del informe para el último

momento, lo cual les impide realizar una revisión completa del mismo.

#### f) Calificaciones del Trabajo Práctico

Teniendo en cuenta la valoración de las métricas anteriores para cada trabajo práctico, los docentes deciden la aprobación o no del mismo. En promedio, la proporción es similar en ambos cuatrimestres (Tabla 10) y se considera que ha sido buena.

Son muy pocas las entregas (alrededor del 13%) que fueron desaprobadas (valor *No Aprobado* o NA) pero, aproximadamente el 25%, se aprobaron con algunos comentarios (*Aprobado-* o A-). Empero, se puede observar que la misma proporción ha superado las expectativas de los docentes (*Aprobado+* o A+).

Cuat.	Cantidad TPs	% Aprobación TPs			
		NA	A-	A	A+
1 <sup>ro.</sup>	26	12%	27%	38%	23%
2 <sup>do.</sup>	22	13%	23%	41%	23%
<i>Promedio</i>		<i>13%</i>	<i>25%</i>	<i>40%</i>	<i>23%</i>

**Tabla 10. Calificaciones del TP por cuatrimestre.**

## 5.2. Impacto en los Exámenes Parciales

Para finalizar con el análisis, en esta sección se estudia el impacto de este trabajo práctico sobre los exámenes parciales del año 2013.

A priori, se puede advertir en la Tabla 11, que en 2013 se ha revertido el problema en la tasa de aprobación de los exámenes parciales. Mientras que en el primer cuatrimestre de 2013, el porcentaje de aprobación era similar al del primer cuatrimestre de 2012; en el segundo cuatrimestre se ha superado el porcentaje de aprobación de 2011. Esto se ha logrado gracias a la realización del trabajo práctico descrito, como a otras medidas (como por ejemplo la devolución más detallada de los trabajos) detalladas en [Deroche, 2013a] y [Deroche, 2013b] que fueron implementadas por la cátedra para asistir el aprendizaje de los alumnos.

Año	Cuat.	Aprobados	Desaprobados
2011	1 <sup>ro.</sup>	71%	29%
	2 <sup>do.</sup>	70%	30%
2012	1 <sup>ro.</sup>	63%	37%
	2 <sup>do.</sup>	57%	43%
2013	1 <sup>ro.</sup>	61%	39%
	2 <sup>do.</sup>	72%	28%

**Tabla 11. Porcentajes de aprobación de los exámenes parciales incluyendo el año 2013.**

Para demostrar el impacto favorable que tuvo la realización del trabajo práctico sobre RNA en esta mejora de la tasa de aprobación de los exámenes parciales, se ha preparado la Tabla 12. En ella, se observa el porcentaje de preguntas sobre RNA contestadas correctamente por los alumnos comparando los resultados de los años 2012 y 2013.

Año	Cuat.	Cant. Correctas sobre RNA			
		0	1	2	3
2012	1 <sup>ro.</sup>	8%	39%	51%	2%
	2 <sup>do.</sup>	13%	43%	44%	0%
2013	1 <sup>ro.</sup>	6%	29%	60%	5%
	2 <sup>do.</sup>	4%	21%	69%	6%

**Tabla 12. Comparación de la cantidad de preguntas contestadas correctamente.**

Como mencionamos anteriormente, en el primer cuatrimestre del año 2012, se había realizado un trabajo práctico sobre RNA donde se debía emular una fórmula matemática. Aunque ese problema era bastante teórico, un poco más de la mitad de los exámenes parciales (el 51%) tuvieron la mayoría de las preguntas sobre el tema contestadas correctamente (es decir 2 o 3 respuestas aprobadas).

En cambio, en el segundo cuatrimestre, la cantidad de respuestas correctas fue muy baja. El 56% de los exámenes corregidos no superaban el máximo de una respuesta correcta. Esto se produjo probablemente por la falta de un trabajo práctico sobre el tema.

Finalmente, en el año 2013, la cantidad de respuestas correctas sobre RNA aumentó

considerablemente. En el primer cuatrimestre, el 65% de los exámenes tenía 2 o 3 respuestas correctas, mientras que en el segundo, se ha alcanzado el 75%. Este leve crecimiento se produjo porque los docentes decidieron hacer una devolución mucho más detallada sobre la evaluación de los trabajos prácticos. Esto generó que, a pesar de que el trabajo práctico tuviera algunos problemas en su realización, los alumnos pudieron comprender las fallas y darse cuenta de cuál hubiera sido la mejor forma de implementarlo.

Asimismo, se destaca el hecho que en ambos cuatrimestres la cantidad de exámenes con ninguna pregunta respondida correctamente es muy baja (un 6% en el primer cuatrimestre y un 4% en el segundo). Es decir que, salvo muy pocos alumnos, todos han logrado aprender el tema.

Por lo tanto, esto permite confirmar que la implementación del trabajo práctico de RNA con las características descriptas en este artículo, ha permitido a los alumnos adquirir y entender los conceptos teóricos y prácticos de esta tecnología.

## 6. Conclusiones

Históricamente, en el marco de la asignatura 'Inteligencia Artificial', la tensión entre las esferas de la teoría y la práctica se resolvió, casi naturalmente, a favor de la primera de ellas. La extensión en las aulas de este modelo didáctico, se materializó en clases que se destacaban por las exposiciones del docente y los ayudantes a cargo sobre los diferentes aspectos curriculares. Las evaluaciones, en continuidad con la línea expositiva de las clases impartidas, alternaban el modo oral y escrito en torno al relevo de contenidos.

Sin embargo, los resultados de las evaluaciones parciales durante el año 2012, llevaron a replantear esa decisión.

El resultado de este cambio, fue la puesta en práctica de una propuesta que otorgara relevancia a la construcción colectiva de conocimientos, de forma tal que éstos se tornaran significativos a largo plazo. Ello se

concretó a través de la realización de un tipo diferente de trabajo práctico que la cátedra se propuso experimentar en el año 2013. En este caso, fue una consigna que sin dejar de lado el planteo teórico, se presentara como un desafío en términos de una problemática que los alumnos debían identificar para poder resolver, que su motor fuera la discusión de un equipo que debía investigar, establecer conexiones, evaluar alternativas y tomar decisiones previas a la corrección, que ya no fue privilegio del profesor a cargo, sino herramienta reflexiva de la clase como auditorio conjunto.

El docente se mantuvo presente coordinando el proceso de aprendizaje, ofreciendo orientación, observando los avances y evaluado (en forma permanente) no sólo el desenlace, sino las propuestas y los debates a los que el grupo se fue sometiendo durante el desarrollo del ejercicio práctico. El resultado al que se arribó tras la implementación de esta dinámica de trabajo fue superior a las anteriores en términos cuantitativos y cualitativos, pues los alumnos no sólo comprendieron la especificidad de la arquitectura RNA y su implementación, sino la dimensión más ingenieril ligada al tema.

Queda como futura línea de trabajo, generalizar el trabajo práctico con las características propuestas para que también incluya la arquitectura de Algoritmos Genéticos en el desarrollo del Sistema Inteligente.

## Financiamiento

Los integrantes pertenecen al Grupo GEMIS - Grupo de Estudio de Metodologías para Ingeniería en Software y Sistemas de Información. La investigación que se reporta en el presente artículo ha sido financiada parcialmente por el Proyecto "UT11867: Prácticas y Aplicaciones de Ingeniería de Requisitos en Proyectos de Explotación de Información". Facultad Regional de Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional.

## Referencias

- Álvarez, C. (2012a) *La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje*. Educatio Siglo XXI, Vol. 30 n° 2, pp. 383-402.
- Álvarez, C. (2012b). *Autoformación y autocrítica. La relación teoría-práctica en la educación y el desarrollo profesional docente*. Editorial Académica Española.
- Del Brío, B. & Sanz Molina, A. (2005). *Redes Neuronales y Sistemas Difusos*. Ed. Alfaomega, 2da. Ed., México.
- 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.
- 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 (CoNaISI 2013). ID 35-427-1-DR. ISSN: 2346-9927.
- Masnatta, M., Vazquez, C. (2013) El nuevo contrato didáctico: la reconstrucción de los lazos educativos. Ponencia realizada en el marco del 6to Seminario Internacional de Educación a Distancia, Red Universitaria de Educación a Distancia (RUEDA). Mendoza. Argentina.  
[http://www.uncu.edu.ar/seminario\\_rueda/upload/t127.pdf](http://www.uncu.edu.ar/seminario_rueda/upload/t127.pdf) Disponible online en marzo de 2014.

- Pollo-Cattaneo, M., García-Martínez, R., Britos, P., Pesado, P., Bertone, R., Rodríguez, D., Merlino, H., Pytel, P. & Vanrell, J. (2012). *Elementos para una Ingeniería de Explotación de Información*. Revista Proyecciones 10(1), Pág. 67–84. ISSN 1667–8400.
- Pollo-Cattaneo, M.F., Deroche, A., Raus, N., Lujan, F., Vegega, C. & Pytel, P. (2013) *Análisis de exámenes en carreras de Sistemas mediante procesos de Explotación de Información*. En “Reflexiones sobre Ingeniería de Requisitos y Pruebas de Software” (Ed. Jaime Echeverri). Pág. 97-111. Editorial de la Corporación Universitaria Remington y Organización LACREST. ISBN 978-958-58070-3-7.
- UTN (2008). *Programa la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (Plan 2008)*. <http://tinyurl.com/nob28db> Disponible online en marzo de 2014.
- UTN-FRBA (2008a). *Perfil Profesional del Ingeniero en Sistemas de Información*. <http://tinyurl.com/pqqefwe> Disponible online en marzo de 2014.
- UTN-FRBA (2008b). *Programa la asignatura Inteligencia Artificial (Plan 2008)*. <http://tinyurl.com/qxgqvw1> Disponible online en marzo de 2014.