

Incio-Flores, F.A. & Capuñay-Sánchez, D.L. (2023). Factores endógenos y exógenos para el modelado y predicción del rendimiento académico de estudiantes universitarios. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26(2), 233-247.

DOI: <https://doi.org/10.6018/reifop.557911>

Factores endógenos y exógenos para el modelado y predicción del rendimiento académico de estudiantes universitarios

Fernando Alain Incio Flores¹, Dulce Lucero Capuñay Sanchez²

¹Universidad Nacional de Frontera

²Escuela de Educación Superior Pedagógico Público Monseñor “Francisco Gonzales Burga”

Resumen

El objetivo de esta investigación es diseñar e implementar un modelo de red neuronal artificial (RNA) que permita predecir el rendimiento académico de los estudiantes de la Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNIFSLB) en la asignatura Matemática. Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, no experimental, de tipo proyectiva y predictiva; se elaboró un cuestionario de respuestas dicotómicas para recolectar información de los factores que influyen en el rendimiento académico (RA). Para la validación del cuestionario se utilizó el criterio de juicio de expertos, y para la confiabilidad la prueba Kuder-Richarson (coeficiente de confiabilidad de 0.82). La población de estudio quedó constituida por 397 estudiantes de la UNIFSLB. El modelo de RNA se diseñó en el software MATLAB, el ajuste del modelo se realizó teniendo en cuenta el error cuadrático medio (0.27) y el coeficiente de correlación ponderado durante el entrenamiento, validación y prueba (0.92%). El modelo de RNA con los mejores resultados en la predicción está constituido por tres capas ocultas (35-42-31 neuronas en cada capa oculta) y una capa de salida (1 neurona). Se concluyó que es posible implementar un modelo de RNA con factores endógenos y exógenos para predecir el RA de los estudiantes.

Palabras clave

Factores endógenos y exógenos; rendimiento académico; red neuronal artificial; predicción.

Contacto:

Fernando Alain Incio Flores. fincio@unf.edu.pe Universidad Nacional de Frontera. Perú

Endogenous and exogenous factors for the modeling and prediction of the academic performance of university students

Abstract

The objective of this research is to design and implement an artificial neural network (ANN) model that allows predicting the academic performance of students at the Fabiola Salazar Leguía de Bagua National Intercultural University (UNIFSLB) in the Mathematics subject. This research presents a quantitative, non-experimental, projective and predictive approach; A dichotomous response questionnaire was developed to collect information on the factors that influence Academic Performance (AP). For the validation of the questionnaire, the expert judgment criteria was used, and for reliability the Kuder-Richarson test (reliability coefficient of 0.82). The study population was made up of 397 UNIFSLB students. The ANN model was designed in the MATLAB software, the model adjustment was performed taking into account the mean square error (0.27) and the weighted correlation coefficient during training, validation and testing (0.92%). The RNA model with the best prediction results is made up of three hidden layers (35-42-31 neurons in each hidden layer) and an output layer (1 neuron). It was concluded that it is possible to implement an RNA model with endogenous and exogenous factors to predict the AR of students.

Key words

Endogenous factors and exogenous; academic performance; artificial neural network; prediction.

Introducción

El Ministerio de Educación (MINEDU) peruano dentro de sus políticas educativas en la educación básica y en la educación superior prioriza el logro de competencias, esto con la finalidad de formar estudiantes capaces de combinar conocimientos, habilidades y destrezas, para dar solución a una problemática dada. El rendimiento académico es el encargado de medir el logro de competencias en los estudiantes, en el Perú este se mide en escala vigesimal, siendo 0 puntos la nota mínima desaprobatoria, 10.50 puntos la nota mínima aprobatoria y 20 puntos la nota máxima aprobatoria (excelencia académica). Diversas investigaciones señalan que el RA se ve influenciado por factores endógenos y exógenos al estudiante: sociodemográficos, académicos, psicológicos y ocupacionales, los cuales influyen significativamente en el logro de competencias (Cid-Sillero et al., 2020; Martínez-Vicente et al., 2019).

El modelamiento y la predicción utilizando RNA constituye una importante herramienta para dar solución a las múltiples exigencias que presentan los modelos estadísticos de regresión: tamaño muestral, normalidad, varianza, linealidad, entre otros (Barge-Caballero et al., 2021; Matabuena et al., 2020). Las RNA vienen siendo utilizadas constantemente en el ámbito educativo con fines de predicción, estas buscan anticiparse a un futuro cercano, por ejemplo: En Turquía, Çetinkaya y Baykan (2020) realizaron un estudio para predecir las habilidades de los estudiantes de secundaria en el campo de la programación, para tal fin utilizaron algoritmos de RNA presentes en la toolbox del programa Matlab; los parámetros de entrada

que la RNA recibía para su aprendizaje respondía a preguntas relacionadas a información demográfica del estudiante, calificaciones en cursos afines, resolución de problemas, dibujo de mapas y preguntas de pensamiento analítico. El modelo neuronal que implementaron permitió pronosticar ciertas habilidades de los estudiantes que caracteriza a un programador profesional: pensamiento analítico, resolución de problemas y aptitudes para la programación. Concluyendo de esta manera que las RNA constituyen un método de aprendizaje automático importante en la predicción. En la misma línea de investigación Yağcı y Çevik (2019) implementaron un modelo basado en RNA para predecir logros académicos de estudiantes de secundaria en los cursos de ciencias con el objetivo de proponer acciones en contra de su posible fracaso. Las variables de entrada que alimentaban el modelo de RNA albergaba información relacionada a los promedios de los cursos de química y física de años anteriores obtenidos por el estudiante y un cuestionario demográfico para la recolección de datos de esta índole. Finalmente, se logró construir un sistema de predicción altamente confiable y se propusieron acciones para prevenir el fracaso de los estudiantes. De igual forma, Raga y Raga (2019) y Reyes et al. (2019) utilizaron las RNA para predecir el rendimiento académico de estudiantes en diversos cursos de aprendizaje, en ambas investigaciones se concluyó que mediante la recopilación de datos y el uso de las RNA se pueden detectar patrones que permitan predecir ciertas variables de interés, entre las cuales podemos mencionar: rendimiento académico, deserción estudiantil, interés de asignatura a matricular, habilidades profesionales.

Predecir el rendimiento académico de los estudiantes de la UNIFSLB permitirá al docente ir en busca de nuevas estrategias de aprendizajes para mejorar el logro de competencias en los educandos, siendo estas el principal desafío del actual modelo educativo peruano. Las RNA simulan el comportamiento del cerebro humano (desarrollan un aprendizaje basado en la experiencia), el curso de Matemática pertenece al primer ciclo en el plan de estudio de las carreras profesionales de la UNIFSLB. Para que la RNA implementada pueda predecir el rendimiento académico, necesita información de aquellos estudiantes que ya cursaron la asignatura, siendo este influenciado por factores endógenos y exógenos al estudiante. Según Shah et al. (2021) y Solana et al. (2017), estos factores pueden ser agrupados en tres categorías: determinantes personales, determinantes sociales y determinantes institucionales.

Factores endógenos y exógenos

Los análisis univariados y multivariados muestran que estos factores desempeñan un rol importante en el rendimiento académico de los estudiantes (Guney, 2009). Para Hernández-Yépez et al. (2022), Palacios y Berger (2022) y Shah et al. (2021), la inteligencia, el sexo del estudiante, estado civil, situación laboral, la aptitud, el bienestar psicológico, la continuidad o el abandono de los estudios, la preparación académica previa a la universidad y las condiciones cognitivas son algunos de los determinantes personales que influyen en el logro o no logro de las competencias. Dentro de los determinantes sociales que influyen en el rendimiento académico encontramos al entorno familiar, el nivel educativo de los padres, las variables demográficas, el contexto socio económico y socio cultural (Dámaso-Flore & Serpa-Barriento, 2022; Martí et al., 2022; Solana et al., 2017). De igual forma, la infraestructura, la implementación de laboratorios y la biblioteca, los planes de estudio, la conectividad, plana docente, la gestión académica y administrativa, son determinantes institucionales que

influyen en el logro de competencias (Delgado et al., 2022; Mendaña-Cuervo & López-González, 2021).

Red neuronal artificial

Una red neuronal artificial es un modelo matemático computacional cuyo funcionamiento se asemeja al funcionamiento del cerebro humano (aprendizaje basado en la experiencia), el cual involucra la utilización de cierto número limitado de variables con la finalidad de predecir el comportamiento de fenómenos mediante el entrenamiento, capaz de procesar datos incompletos obteniendo buenos resultados (Cejudo et al., 2021; de León et al., 2021). De acuerdo a su estructura y según el número de capas, tenemos el Perceptron simple, Aladine, Perceptron Multicapa, redes de Feedforward, redes de Elman, redes de Hopfield, entre otras.

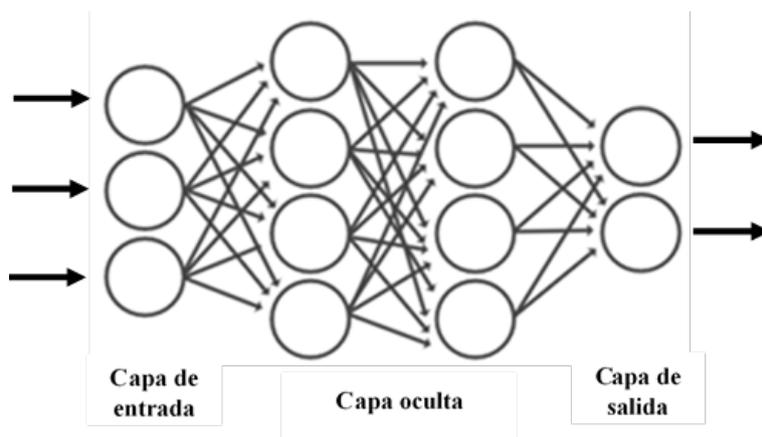


Figura 1. Arquitectura de una RNA

Nota. La estructura interna de una RNA está determinada por conexiones entre sí llamados pesos o sinapsis, un sumador encargado de ponderar la suma de las entradas afectadas por los pesos, una función de activación y una salida.

Método

Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, no experimental, de tipo proyectiva y predictiva (Hurtado, 2000). Se intentó trabajar con la totalidad de la población universitaria (445 estudiantes), no obstante, en el contexto de la educación remota y los problemas de conectividad causado por diversos factores, fue posible encuestar a 397 estudiantes. Para darle un soporte teórico al instrumento de recolección de datos se recurrió a la revisión bibliográfica (Dámaso-Flore & Serpa-Barriento, 2022; Delgado et al., 2022; Hernández-Yépez et al., 2022). Se elaboró un cuestionario de respuestas dicotómicas (sí-no), el cual consta de 41 preguntas que responden a los determinantes personales, sociales e institucionales que influyen en el rendimiento académico. En la validación del cuestionario se utilizó el criterio de juicio de expertos (McMillan & Schumacher, 2005), participaron cuatro profesores especializados en el objeto y metodología de esta investigación. Para la confiabilidad del instrumento se aplicó la prueba Kuder-Richarson (Cronbach, 1951; Foster, 2021), el coeficiente de confiabilidad obtenido fue de 0.82. La Tabla 1 describe las preguntas del cuestionario.

Tabla 1.

Factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes en el curso de Matemática

DIMENSIONES	Nº	Ítem
DETERMINANTES PERSONALES	1	¿Cuándo ingresaste a la universidad, estabas seguro que culminarías satisfactoriamente tus estudios universitarios?
	2	¿Eres perseverante?
	3	¿Anhelas el éxito?
	4	¿Tú carrera te motiva e ilusiona?
	5	¿Mantienes la concentración por tiempo prolongado al realizar tus tareas de Matemática?
	6	¿Durante le I ciclo te dedicaste exclusivamente a tus estudios?
	7	¿Durante le I ciclo te dedicaste a estudiar y a trabajar?
	8	¿Realizar tus tareas es una obligación?
	9	¿Realizar tus tareas es un placer?
	10	¿Te enorgullece tu universidad?
	11	¿En el primer ciclo me sentía a gusto con la relación que mantenía con mis compañeros de aula?
	12	¿Considero que el docente que me enseñó Matemática es un profesional capacitado?
	13	¿Considero que el contenido del curso de Matemática estuvo enfocado a mi carrera profesional?
	14	¿Considero que para conseguir buenos resultados académicos es necesario esforzarse?
	15	¿Considero que en secundaria me brindaron los conocimientos necesarios para afrontar el I ciclo de la universidad exitosamente?
	16	¿Cuándo asistía a clases de Matemática me sentía animado e interesado en aprender?
	17	¿Me siento identificado con la carrera profesional que actualmente estudio?
	18	¿Me siento satisfecho con la exigencia académica de mi universidad?
	19	¿Asistía frecuentemente a clases en el curso de Matemática?
	20	¿Mis estudios de nivel secundario (o parte de ellos) fueron realizados en una institución educativa pública?
	21	¿Mis estudios de nivel secundario (o parte de ellos) fueron realizados en una institución educativa particular?
	22	¿Ingresé a la UNIFSLB mediante la modalidad de examen ordinario?
	23	¿Ingresé a la UNIFSLB mediante la modalidad de centro pre de la universidad?
	24	¿Ingresé a la UNIFSLB mediante otra modalidad?
DETERMINANTES SOCIALES	25	¿La convivencia en mi casa es comprometida, democrática y armoniosa?
	26	¿En mi hogar me incentivan el estudio y la superación académica?
	27	¿En mi casa ocurren hechos de violencia física o verbal?
	28	¿Consumo drogas?
	29	¿Tengo problemas de alcoholismo?
	30	¿Alguno de mis padres tiene estudios concluidos de nivel superior universitario?
	31	¿En el primer ciclo tenía acceso a libros digitales de matemática en la web?
DETERMINANTES INSTITUCIONALES	32	¿Considero que la metodología del docente que me enseñó Matemática fue la adecuada?
	33	¿Considero que el docente de Matemática me motivaba a estudiar?
	34	¿Mi promedio en el área de matemática en quinto de secundaria fue menor o igual a 15?
	35	¿Mi promedio en el área de matemática en quinto de secundaria fue mayor a 15?
	36	¿Mi promedio en el área de ciencias físicas en quinto de secundaria fue menor o igual a 15?
	37	¿Mi promedio en el área de ciencias físicas en quinto de secundaria fue mayor a 15?
	38	¿Considero que la cantidad de alumnos matriculados en el curso de Matemática le permitía al docente desarrollar adecuadamente su clase?

39	¿La carrera profesional que actualmente estudio en la UNIFSLB siempre fue mi primera opción?
40	¿Las aulas de la universidad en el 1 ciclo prestaban las condiciones necesarias para desarrollar un ambiente educativo adecuado para el estudiante?
41	¿La relación estudiante-profesor en el curso de Matemática generaba un clima de confianza?

La aplicación del cuestionario se realizó con ayuda de la herramienta Google Forms, fue enviado a los estudiantes por medio de su correo institucional. Para acceder al llenado del mismo se solicitó al estudiante su usuario y contraseña, el cuestionario se programó para ser respondido por única vez. Luego de la aplicación del cuestionario, se descargaron los datos en formato “.csv” generado automáticamente, posteriormente estos datos constituyeron las variables de entrada del modelo de red neuronal implementado. La variable de salida del modelo de red neuronal implementado fue el rendimiento académico.

El procesamiento de la información se realizó en el Software Matlab 2016, se empleó el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de correlación (R) para ajustar el modelo, siendo estos calculados de la siguiente manera:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{ic} - y_{im})^2 \quad \text{y} \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ic} - y_m)^2}{\sum_{i=1}^n (y_{ic} - y_m)^2}$$

Donde: número de observaciones (n), i-ésimo valor calculado (y_{ic}), i-ésimo valor medido (y_{im}), valor medio de los valores calculados (y_m).

Resultados

Aprovechando las herramientas que ofrece Matlab, se diseñó e implemento el modelo de red neuronal artificial utilizando la aplicación nntool. La Tabla 2 describe las características del modelo de red neuronal artificial que brinda mejores resultados en esta investigación.

Tabla 2.
Descripción de la RNA diseñada e implementada

Elementos de la RNA	Característica
Tipo de red	Feed-Forwad Backpropagation
Función de entrenamiento	Propagación hacia atrás de Levenberg-Marquardt (TRAINLM)
Función de aprendizaje	Descenso de gradiente con peso de impulso y función de aprendizaje de sesgo (LEARNGDM)
Función de desempeño	Error cuadrático medio (MSE)
Función de transferencia	Función de transferencia sigmoidea tangente hiperbólica (TANSIG)
Número de capas	4
Nº de Neuronas en la capa oculta 1	35
Nº de Neuronas en la capa oculta 2	42
Nº de Neuronas en la capa oculta 3	31
Nº de Neuronas en la capa de salida	1

Nota. RNA diseñada e implementada en el Matlab

Se realizó 6 iteraciones en el entrenamiento de la RNA, empleando un tiempo de 7 segundos. Se obtuvo un coeficiente de correlación (R) en el: entrenamiento (0.915), validación (0.909) y prueba (0.936). Logrando un error cuadrático medio (MSE) de 0.267, la Figura 2 muestra la correlación de los valores obtenidos (target) y los valores esperados (output).

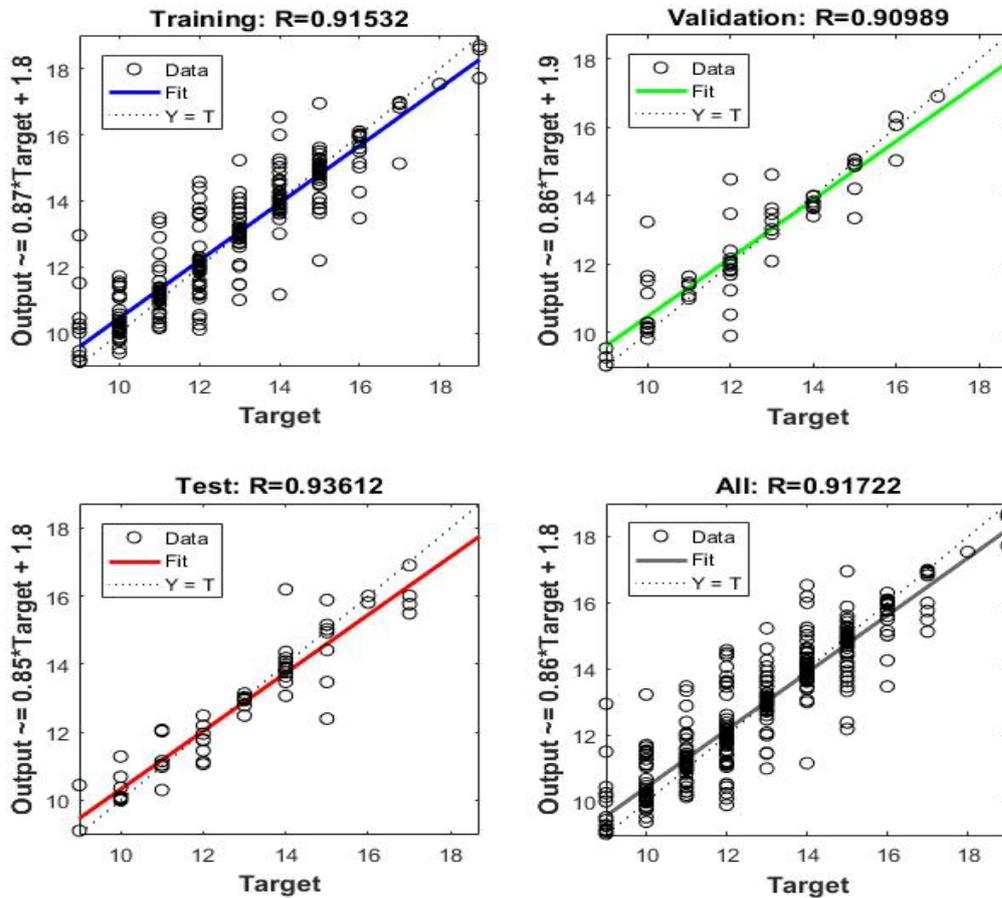


Figura 2. Coeficiente de correlación en el entrenamiento, validación y prueba

La Tabla 3 evidencia que el modelo de RNA implementado alcanzó una efectividad del 89.92% en la predicción de los promedios con una diferencia de ± 1 punto. Una vez que se obtuvo la eficacia deseada en el modelado, se procedió a predecir los promedios de 20 estudiantes, a los cuales se les aplicó el mismo cuestionario utilizado anteriormente.

Tabla 3.

Promedio de estudiantes: reales y predecidos

N°	PFR	PR	Est_010	11	11	Est_020	15	15
Est_001	16	16	Est_011	11	11	Est_021	10	10
Est_002	14	14	Est_012	14	14	Est_022	10	10
Est_003	15	14	Est_013	19	19	Est_023	14	13
Est_004	10	10	Est_014	10	10	Est_024	11	11
Est_005	11	11	Est_015	10	11	Est_025	15	15
Est_006	10	10	Est_016	10	11	Est_026	16	16
Est_007	13	14	Est_017	13	13	Est_027	16	16
Est_008	15	14	Est_018	11	12	Est_028	16	16
Est_009	11	12	Est_019	13	14	Est_029	13	13

Est_030	11	12
Est_031	10	11
Est_032	10	10
Est_033	10	13
Est_034	14	13
Est_035	13	13
Est_036	10	10
Est_037	13	13
Est_038	13	13
Est_039	11	10
Est_040	10	10
Est_041	10	10
Est_042	10	10
Est_043	15	15
Est_044	16	16
Est_045	14	15
Est_046	13	14
Est_047	11	11
Est_048	14	15
Est_049	14	14
Est_050	14	14
Est_051	10	9
Est_052	16	15
Est_053	15	15
Est_054	14	15
Est_055	10	10
Est_056	10	10
Est_057	13	13
Est_058	10	10
Est_059	14	14
Est_060	10	10
Est_061	10	10
Est_062	13	13
Est_063	14	14
Est_064	16	16
Est_065	10	10
Est_066	11	11
Est_067	14	14
Est_068	13	13
Est_069	15	15
Est_070	15	15
Est_071	10	11
Est_072	11	11
Est_073	11	13
Est_074	10	10
Est_075	11	11
Est_076	10	10
Est_077	13	13

Est_078	11	11
Est_079	13	12
Est_080	13	13
Est_081	10	12
Est_082	13	13
Est_083	15	15
Est_084	11	11
Est_085	13	13
Est_086	14	14
Est_087	19	19
Est_088	15	12
Est_089	14	14
Est_090	15	15
Est_091	11	12
Est_092	11	11
Est_093	11	12
Est_094	10	12
Est_095	14	14
Est_096	10	10
Est_097	14	14
Est_098	10	10
Est_099	13	13
Est_100	15	14
Est_101	11	12
Est_102	10	10
Est_103	14	14
Est_104	14	14
Est_105	10	10
Est_106	10	10
Est_107	15	13
Est_108	13	13
Est_109	14	11
Est_110	14	14
Est_111	13	11
Est_112	13	14
Est_113	14	14
Est_114	14	15
Est_115	15	16
Est_116	10	10
Est_117	14	14
Est_118	14	14
Est_119	13	12
Est_120	11	11
Est_121	12	12
Est_122	15	15
Est_123	18	18
Est_124	12	12
Est_125	9	12

Est_126	11	11
Est_127	14	14
Est_128	12	12
Est_129	12	14
Est_130	14	13
Est_131	10	10
Est_132	10	10
Est_133	13	14
Est_134	12	11
Est_135	14	14
Est_136	17	16
Est_137	15	15
Est_138	16	16
Est_139	12	12
Est_140	12	12
Est_141	11	11
Est_142	12	12
Est_143	15	14
Est_144	13	13
Est_145	15	15
Est_146	13	13
Est_147	15	15
Est_148	9	9
Est_149	15	15
Est_150	14	14
Est_151	15	15
Est_152	11	13
Est_153	10	10
Est_154	12	11
Est_155	12	10
Est_156	15	15
Est_157	11	10
Est_158	9	9
Est_159	14	13
Est_160	15	14
Est_161	17	17
Est_162	12	13
Est_163	10	11
Est_164	15	15
Est_165	14	14
Est_166	14	14
Est_167	16	15
Est_168	12	11
Est_169	12	12
Est_170	12	12
Est_171	12	11
Est_172	10	10
Est_173	10	10

Est_174	13	13
Est_175	13	13
Est_176	12	12
Est_177	14	17
Est_178	11	11
Est_179	12	14
Est_180	14	14
Est_181	13	13
Est_182	13	14
Est_183	15	15
Est_184	12	12
Est_185	15	15
Est_186	14	14
Est_187	13	12
Est_188	11	10
Est_189	11	11
Est_190	12	12
Est_191	10	10
Est_192	12	12
Est_193	11	10
Est_194	10	11
Est_195	12	13
Est_196	14	14
Est_197	14	14
Est_198	11	11
Est_199	12	11
Est_200	13	13
Est_201	13	13
Est_202	16	15
Est_203	14	15
Est_204	12	11
Est_205	14	14
Est_206	16	13
Est_207	15	15
Est_208	12	12
Est_209	11	10
Est_210	14	14
Est_211	9	10
Est_212	14	15
Est_213	14	14
Est_214	12	12
Est_215	11	11
Est_216	12	12
Est_217	14	14
Est_218	19	18
Est_219	16	16
Est_220	12	12
Est_221	10	11

Est_222	14	14
Est_223	12	12
Est_224	14	14
Est_225	14	14
Est_226	12	11
Est_227	12	12
Est_228	13	13
Est_229	12	11
Est_230	14	14
Est_231	15	14
Est_232	17	17
Est_233	15	16
Est_234	12	12
Est_235	14	14
Est_236	12	11
Est_237	13	15
Est_238	12	12
Est_239	14	14
Est_240	13	13
Est_241	13	13
Est_242	12	14
Est_243	11	11
Est_244	15	15
Est_245	14	14
Est_246	13	13
Est_247	12	15
Est_248	11	10
Est_249	12	12
Est_250	11	11
Est_251	16	14
Est_252	12	10
Est_253	10	11
Est_254	10	11
Est_255	12	14
Est_256	15	15
Est_257	12	11
Est_258	12	12
Est_259	14	14
Est_260	15	16
Est_261	16	16
Est_262	17	15
Est_263	12	11
Est_264	14	14
Est_265	12	14
Est_266	12	12
Est_267	13	13
Est_268	12	11
Est_269	12	11

Est_270	11	13
Est_271	13	13
Est_272	12	12
Est_273	14	14
Est_274	12	12
Est_275	11	11
Est_276	13	13
Est_277	12	11
Est_278	14	14
Est_279	15	15
Est_280	14	16
Est_281	15	15
Est_282	12	12
Est_283	12	12
Est_284	11	11
Est_285	15	15
Est_286	15	14
Est_287	13	15
Est_288	16	16
Est_289	15	12
Est_290	16	16
Est_291	12	12
Est_292	14	15
Est_293	14	14
Est_294	15	15
Est_295	12	12
Est_296	9	10
Est_297	14	14
Est_298	10	10
Est_299	13	14
Est_300	11	11
Est_301	10	10
Est_302	12	11
Est_303	15	15
Est_304	17	17
Est_305	11	11
Est_306	10	11
Est_307	12	14
Est_308	11	11
Est_309	15	15
Est_310	14	14
Est_311	11	11
Est_312	10	10
Est_313	10	10
Est_314	10	10
Est_315	11	11
Est_316	10	10
Est_317	13	12

Est_318	9	13
Est_319	12	12
Est_320	15	15
Est_321	11	11
Est_322	12	12
Est_323	10	11
Est_324	15	15
Est_325	13	11
Est_326	13	14
Est_327	10	10
Est_328	17	17
Est_329	14	16
Est_330	15	15
Est_331	12	12
Est_332	9	10
Est_333	12	13
Est_334	9	10
Est_335	13	13
Est_336	9	10
Est_337	9	10
Est_338	14	14
Est_339	16	16
Est_340	17	17
Est_341	9	9
Est_342	10	12
Est_343	15	14
Est_344	10	10
Est_345	15	15
Est_346	14	13
Est_347	13	11
Est_348	12	14
Est_349	10	10
Est_350	10	10
Est_351	11	12
Est_352	11	11
Est_353	16	16
Est_354	12	11
Est_355	15	14
Est_356	13	14
Est_357	12	12
Est_358	10	10
Est_359	12	12
Est_360	15	15
Est_361	17	17
Est_362	12	10
Est_363	10	12
Est_364	9	9
Est_365	12	12

Est_366	12	12
Est_367	12	12
Est_368	17	15
Est_369	11	11
Est_370	9	9
Est_371	15	15
Est_372	12	11
Est_373	14	14
Est_374	15	15
Est_375	17	16
Est_376	15	15
Est_377	12	12
Est_378	13	12
Est_379	12	11
Est_380	13	13
Est_381	12	12
Est_382	10	10
Est_383	13	13
Est_384	15	14
Est_385	15	17
Est_386	9	9
Est_387	15	15
Est_388	14	15
Est_389	13	13
Est_390	12	12
Est_391	9	9
Est_392	12	12
Est_393	9	9
Est_394	15	15
Est_395	9	10
Est_396	12	10
Est_397	15	13

Nota. PFR: Promedio finales reales, PR: Predicción de la RNA, Efectividad de la predicción exacta del promedio: 65.24%, Efectividad de la predicción con una diferencia de ± 1 punto del promedio: 89.92%.

Una vez que se garantizó la efectividad en la predicción del modelo de RN implementado, se procedió a elegir 20 estudiante al azar de la misma universidad que no habían participado de esta investigación con la intención de predecir sus posibles promedios al culminar su semestre académico, dicha proyección se detalla a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4.
Proyección del rendimiento académico

Número de estudiantes	Proyección de resultados	Est	de
Est_01	13	Est_10	10
Est_02	11	Est_11	10
Est_03	11	Est_12	13
Est_04	10	Est_13	14
Est_05	13	Est_14	12
Est_06	10	Est_15	10
Est_07	15	Est_16	14
Est_08	11	Est_17	13
Est_09	11	Est_18	10
		Est_19	10
		Est_20	11

A continuación, la Figura 3 grafica el modelo del comportamiento de la RNA, comprende los promedios finales reales, los promedios predecidos por la RNA y la proyección de los resultados académicos.

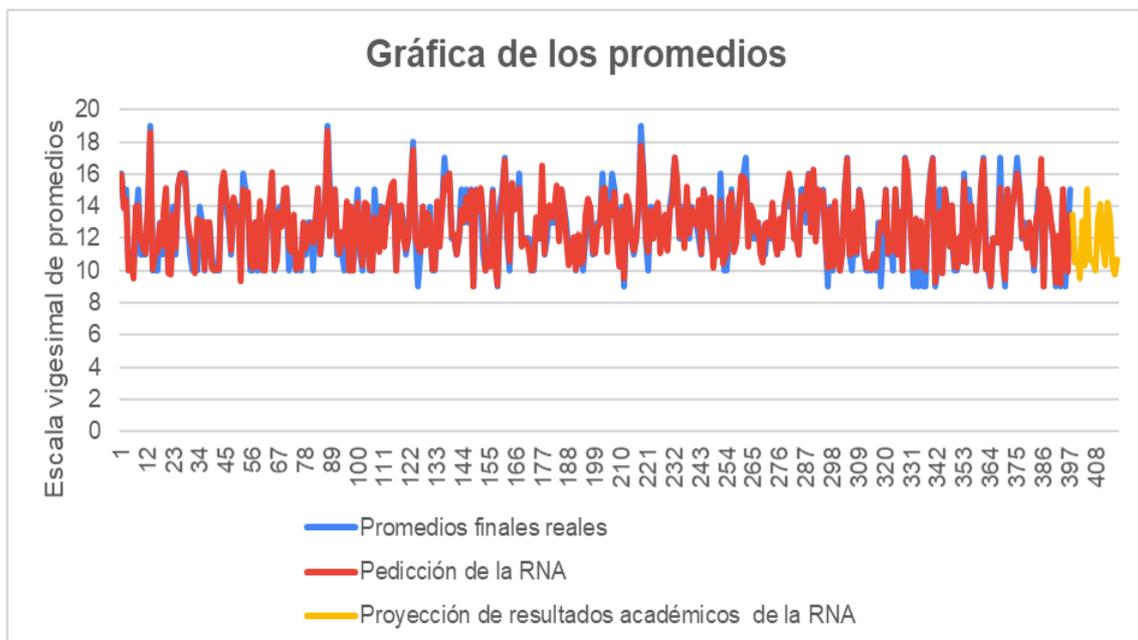


Figura 3.

Gráfica de los promedios reales, promedios obtenidos mediante la RNA y promedios predecidos.

Discusión y conclusiones

Los ítems considerados en la Tabla 1 recolectaron información sobre los factores endógenos y exógenos que influyen en el RA del estudiante, esto a su vez permitió diseñar e implementar el modelo de RNA cuya descripción se aprecia en la Tabla 2, el cual evidencia una alta efectividad en la predicción del rendimiento académico del educando, fortaleciendo lo afirmado por Guney (2009), quien sostiene que estos factores juegan un papel importante en la determinación del rendimiento académico.

La Tabla 2 describe la estructura de la RNA que se ha diseñado e implementado en esta investigación, el tipo de red utilizando Backpropagation ha permitido obtener resultados altamente efectivos en la predicción, a diferencia del confiable modelo implementado por Lesinski et al. (2016) el cual estuvo constituido por una capa oculta, nuestro modelo de RNA fue implementado con tres capas ocultas de 35, 42 y 31 neuronas en cada capa el cual logró una efectividad inferior al 90% en la predicción, sin embargo en esta investigación resaltamos la efectiva del modelo implementado por Lesinski et al. (2016) el cual logró una efectividad en la predicción superior al 95%.

La función de entrenamiento (TRAINLM), aprendizaje (LEARNNGDM), desempeño (MSE) y transferencia (TANSIG) con que se implementó nuestro modelo de RNA permitió trabajar con tres capas ocultas garantizando la efectividad y precisión del mismo, fortaleciendo lo afirmado por Bahl & Sharma (2018) quienes resaltaron la importancia de emplear el algoritmo del descenso del gradiente en el aprendizaje de las RNA. Estas funciones permitieron obtener un coeficiente de correlación de 0.915 en el entrenamiento, 0.909 en la validación y 0.936 en la prueba, los cuales visibilizaron el ajuste del modelo tal como se aprecia en la Figura 2.

La Tabla 3 muestra el promedio final real del estudiante y el promedio obtenido mediante la implementación del modelo neuronal implementado, la RNA permitió obtener promedios cercanos al valor real con una efectividad del 89.92 % considerando una diferencia de 1 punto en la escala vigesimal con que se mide el rendimiento académico. Vista la importancia de predecir el rendimiento académico de los estudiantes se recomienda mejorar la efectiva del modelo variando el tipo de red neuronal y las funciones implementadas, considerando las características de la población y las características del modelo de RNA a implementar. Los modelos de redes neuronales artificiales constituyen una herramienta importante en la predicción, los cuales libran las dificultades que presentan los modelos estadísticos de regresión. Nuestros resultados muestran efectividad en la predicción del rendimiento académico del estudiante universitario, reforzando de esta manera lo afirmado por Çetinkaya & Baykan (2020a): las RNA permiten construir modelos altamente confiables de predicción, esto luego de construir un modelo neuronal artificial con tres algoritmos distintos presentes en la toolbox de Matlab.

En la práctica educativa, implementar un modelo de red neuronal artificial le permite al docente en base a factores endógenos y exógenos propios del estudiante conocer anticipadamente el rendimiento académico, de esta manera durante el desarrollo del curso el docente puede implementar nuevas estrategias de aprendizaje, integrar nuevas herramientas y recursos didácticos, y replantear cambios en la metodología de enseñanza aprendizaje con la finalidad de mejorar el logro de competencias en sus educandos. Predecir eventos o sucesos es un recurso que viene siendo utilizado en todas las áreas de las ciencias debido a la importancia de anticipar resultados en un tiempo oportuno, el cual permite tomar acciones correctivas y de mejoras; en este sentido se recomienda a las instituciones educativas implementar herramientas que permitan predecir el RA de sus estudiantes en cada una de las asignaturas a fin de mejorar el logro de competencias; los modelos de predicción basados en redes neuronales artificiales es una alternativa de solución a esta

necesidad debido a que su implementación no demanda de elevados costos de dinero, nos ahorra tiempo y es una alternativa de solución a las múltiples exigencias que presentan otros modelos de predicción.

Referencias

- Bahl, K., & Sharma, R. (2018). Predicting the Size of a Family Based upon the Demographic Status of that Family. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 10, 207-218. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3920-1_21
- Barge-Caballero, E., Barge-Caballero, G., Paniagua-Martín, M. J., Couto-Mallón, D., Pardo-Martínez, P., Sagastagoitia-Fornie, M., Barrios, V., Escobar, C., Cosín-Sales, J., Muñiz, J., Vázquez-Rodríguez, J. M., & Crespo-Leiro, M. G. (2021). Valor pronóstico de un nuevo modelo de evaluación clínica de pacientes ambulatorios con insuficiencia cardiaca. *REC: CardioClinics*. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2021.06.004>
- Cejudo, R., Bayona, G., Goguitchaichvili, A., Cervantes, M., Bautista, F., & Mendiola, F. (2021). Neuronal network model to predict pollution by urban dust from major passageways in Bogotá, Colombia. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 73(1), 1-18. <https://doi.org/10.18268/BSGM2021v73n1a031020>
- Çetinkaya, A., & Baykan, Ö. K. (2020a). Prediction of middle school students' programming talent using artificial neural networks. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.07.005>
- Çetinkaya, A., & Baykan, Ö. K. (2020b). Prediction of middle school students' programming talent using artificial neural networks. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(6), 1301-1307. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.07.005>
- Cid-Sillero, S., Pascual-Sagastizabal, E., & Martinez-de-Morentin, J.-I. (2020). Influencia de la autoestima y la atención en el rendimiento académico del alumnado de la ESO y FPB. *Revista de Psicodidáctica*, 25(1), 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2019.06.001>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Dámaso-Flore, J., & Serpa-Barriento, A. (2022). Explanatory Model of Academic Performance Associated with Parenting Styles, Aggression and Resentment in Peruvian Adolescents. *Revista Iberoamericana de Diagnostico y Evaluacion Psicologica*, 1(62), 5-15. <https://doi.org/10.21865/RIDEP62.1.01>
- de León, C. L. C. D., Limon, S. V., Gonzalez-Calleros, J. M., & Treviño, M. A. D. V. (2021). Artificial neural network for the extraction of dynamic parameters of robots from incomplete information of their movement. *Revista Colombiana de Computacion*, 22(2), 37-47. <https://doi.org/10.29375/25392115.4298>
- Delgado, M. G., Del Barco, B. L., & Moncayo, M. R. (2022). Good university student practices that predict academic performance. *Educacion XX1*, 25(1), 171-195. <https://doi.org/10.5944/eduxx1.30565>
- Foster, R. C. (2021). KR20 and KR21 for Some Nondichotomous Data (It's Not Just Cronbach's Alpha). *Educational and Psychological Measurement*. <https://doi.org/10.1177/0013164421992535>

- Guney, Y. (2009). Exogenous and endogenous factors influencing students' performance in undergraduate accounting modules. *Accounting Education*, 18(1), 51-73. <https://doi.org/10.1080/09639280701740142>
- Hernández-Yépez, P. J., Contreras-Carmona, P. J., Inga-Berrosapi, F., Ayala, P. B., & Valladares-Garrido, M. J. (2022). Factors associated with academic performance in medical students. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 51(1). <https://bit.ly/3J8UeGE>
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística* (3era ed.). Caracas. Fundación Sypal.
- Lesinski, G., Corns, S., & Dagli, C. (2016). Application of an Artificial Neural Network to Predict Graduation Success at the United States Military Academy. *Procedia Computer Science*, 95, 375-382. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.348>
- Martí, G. P., Caballero, F. S., & Sellabona, E. S. (2022). Academic achievement in middle childhood: Relationships with Emotional Intelligence and Social Skills. *Revista de Educacion*, 2022(395), 277-303. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-395-515>
- Martínez-Vicente, M., Suárez-Riveiro, J. M., & Valiente-Barroso, C. (2019). Estrés cotidiano infantil y factores ligados al aprendizaje escolar como predictores del rendimiento académico. *Ansiedad y Estrés*, 25(2), 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.anyes.2019.08.002>
- Matabuena, M., Madrid Padilla, O. H., & Gonzalez-Barcala, F.-J. (2020). Modelado estadístico y matemático en la epidemia del coronavirus: Algunas consideraciones para minimizar los sesgos en los resultados. *Archivos de Bronconeumología*, 56(9), 601-602. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.04.022>
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa: Una introducción conceptual* (5th ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Mendaña-Cuervo, C., & López-González, E. (2021). The impact of flipped classroom on the perception, motivation, and academic results of university students. *Formacion Universitaria*, 14(6), 97-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600097>
- Palacios, D., & Berger, C. (2022). Friends' Influence on Academic Performance Among Early Adolescents: The Role of Social Status. *Psykhé*, 31(1). <https://doi.org/10.7764/psykhe.2019.21811>
- Raga, R., & Raga, J. (2019). *Early prediction of student performance in blended learning courses using deep neural networks*. 39-43. <https://doi.org/10.1109/ISET.2019.00018>
- Reyes, N. S., Morales, J. B., Moya, J. G., Teran, C. E., Rodriguez, D. N., & Altamirano, G. C. (2019). Model to predict academic performance based on neural networks and learning analytics. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, E17, 258-266. <https://n9.cl/m54v4>
- Shah, S. S., Shah, A. A., Memon, F., Kemal, A. A., & Soomro, A. (2021). Aprendizaje en línea durante la pandemia de COVID-19: Aplicación de la teoría de la autodeterminación en la 'nueva normalidad'. *Revista de Psicodidáctica*, 26(2), 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2020.12.004>
- Solana, J., Ibáñez, N., & Benito, B. (2017). Determinantes de la eficiencia en las fundaciones españolas. *Revista de Contabilidad*, 20(2), 176-194. <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2016.12.001>

Yağci, A., & Çevik, M. (2019). Prediction of academic achievements of vocational and technical high school (VTS) students in science courses through artificial neural networks (comparison of Turkey and Malaysia). *Education and Information Technologies*, 24(5), 2741-2761. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09885-4>