

# **Efecto de la especialidad en bachillerato en el rendimiento matemático en la universidad: un estudio comparativo en grados de Administración de Empresas**

## **Effect of advanced high school major on mathematical performance at university: a comparative study in Business Administration degrees**

<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-402-597>

**José Luis Arroyo-Barrigüete**

<https://orcid.org/0000-0002-3660-3933>

*Universidad Pontificia Comillas*

**Susana Carabias López**

<https://orcid.org/0003-1375-1308>

*Universidad Pontificia Comillas*

**Adolfo Hernández**

<https://orcid.org/003-1078-2328>

*Universidad Complutense de Madrid*

**Marina Segura**

<https://orcid.org/003-00002-6068-960X>

*Universidad Complutense de Madrid*

### **Resumen**

Estudios previos apuntan a que la especialidad cursada en bachillerato es una variable muy relevante en la predicción del rendimiento medio durante el primer curso en grados en Administración y Dirección de Empresas (ADE). Sin embargo, el efecto en asignaturas concretas y específicamente en las de

matemáticas, no está plenamente resuelto, pues además de que existen muy pocos estudios al respecto, las evidencias son contradictorias y no existen estudios comparativos entre varios centros. En este trabajo se comparan los resultados en dos universidades diferentes: 873 alumnos del grado en ADE de la Universidad Complutense de Madrid y 822 de la Universidad Pontificia Comillas. La información se ha obtenido de las bases de datos institucionales de ambos centros, seleccionando de entre todos los alumnos matriculados entre los cursos 2009/2010-2021/2022 aquellos para los que se disponía de información completa. Metodológicamente se ha combinado el uso de modelos de regresión con redes neuronales interpretables, para asegurar la robustez de los resultados. El análisis muestra que, en ambas universidades e independientemente de la aproximación metodológica, los resultados son virtualmente idénticos: los alumnos procedentes del bachillerato de ciencias presentan un rendimiento académico sensiblemente mejor en matemáticas empresariales I y II que sus compañeros de ciencias sociales. Desde el punto de vista de la práctica docente, estos resultados tienen dos implicaciones. En primer lugar, parece necesario llevar a cabo una reflexión sobre el enfoque y contenidos de matemáticas en el bachillerato de ciencias sociales, buscando un mayor alineamiento con los requerimientos de los grados ligados a esta especialidad. En segundo lugar, respecto a la práctica docente en el primer curso universitario, parece necesario repensar las estrategias didácticas en matemáticas, considerando las características y el estilo de aprendizaje de los alumnos procedentes del bachillerato de ciencias sociales.

*Palabras clave:* Matemáticas, educación superior, rendimiento académico, grado en administración de empresas, bachillerato.

### **Abstract**

Previous studies suggest that the major taken at high school is a very relevant variable in predicting average marks during the first year of business administration (BA) degrees. However, the effect on particular subjects and specifically on mathematics, is not fully solved, as there are very few studies on the topic, the evidence is contradictory and there are no comparative studies between different centers. This paper compares the results at two different universities: 873 students of the BA degree at the Universidad Complutense de Madrid and 822 at the Universidad Pontificia Comillas. The information was obtained from the institutional databases at the two centers, selecting from among the students enrolled between the academic years 2009/2010-2021/2022 those for whom complete information was available. Methodologically, the use of regression models has been combined with interpretable neural networks to ensure the robustness of the results. The analysis shows that, at both universities and independently of the methodological approach, the results are virtually identical: students from the science major outperform their peers from

the social sciences major in business mathematics I and II. From the point of view of teaching practice, these results have two implications. Firstly, it seems necessary to reflect on the focus and content of mathematics in the social sciences major, seeking greater alignment with the requirements of the degrees linked to this major. Secondly, regarding teaching practice in the first year of university, it seems necessary to rethink teaching strategies in mathematics, bearing in mind the characteristics and learning styles of students from the social sciences major.

*Keywords:* Mathematics, higher education, academic performance, business degree, advanced high school.

## Introducción

De acuerdo a los resultados obtenidos en investigaciones previas (Arroyo-Barrigüete et al., 2020a), la especialidad cursada en bachillerato tiene un impacto considerable en el rendimiento académico de los alumnos del grado en Administración y Dirección de Empresas (ADE) durante el primer curso de sus estudios universitarios. No obstante, dicho resultado alude al rendimiento medio, no a asignaturas concretas. En el caso particular de las asignaturas de matemáticas, existen muy pocos estudios al respecto, y adicionalmente las evidencias son contradictorias. Así, por ejemplo, Gonzalez Veiga et al. (1999) concluyeron que, tanto para la antigua licenciatura en administración y dirección de empresas como para la diplomatura en empresariales, los alumnos que habían cursado la especialidad de ciencias en bachillerato lograron un mejor rendimiento en la asignatura de matemáticas empresariales que sus compañeros de ciencias sociales. El estudio se basó en una muestra de 242 alumnos de la licenciatura y 169 alumnos de la diplomatura, ambas en la Universidad de Oviedo. Martínez de Ibarreta et al. (2010), trabajando sobre una muestra de 554 alumnos de ADE de la Universidad Pontificia Comillas concluyeron que haber cursado un bachillerato de ciencias tenía un efecto positivo en el rendimiento en asignaturas cuantitativas, y especialmente en matemáticas. Sin embargo, estos resultados no coinciden con el más reciente de Dávila et al. (2015) para alumnos del grado en ADE en esta misma asignatura, cuyos resultados apuntan a que no existen diferencias entre ambos colectivos de alumnos. En este caso los autores trabajaron sobre una muestra de 279 alumnos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Sabiendo que las asignaturas de matemáticas del primer curso del grado en ADE suelen presentar las más altas tasas de fracaso escolar<sup>1</sup>, es clave identificar aquellos factores que inciden en el mismo. Y por tanto es necesario conocer el efecto de una variable que, de acuerdo a los estudios mencionados, podría tener un impacto considerable.

Este estudio ha sido llevado a cabo por profesores universitarios de métodos cuantitativos en los estudios de Administración y Dirección de Empresas, con la finalidad de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, generando sinergias entre su labor docente e investigadora (Jaworski, 1998). El trabajo puede enmarcarse dentro del área de conocimiento de Educación Matemática, cuya fundamentación filosófica y teórica se presenta en Ernest (2016).

La necesidad de definir con precisión el objetivo de la investigación y contrastar una hipótesis concreta puede dificultar la conexión con el problema complejo de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Godino et al. (2021) ofrecen una solución a esta dificultad que incluye tres aportaciones a la investigación en Educación Matemática, basadas en el denominado modelo ontosemiótico (Godino y Batanero, 1994, Godino et al., 2007; Godino et al., 2019). La primera de estas aportaciones es la especificación del contenido matemático del problema objeto de estudio. Esta especificación está directamente relacionada con el nombre del modelo de referencia, ya que requiere el desarrollo de dos tareas: por un lado, la tarea, de carácter ontológico, de identificar los objetos matemáticos implicados; por otro lado, la tarea, de tipo semiótico, de estudiar las relaciones entre dichos objetos. La segunda aportación de Godino et al. (2021) es la descomposición de los procesos de enseñanza y aprendizaje en sus diferentes facetas, que denominan dimensiones epistémica, cognitiva, interaccional, ecológica, afectiva y mediacional. Centrarse en cada una de estas facetas permite analizar de un modo eficiente un problema tan complejo como el de los procesos de enseñanza de las matemáticas, por lo que este es el enfoque elegido para la elaboración de las conclusiones del presente trabajo. También se tomará en consideración la tercera aportación, que consiste en la identificación de criterios que contribuyan a las buenas prácticas docentes, a través de la teoría de

---

<sup>1</sup> En el Anexo 1 del presente trabajo se incluye un análisis clúster, que apunta a que en el conjunto de todas las asignaturas de "Formación Básica" del primer curso, las de matemáticas exhiben un comportamiento claramente diferente al de otras materias, y a su vez presentan niveles de fracaso académico sensiblemente superiores.

idoneidad didáctica. El concepto de idoneidad didáctica de un proceso de enseñanza se define como el grado en que reúne ciertas características que permiten calificarlo como óptimo o adecuado para sus objetivos. La idoneidad puede considerarse tanto respecto del proceso general de enseñanza como respecto de una dimensión en concreto.

De este modo, la existencia de discrepancias en estudio previos y la importancia de las asignaturas de matemáticas en el fracaso escolar de los alumnos de ADE es lo que justifica el presente trabajo. A fin de superar algunas limitaciones identificadas en investigaciones precedentes se han empleado muestras sensiblemente mayores y, adicionalmente, se ha trabajado con dos universidades distintas, una pública y otra privada, y cuyos alumnos presentan un perfil sociodemográfico diferente.

En segundo lugar, se han empleado dos tipologías de modelo causal, regresión lineal y redes neuronales. En este sentido, el reciente desarrollo llevado a cabo por Pizarroso et al. (2022) ha abierto la puerta al uso de redes neuronales con una finalidad explicativa, algo que hasta ahora no resultaba posible. Algunos desarrollos previos permitían hasta cierto punto comprender el funcionamiento de la red, pero el mencionado trabajo posibilita una interpretación mucho más sencilla, que resulta relativamente similar a la de un modelo de regresión. La enorme ventaja es que en un modelo de red neuronal no es preciso definir una especificación funcional a priori, sino que la propia red es capaz de detectar cualquier efecto lineal, no lineal o de interacción automáticamente. Esto evita que se omitan efectos relevantes que podrían distorsionar el resultado, y por tanto se trata de una herramienta extremadamente útil para validar los resultados de modelos más convencionales: cualquier discrepancia indicaría que se ha omitido algún efecto significativo<sup>2</sup>.

Esta validación doble, con muestras grandes de dos universidades diferentes y empleando metodologías distintas, permitirá verificar hasta qué punto los resultados son similares con independencia de la universidad o la aproximación metodológica, lo que confirmaría la robustez y validez externa de los resultados obtenidos.

---

<sup>2</sup> Dado lo reciente de este desarrollo, en la actualidad no resulta posible emplear únicamente el modelo de red neuronal, ya que los autores de NeuralSens aún no han propuesto contrastes de hipótesis que permitan determinar cuándo una variable resulta significativa. Esta es la razón por la que, en su estado actual, su principal utilidad en el ámbito de las ciencias sociales es validar la especificación funcional de modelos econométricos convencionales.

## Método

### Contexto del Estudio

El presente estudio se sitúa en el marco de un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España, y cuyo objetivo es desarrollar algoritmos que permitan anticipar situaciones de riesgo académico entre estudiantes universitarios. Este trabajo se centra en los estudios de grado en ADE, y en el efecto de la especialidad cursada en bachillerato sobre el rendimiento académico en las asignaturas de matemáticas que se imparten el primer curso. Esta elección está justificada en el hecho de que el primer año constituye un curso clave, que concentra una parte importante de los abandonos, y las asignaturas de matemáticas son a su vez las que presentan un mayor nivel de fracaso escolar.

### Muestra

La muestra utilizada está compuesta por 1.695 alumnos del grado en ADE, de los que 873<sup>3</sup> son alumnos de la Universidad Complutense de Madrid (cursos académicos desde 2009/2010 hasta 2021/2022), y 822 de la Universidad Pontificia Comillas en el mismo periodo. La recogida de información se realizó a través de las bases de datos institucionales de ambas universidades<sup>4</sup>, obteniendo la información de todos los alumnos matriculados en el periodo considerado. Posteriormente se procedió a la limpieza de datos, eliminando los registros incompletos, es decir, aquellos para los que no se disponía de información sobre alguna de las variables necesarias para el modelo. El estudio se ha llevado a cabo sobre la totalidad de alumnos para los que sí existía información completa.

Como puede observarse en la tabla I, existen ciertas diferencias entre ambos colectivos de alumnos, tanto en el porcentaje de mujeres como en el

---

<sup>3</sup> La muestra inicial constaba de un número sensiblemente mayor de alumnos (véase Anexo 1), pero gran parte de ellos debieron ser eliminados del estudio por no disponer de información sobre la especialidad cursada en bachillerato. Lo mismo sucede en la muestra de la Universidad Pontificia Comillas, ya que previamente al curso 2012/2013 los autores de este trabajo no disponen de información sobre la especialidad cursada en bachillerato.

<sup>4</sup> Sistema Integrado de Datos Institucionales—SIDI de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y Secretaría General de la Universidad Pontificia Comillas.

de alumnos procedentes del bachillerato de ciencias. También se aprecian en la nota de acceso a la universidad y en las notas medias en matemáticas empresariales I y II. Entre otros factores esto se debe a un elevado porcentaje de estudiantes que no se presentan a examen en primera convocatoria en la primera universidad (alumnos a los que se les ha asignado una nota de cero). Sin embargo, en el caso de la segunda, apenas encontramos no presentados. Esto induce un sesgo notable en la nota media, y es una de las principales causas de la mencionada diferencia, además de, posiblemente, el distinto porcentaje de alumnos procedente del bachillerato de ciencias. En todo caso, dado que el objetivo no es realizar una comparativa de rendimiento entre ambas universidades, no profundizaremos en este particular, que por otra parte presenta una considerable complejidad.

TABLA I. Muestra empleada en el análisis

	Tamaño muestra	% Mujeres	% Especialidad ciencias	Nota EvAU: media (dt)	Nota Mat I: media (dt)	Nota Mat II: media (dt)
<b>U. Complutense de Madrid</b>	873	43.99%	19.36%	7.02 (0.77)	2.75 (2.55)	3.83 (3.02)
<b>U. Pontificia Comillas</b>	822	50.24%	31.87%	7.71 (0.85)	5.33 (1.94)	5.73 (1.76)

Fuente: Elaboración propia

## Procedimiento

Se ha empleado el entorno de programación R (R Core Team, 2020) para el tratamiento de datos y elaboración de los modelos, empleando los paquetes *lmtest* (Zeileis y Hothorn, 2002), *lubridate* (Grolemund y Wickham, 2011), *lfe* (Gaure, 2013), *NbClust* (Charrad, et al., 2014), *ggplot2* (Wickham, 2016), *car* (Fox y Weisberg, 2019), *RCurl* (Lang y CRAN team, 2019), *caret* (Kuhn, 2020), *gplots* (Warnes et al., 2020), *dplyr* (Wickham et al., 2022) y *NeuralSens* (Pizarroso et al., 2022).

En ambas muestras se ha ajustado un modelo de regresión lineal, utilizando como variable dependiente la nota media en matemáticas empresariales I y II, y como variables independientes la especialidad

cursada en bachillerato, el género del alumno/a y su nota de acceso a la universidad (EvAU), siendo esta última el equivalente al SAT en Estados Unidos, por ser la nota que se emplea en los procesos de admisión en la universidad. Debido a problemas de heterocedasticidad, se han empleado estimaciones robustas, se ha comprobado la ausencia de problemas de multicolinealidad y se ha trabajado con variables estandarizadas.

Para confirmar la validez de la especificación funcional, también se han ajustado modelos de redes neuronales empleando las mismas variables. Históricamente los modelos de redes neuronales no eran aptos para el desarrollo de modelos explicativos debido a su naturaleza de caja negra. Es decir, ofrecían buenas predicciones, en muchos casos superiores a las de los modelos econométricos más convencionales, pero no resultaba posible interpretarlos, pues se desconocía el efecto de cada variable. Sin embargo, varios trabajos recientes han solucionado este problema. Concretamente, el desarrollo de Pizarroso et al. (2022), basado en el algoritmo *NeuralSens*, permite su interpretación de un modo realmente sencillo, pues se obtiene la pendiente de cada variable, lo que sería el equivalente a los beta en un modelo de regresión. El matiz es que, a diferencia de los modelos de regresión, en donde la pendiente de cada variable es única (un único beta), en las redes neuronales se obtiene una pendiente para cada dato. Esto implica que una variable tendrá una distribución de pendientes. En ausencia de efectos no lineales, la distribución será muy estrecha y su valor medio coincidirá exactamente con el beta obtenido en un modelo de regresión. La principal ventaja que supone el uso de redes neuronales respecto a los modelos de regresión es que no requieren una especificación funcional *a priori*, y cualquier efecto no lineal presente en los datos será identificado automáticamente por la red, sin necesidad de que el investigador lo formule explícitamente. De ese modo, si los resultados de la red neuronal coinciden con los del modelo de regresión, se confirmaría que la especificación funcional del segundo modelo es correcta. En caso de discrepancias, el modelo de regresión estaría mal especificado y sería necesario modificarlo, probablemente para incluir algún efecto no lineal no formulado inicialmente.

En el apartado de resultados se han incluido los tres indicadores propuestos por Pizarroso et al. (2022) para interpretar los resultados de una red neuronal: *mean sensitivity*, *sensitivity standard deviation* y *mean squared sensitivity*. Como ya se ha indicado, en una red neuronal

para cada dato se obtiene una pendiente o *sensitivity*, que es equivalente a una beta en un modelo de regresión, de modo que una determinada variable tiene tantas betas como datos haya en la muestra. Es decir, en lugar de obtener un valor para la pendiente de cada variable, obtenemos una función de densidad, que en ausencia de relaciones no lineales tendrá una media (*mean sensitivity*) igual a la pendiente del modelo de regresión. La presencia de distribuciones con varias modas o elevada dispersión (altos valores de *sensitivity standard deviation*) son indicadores claros de la presencia de efectos no lineales o interacciones. En el caso de detectarse, obligarían a modificar la especificación funcional del modelo de regresión<sup>5</sup>. Por último, el valor de la *mean squared sensitivity* es la métrica que los autores proponen para determinar la importancia relativa de cada uno de los predictores.

El principal problema de las redes neuronales es su tendencia al sobreajuste, razón por la que resulta imprescindible tomar ciertas precauciones en el proceso de selección de sus hiperparámetros (número de neuronas en la capa oculta y penalización o *decay*). En este estudio se ha optado por el método de la malla, es decir, ajustar todas las combinaciones de penalización entre  $10^{-7}$  y  $10^{-2}$ , y entre 1 y 10 neuronas en la capa oculta. Es decir, se han ajustado 60 redes neuronales distintas, seleccionando como óptima aquella con un menor error cuadrático medio (RMSE). Como precaución, en todos los casos se ha aplicado el procedimiento de validación cruzada 10-folds para evitar problemas de sobreajuste.

Finalmente, se ha complementado este análisis con uno equivalente para la asignatura de estadística empresarial, que además de ser la materia más similar en cuanto a sus contenidos de entre todas las de formación básica, presenta los peores resultados (menor media) de todas las asignaturas tras matemáticas I y II (véase anexo 1).

---

<sup>5</sup> La detección de estos efectos resulta muy relevante, pues en el estudio del rendimiento en matemáticas algunos trabajos previos han detectado efectos no lineales o interacciones. Así, por ejemplo, el trabajo de Arroyo-Barrigüete et al. (2020b) identificó que entre los alumnos del doble grado ADE-Derecho aparecía un colectivo de alumnos (en torno a un 30%), con un fuerte sesgo al derecho, que utilizaban una aproximación memorística a las matemáticas. Esto se traducía en una ausencia de correlación entre el rendimiento en asignaturas de matemáticas, es decir, que su rendimiento en Matemáticas II no estaba relacionado con el obtenido en Matemáticas I, cuando para el resto de alumnos lógicamente la correlación era muy fuerte. Este tipo de posibles interacciones, que a priori no son sencillas de identificar, son precisamente las que el modelo de red neuronal permitiría detectar.

## Resultados

### Estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid

El modelo de regresión obtenido para los estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid presenta un  $R^2$  de 0.18, y los tres predictores tienen un efecto positivo y significativo para un  $\alpha$  de 0.01. Se observa que la especialidad cursada en bachillerato tiene un impacto considerable (véase parte izquierda de la tabla II).

En lo que se refiere a la red neuronal<sup>6</sup> (véase parte derecha de la tabla II), no parece haber detectado efectos no lineales o interacciones, ya que las distribuciones son relativamente estrechas (*Sensitivity std. deviation* pequeña, tal y como se indica en la tabla II) y unimodales (véase parte inferior del gráfico I<sup>7</sup>). De hecho, los coeficientes estimados por el modelo de regresión son virtualmente idénticos a los valores medios de sensibilidad obtenidos con la red neuronal (columnas de “*Coficiente*” y “*Mean sensitivity*” en la tabla II). Esto es un indicador de que la especificación funcional empleada en el modelo de regresión es adecuada.

TABLA II. Estimaciones obtenidas por el modelo de regresión y la red neuronal para los estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid (media en las asignaturas de matemáticas empresariales I y II)

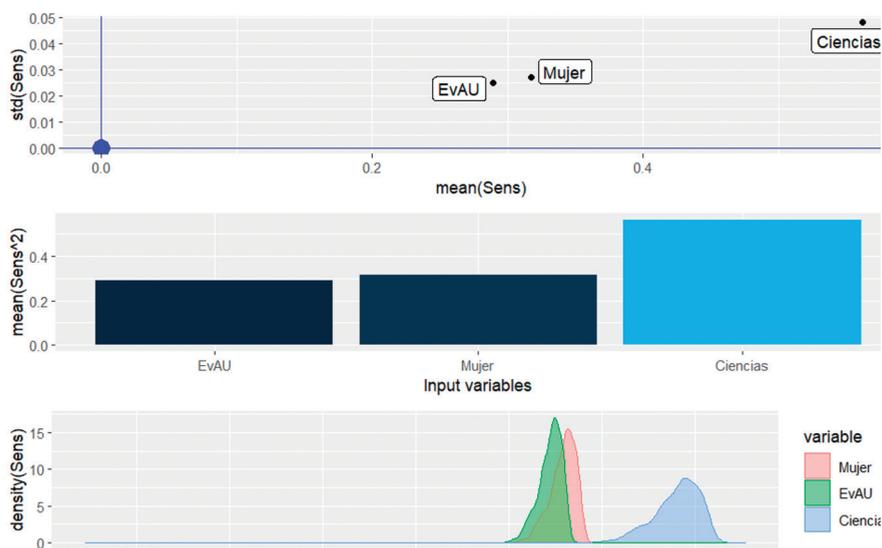
	Modelo de regresión (MCO)			Red Neuronal (NeuralSens)		
	Coficiente	sd	p-valor	Mean sensitivity	Sensitivity sd	Mean sq. sensitivity
<b>Constante</b>	-0.25	0.05	8.6 E-8			
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.32	0.06	1.0 E-6	0.32	0.03	0.32
<b>Nota EvAU</b>	0.28	0.03	< 2 E-16	0.29	0.02	0.29
<b>Especialidad (Ciencias=1)</b>	0.54	0.08	2.0 E-10	0.56	0.05	0.56

Fuente: Elaboración propia.

<sup>6</sup> La red neuronal óptima identificada presenta una arquitectura 3-1-1 con un decay de  $10^{-4}$ . El hecho de que solo encontremos una neurona en la capa oculta es ya un primer indicio de que probablemente no existan efectos no lineales complejos.

<sup>7</sup> En el gráfico I se muestran los resultados del análisis de sensibilidad de la red neuronal realizado con NeuralSens, y se divide en tres partes: en la ventana inferior se muestran las distribuciones de las pendientes (*sensitivity*) de cada variable; en la central encontramos la *mean squared sensitivity* para cada variable, que como ya se ha indicado, permite determinar la importancia relativa de cada uno de los predictores; en la parte superior se muestran la *mean sensitivity* y la *sensitivity standard deviation* de cada variable, que son precisamente los valores mostrados en la tabla II.

GRÁFICO I. Resultados de la red neuronal, incluyendo las métricas propuestas por Pizarroso et al. (2022), para los estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid (media en las asignaturas de matemáticas empresariales I y II)



Fuente: Elaboración propia.

La consistencia de ambos modelos confirma la relevancia de la variable objeto de estudio: la especialidad cursada en bachillerato tiene un efecto considerable en el rendimiento en matemáticas empresariales I y II, de modo que aquellos discentes que proceden de la especialidad de ciencias presentan un rendimiento sensiblemente superior al de sus compañeros de la especialidad en ciencias sociales.

A fin de evaluar si el efecto detectado se extiende a otras materias relacionadas, se ha reproducido el análisis con la asignatura de estadística empresarial, que también se imparte durante el primer curso, forma parte de las materias de “Formación Básica” y tras las dos matemáticas, presenta los peores resultados (menor media) de todas las asignaturas (véase anexo 1). Dado el enfoque de las matemáticas impartidas en el bachillerato de ciencias sociales, que tienen un mayor contenido en estadística, cabría esperar que en esta asignatura los alumnos procedentes de dicha especialidad tuviesen un rendimiento sensiblemente mejor que sus compañeros de ciencias.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla III: en la parte izquierda, el modelo de regresión, que obtiene un  $R^2$  de 0.08; en la parte derecha la red neuronal (3-1-1 con un *decay* de 0.01). Nuevamente, ambos modelos son consistentes, pues los coeficientes estimados por el modelo de regresión son prácticamente idénticos a los valores medios de sensibilidad (*Mean sensitivity*) obtenidos con la red neuronal. Los resultados indican que no existen diferencias (a un nivel de significación del 1%) entre los estudiantes procedentes del bachillerato de ciencias y de ciencias sociales. A un nivel de significación del 5% sí aparecerían diferencias en favor de los alumnos procedentes de ciencias. Este resultado es aún más llamativo que el obtenido en el caso de matemáticas empresariales I y II pues, como ya se ha indicado, el bachillerato de ciencias sociales tiene un contenido en estadística sensiblemente superior al bachillerato de ciencias.

TABLA III. Estimaciones obtenidas por el modelo de regresión y la red neuronal para los estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid (asignatura de estadística empresarial)

	Modelo de regresión (MCO)			Red Neuronal (NeuralSens)		
	Coficiente	sd	p-valor	Mean sensitivity	Sensitivity sd	Mean sq. sensitivity
<b>Constante</b>	-0.20	0.05	2.7 E-5			
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.38	0.07	2.6 E-8	0.38	0.16	0.41
<b>Nota EvAU</b>	0.17	0.03	9.5 E-7	0.19	0.08	0.21
<b>Especialidad (Ciencias=1)</b>	0.19	0.08	2.5 E-2	0.20	0.08	0.22

Fuente: Elaboración propia.

## Estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas

El modelo de regresión obtenido para los estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas presenta un  $R^2$  de 0.26, algo superior que en la muestra anterior, y los tres predictores también tienen un efecto positivo y significativo para un *alpha* de 0.01 (parte izquierda de la tabla IV). La red neuronal óptima identificada (parte derecha de la tabla IV) presenta una arquitectura 3-1-1, aunque en este caso con un *decay* de 0.01, algo menor que en el caso de la Universidad Complutense de Madrid. Hemos de indicar que las desviaciones típicas de las sensibilidades (*Sensitivity sd*) identificadas por NeuralSens son algo mayores que en el caso de la Universidad Complutense de Madrid, como puede comprobarse tanto

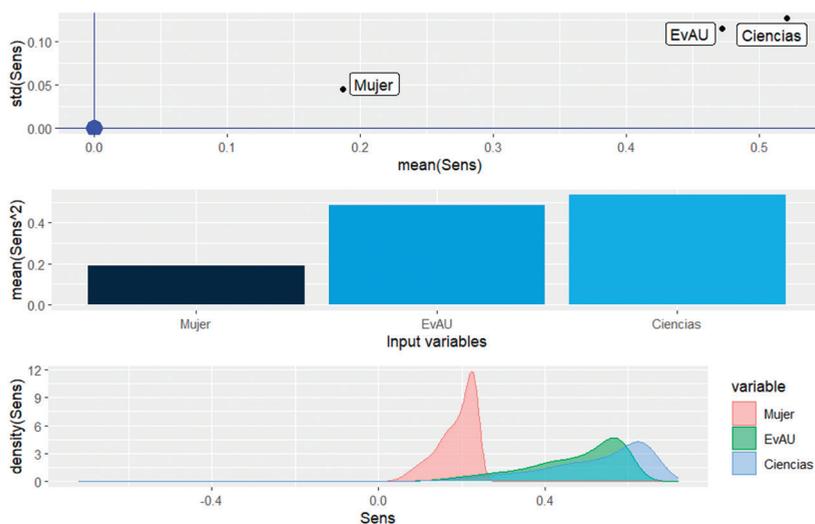
en la tabla IV como en el gráfico II. Esto apunta a la posible existencia de algún efecto no lineal en las variables EvAU y especialidad en bachillerato<sup>8</sup>, aunque no demasiado pronunciado.

TABLA IV. Estimaciones obtenidas por el modelo de regresión y la red neuronal para los estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas (media en las asignaturas de matemáticas empresariales I y II)

	Modelo de regresión (MCO)			Red Neuronal (NeuralSens)		
	Coefficiente	sd	p-valor	Mean sensitivity	Sensitivity sd	Mean sq. sensitivity
<b>Constante</b>	-0.27	0.05	7.4 E-8			
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.19	0.06	1.8 E-3	0.19	0.05	0.19
<b>Nota EvAU</b>	0.46	0.03	< 2 E-16	0.47	0.11	0.49
<b>Especialidad (Ciencias=1)</b>	0.56	0.07	2.99 E-16	0.52	0.13	0.54

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO II. Resultados de la red neuronal, incluyendo las métricas propuestas por Pizarroso et al. (2022), para los estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas (media en las asignaturas de matemáticas empresariales I y II)



Fuente: Elaboración propia.

<sup>8</sup> Posiblemente convendría incluir en el modelo de regresión un término cuadrático de EvAU. No obstante, en aras de la comparabilidad con el modelo de la Universidad Complutense de Madrid, se ha optado por no hacerlo.

También en este caso los coeficientes estimados por el modelo de regresión son muy similares a los valores medios obtenidos con la red neuronal (columna de “*Mean sensitivity*” en la tabla IV). Se confirma que, en esta muestra, la especialidad cursada en bachillerato nuevamente tiene un efecto considerable en el rendimiento en matemáticas empresariales I y II, presentando los alumnos de la especialidad de ciencias un rendimiento superior a los que proceden de ciencias sociales.

Reproduciendo este análisis para la asignatura de estadística empresarial, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla V (regresión con un  $R^2$  de 0.26 y red neuronal 3-1-1 con un *decay* de 0.01). Hemos de indicar que si bien se ha llevado este ejercicio a efectos de completitud, en este caso la comparación con los resultados obtenidos en la Universidad Complutense de Madrid no resulta adecuada por dos razones: en la Universidad Pontificia Comillas esta asignatura se cursa en el segundo año de la titulación, lo que incorpora un efecto no controlado por la distinta madurez de los alumnos, y dicha materia se incorporó al plan de estudios en el curso 2015/2016, por lo que la muestra queda bastante reducida al no disponer de datos para cursos anteriores, perdiéndose 428 registros. En todo caso, los resultados de ambos modelos causales son, de nuevo, virtualmente idénticos entre sí, y se observa que la única variable relevante es la nota de EvAU.

TABLA V. Estimaciones obtenidas por el modelo de regresión y la red neuronal para los estudiantes de la Universidad Pontificia Comillas (asignatura de estadística empresarial)

	Modelo de regresión (MCO)			Red Neuronal (NeuralSens)		
	Coefficiente	sd	p-valor	Mean sensitivity	Sensitivity sd	Mean sq. sensitivity
<b>Constante</b>	-0.04	0.07	0.57			
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.00	0.09	0.96	0.00	0.00	0.00
<b>Nota EvAU</b>	0.52	0.04	< 2 E-16	0.52	0.07	0.52
<b>Especialidad (Ciencias=1)</b>	0.12	0.10	0.21	0.10	0.01	0.10

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión y Conclusiones

El presente trabajo se enmarca en la dificultad de la transición de los estudiantes del bachillerato a la universidad, específicamente en lo que se refiere a la formación en las matemáticas (Gueudet, 2008, De Guzmán et al., 1998). Concretamente se ha estudiado el efecto sobre el rendimiento que provoca la especialidad cursada en el bachillerato en alumnos del primer curso de ADE. Desde la perspectiva del modelo ontosemiótico (Godino et al., 2007; Godino et al., 2019), la problemática global se compone de distintas dimensiones: epistémica, cognitiva, interaccional, ecológica, afectiva y mediacional. La dimensión epistémica no es objeto de estudio en el presente trabajo, que sí abordan otros estudios como el de Contreras de la Fuente (2001), centrado en los obstáculos epistemológicos que surgen en las asignaturas de Matemáticas de los primeros cursos de Universidad. Por el contrario, esta investigación se focaliza en la dimensión cognitiva, aunque el resto de dimensiones también pueden tener cierta influencia. Con ello, se trata de contribuir a un mejor conocimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje a través de la identificación de los factores que pueden explicar las diferencias entre el rendimiento de los estudiantes y facilitar la implementación de medidas que disminuyan el fracaso académico.

Se han tomado dos muestras de Universidades muy distintas en su dimensión ecológica, especialmente en lo que se refiere al perfil sociodemográfico de los alumnos, y se ha trabajado con una muestra mayor que la empleada en trabajos precedentes. Los resultados indican que el valor del coeficiente que relaciona la especialidad en bachillerato con la nota media en matemáticas empresariales I y II es prácticamente idéntico en ambas universidades: 0.54/0.56 (modelo de regresión y red neuronal respectivamente) para la Universidad Complutense de Madrid y 0.56/0.52 para la Universidad Pontificia Comillas. Teniendo en consideración que se ha trabajado con dos aproximaciones metodológicas diferentes y dos universidades diferentes, esta coherencia apunta a que los resultados son robustos. La conclusión es que la especialidad cursada en bachillerato tiene un impacto considerable en el rendimiento en matemáticas el primer curso del grado en ADE, obteniendo un mayor rendimiento los alumnos de la especialidad de ciencias.

Desde el punto de vista de la trayectoria formativa (dimensión interaccional), sorprende que los alumnos que han cursado la especialidad

recomendada para estudiar ADE (ciencias sociales) se encuentren en situación de desventaja respecto a aquellos que optaron por una especialidad no recomendada (ciencias). Este efecto se extiende a otras materias relacionadas, como estadística empresarial, asignatura en la que sorprendentemente no hay diferencia entre ambos colectivos, a pesar de que la carga estadística es mayor en las matemáticas de bachillerato de ciencias sociales. Dado que el riesgo de fracaso académico se concentra precisamente en estas asignaturas, estos resultados invitan a una reflexión sobre el diseño de los planes de estudio en bachillerato. Sin embargo, tampoco debe darse por hecho que los programas universitarios no necesiten revisión (Ellerton y Clements, 1998).

En la dimensión cognitiva, una posible explicación del resultado, apoyada en el planteamiento de Skemp (1976), es que las matemáticas de ciencias sociales tengan un enfoque instrumental, mientras que las matemáticas de ciencias consigan una mayor comprensión relacional. Haciendo uso de la terminología de la teoría constructivista, la comprensión relacional facilita que los resultados de aprendizaje ya alcanzados constituyan andamiajes para los nuevos objetivos de aprendizaje. De esta manera, se amplía la zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1996), por lo que cabe esperar que comprendan nuevos conceptos de un modo más eficiente y alcancen mejores resultados. Puede entenderse que un indicio de comprensión relacional es que exista correlación entre los resultados del estudiante en una asignatura y de aquellas sobre las cuales se fundamenta (Giménez et al., 2021). Por tanto, a fin de evaluar al menos indiciariamente la plausibilidad de esta explicación, en el anexo II se ha llevado a cabo un ejercicio estimado los modelos de regresión de la nota en matemáticas II contra la nota en matemáticas I, e incorporando la nota en EvAU y el género como variables de control. Para los alumnos del bachillerato de ciencias el coeficiente asociado a la nota en matemáticas I es de 0.61 y 0.56 (Universidad Complutense de Madrid y Universidad Pontificia Comillas respectivamente). En el caso de los estudiantes procedentes de ciencias sociales este coeficiente es menor, de 0.43 y 0.44 respectivamente. Esto parece confirmar la hipótesis de que los alumnos procedentes del bachillerato científico presentan una mejor comprensión relacional en matemáticas, y quizá sea uno de los factores que explique su mayor rendimiento en el primer curso del grado.

Las dificultades de aprendizaje de las Matemáticas en el primer curso de Universidad pueden proceder también de la dimensión afectiva y

de su interacción con la faceta cognitiva (Gómez-Chacón, 2009). Una segunda posible explicación a los resultados de este trabajo, compatible con la primera, es que las motivaciones y competencias que llevaron a los estudiantes a elegir la especialidad de Bachillerato guarden relación con sus destrezas y actitudes hacia el pensamiento abstracto y, consecuentemente, con su rendimiento en las asignaturas de matemáticas. Los resultados de Corrales Serrano (2020) avalan en cierta manera esta explicación, ya que la percepción personal de las capacidades y aptitudes figuran como el tercer criterio más importante de los estudiantes para seleccionar la modalidad de bachillerato (tras dos criterios internos sobre la valoración de la profesión a que les dará acceso).

Desde el punto de vista de la práctica docente, los resultados de este trabajo tienen dos implicaciones. En primer lugar, y en lo que se refiere al enfoque y contenidos de matemáticas durante el bachillerato, sería necesario llevar a cabo una reflexión sobre la especialidad de ciencias sociales. Resulta llamativo que los alumnos procedentes de dicha especialidad, que en general es la recomendada para cursar los estudios de ADE, obtengan peores resultados que aquellos que cursaron una especialidad recomendada para otros grados. Por tanto, parece oportuno revisar el enfoque y contenidos de matemáticas en dicha especialidad, buscando un mayor lineamiento con los requisitos y necesidades de los grados ligados a ella. En segundo lugar, podemos reflexionar sobre la práctica docente en el primer curso universitario. Como se ha indicado, la teoría de la idoneidad didáctica presentada en Godino et al. (2021) facilita la identificación de criterios que contribuyan a las buenas prácticas docentes. En la dimensión cognitiva, resalta como criterio de idoneidad que el proceso de instrucción apoye a los estudiantes según sus diferencias individuales en conocimientos previos y estilos de aprendizaje. Por tanto, el mejor conocimiento de los factores que generan diferencias entre los estudiantes facilita el cumplimiento de dicho criterio. Tal y como se ha comprobado en este trabajo, la especialidad cursada en Bachillerato es uno de estos factores, cuyo impacto es considerable. Consecuentemente, parece necesario repensar las estrategias didácticas en matemáticas que se emplean durante el primer curso de universidad. Quizá sería conveniente considerar las características y el estilo de aprendizaje de los alumnos procedentes del bachillerato de ciencias sociales, adaptando la metodología docente a las mismas.

## Limitaciones y prospectiva

Este trabajo presenta dos limitaciones principales. La primera de ellas es haber realizado el estudio en una única titulación. Dado que el objetivo principal de esta investigación era llevar a cabo un análisis comparativo entre dos universidades, resulta complejo encontrar grados lo suficientemente similares como para que dicha comparativa se realice adecuadamente. Incluso en el caso estudiado en el presente trabajo, el análisis de la asignatura de estadística empresarial presenta el problema de que se imparte en cursos diferentes (primer curso en la U. Complutense de Madrid y segundo curso en la U. Pontificia Comillas), lo que impide su comparación directa, tal y como ya se ha mencionado. En este sentido, como futura línea de investigación, se propone extender el análisis a otras titulaciones, como podría ser psicología o trabajo social, grados que actualmente se ofrecen en las dos universidades analizadas y que incluyen en su plan de estudios asignaturas cuantitativas.

Una segunda limitación es el número de universidades comparadas. Sería deseable ampliar el estudio a más centros universitarios, especialmente de otras provincias españolas, a fin de lograr una comparativa más amplia. En este sentido, resultaría especialmente relevante replicar el trabajo, empleando muestras más recientes, en aquellas facultades en las que se han obtenido resultados discrepantes con los obtenidos en este trabajo, como es el caso de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Dávila et al., 2015).

Finalmente, se propone como futura línea de investigación estudiar la evolución a lo largo del grado en otras asignaturas cuantitativas, como econometría o matemáticas financieras. Resultaría de interés comprobar si la ventaja de que parecen gozar los alumnos procedentes del bachillerato de ciencias en las asignaturas matemáticas del primer curso, se mantiene o desaparece en asignaturas matemáticas de cursos posteriores. Los resultados obtenidos para el caso de Estadística Empresarial parecen apuntar a que dicha ventaja tiende a desaparecer: en la U. Complutense de Madrid, que se cursa el primer año hay diferencias a un nivel de significación del 5%, mientras que en la U. Pontificia Comillas, que se cursa en segundo, no las hay. No obstante, precisamente por no ser una comparación homogénea, esta conclusión es meramente indiciaria. Sería necesario llevar a cabo un estudio más profundo que permitiese una comparación realista tanto dentro de cada centro como entre distintos centros.

## Financiación

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID202020-116293RB-I00) y por Santander - Universidad Complutense de Madrid (PR108/20-10).

## Referencias bibliográficas

- Arroyo-Barrigüete, J. L., Tirado, G., Mahillo Fernández, I., & Ramirez, P. (2020a). Predictores del rendimiento académico en las titulaciones de Administración y Dirección de Empresas: el efecto de la especialidad en bachillerato. *Revista de educación*, 390, 129-154. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2020-390-468>
- Arroyo-Barrigüete, J. L., Carabias López, S., Curto González, T., & Borrás Palá, F. (2020b). Matemáticas en el doble grado ADE-Derecho: un análisis cuantitativo de las estrategias de estudio. Bordón: *Revista de pedagogía*, 72(4), 27-42. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2020.80306>
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., & Niknafs, A. (2014). NbClust: An R Package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software*, 61(6), 1-36, <https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06>
- Contreras de la Fuente, Á. (2001). La enseñanza del análisis matemático en el bachillerato y primer curso de universidad: una perspectiva desde la teoría de los obstáculos epistemológicos y los actos de comprensión. En *IV Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 71-85).
- Corrales Serrano, M. (2020). *Estudio de las motivaciones internas y externas para la elección de modalidad del alumnado de Bachillerato. Incidencia en la didáctica de las Ciencias Sociales*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Extremadura. <https://dehesa.unex.es/handle/10662/11076>
- De Guzmán, M., Hodgson, B. R., Robert, A., & Villani, V. (1998, August). Difficulties in the passage from secondary to tertiary education. In *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* (Vol. 3, pp. 747-762). Berlin: Documenta Mathematica.
- Dávila, N., García-Artiles, M., Pérez-Sánchez, J. M., & Gómez-Déniz, E. (2015). Un modelo de regresión logística asimétrico que puede

- explicar la probabilidad de éxito en el rendimiento académico. *Revista de Investigación Educativa*, 33(1), 27-45. <https://doi.org/10.6018/rie.33.1.178481>
- Ellerton, N. F., & Clements, M. A. (1998). Transforming the international mathematics education research agenda. En *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 153-175). Springer.
- Ernest, P. (2016). An Overview of the Philosophy of Mathematics Education. En *The philosophy of mathematics education* (3-8). Springer Open. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40569-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40569-8_1)
- Fox J., & Weisberg, S. (2019). *An {R} Companion to Applied Regression*, Third Edition. Sage.
- Gaure, S. (2013). OLS with multiple high dimensional category variables. *Computational Statistics & Data Analysis*, 66, 8-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csda.2013.03.024>
- Giménez, M. J., Borrás, F., & Carabias, S. (2021). Sesgo matemático negativo en los alumnos del doble grado en ADE y Derecho: Un análisis cuantitativo. En *Universidad, innovación e investigación ante el horizonte 2030* (p. 112). Egregius.
- Godino, J. D., & Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 14(3), 325-355.
- Godino, J. D., Batanero, C., Burgos, M., & Gea, M. M. (2021). Una perspectiva ontosemiótica de los problemas y métodos de investigación en educación matemática. *Revemop*, 3, 1-30. <https://doi.org/10.33532/revemop.e202107>
- Godino, J.D., Batanero, C., & Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM Mathematics Education* 39, 127-135. <https://doi.org/10.1007/s11858-006-0004-1>
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2019). The onto-semiotic approach. *For the learning of mathematics*, 39(1), 38-43.
- Gómez-Chacón, I. M. (2009). Actitudes matemáticas: propuestas para la transición del bachillerato a la universidad. *Educación matemática*, 21(3), 5-32.
- Gonzalez Veiga, M. C., Castellanos Val, L., Gonzalez De Sela Aldaz, M. A., Manzano Pérez, e I. M. (1999). Influencia del currículo previo sobre el rendimiento en matemáticas empresariales: un estudio para la universidad de Oviedo. *Revista de Educación*, 319, 223-238.

- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). Dates and times made easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1-25. <https://doi.org/10.18637/jss.v040.i03>
- Gueudet, G. (2008). Investigating the secondary-tertiary transition. *Educational studies in mathematics*, 67(3), 237-254. <https://doi.org/10.1007/s10649-007-9100-6>
- Jaworski, B. (1998). Mathematics teacher research: process, practice, and the development of teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 1, 3-31. <https://doi.org/10.1023/A:1009903013682>
- Kuhn, M. (2020). *caret: Classification and Regression Training*. R package version 6.0-86. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>
- Lang, D. T., & CRAN team (2019). *Package 'RCurl'*. URL <http://www.omegahat.net/RCurl>
- Martínez de Ibarreta, C., Rua, A., Redondo, R., Fabra, M. E., Nuñez, A., y Martín, M. J. (2010). Influencia del nivel educativo de los padres en el rendimiento académico de los estudiantes de la ADE. Un enfoque de género. En M. J. Mancebón Torrubia, D. Pérez Ximénez de Embún, J. M. Gómez Sancho y G. Giménez Esteban (Coords.), *Investigaciones de Economía de la Educación Número 5* (pp. 1273-1296). AEDE, Asociación de Economía de la Educación.
- Pizarroso, J., Portela, J., & Muñoz, A. (2022). NeuralSens: sensitivity analysis of neural networks. *Journal of Statistical Software*, 102(7), 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v102.i07>
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. URL: <http://www.R-project.org/>
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Vygotsky, L. S. (1996). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Cole, M., John-Steiner, V., Scribner, S., Souberman, E. (eds); Crítica. (Original publicado en 1978).
- Warnes, G. R., Bolker, B., Bonebakker, L., Gentleman, R., Huber, W., Liaw, A., Lumley, T., Maechler, M., Magnusson, A., Moeller, S., Schwartz, M., & Venables, B. (2020). *gplots: various R programming tools for plotting data*. R package version 3.1.1. <https://CRAN.R-project.org/package=gplots>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag.

Wickham, H. François, R., Henry, L., & Müller, K. (2022). *dplyr: a grammar of data manipulation*. R package version 1.0.8. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>

Zeileis, A., & Hothorn, T. (2002). Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News*, 2(3), 7-10. <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>

**Información de contacto:** José Luis Arroyo-Barrigüete. Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, departamento de Métodos Cuantitativos. Calle de Alberto Aguilera, 23, 28015, Madrid, España. E-mail: [jarroyo@comillas.edu](mailto:jarroyo@comillas.edu)

## Anexo 1: análisis clúster en la Universidad Complutense de Madrid

A fin de verificar la relevancia de las asignaturas de matemáticas I y II en el conjunto de asignaturas de primer curso, se ha partido de una muestra de 3.279 alumnos del grado en ADE en la Universidad Complutense de Madrid. Se han considerado las promociones desde 2009/2010 (promoción en la que entró en vigor el plan de estudios actual) hasta 2021/2022. Un elevado número de registros no cuenta con información sobre la especialidad de acceso, ciencias o ciencias sociales, razón por la que no han podido ser empleados en el análisis principal, pero en todos ellos existe información sobre la nota obtenida por cada alumno en la primera convocatoria de las 10 asignaturas de formación básica<sup>9</sup>. La muestra de 3.279 alumnos empleada se resume en la tabla VI. Por tanto, se ha llevado a cabo un análisis clúster considerando como variables dicha nota.

TABLA VI. Muestra empleada para el análisis clúster (3.279 alumnos del grado en ADE en la Universidad Complutense de Madrid): nota media en cada asignatura

<b>Contabilidad financiera I</b>	<b>Fundamentos de ADE</b>	<b>Fundamentos de adm. Financiera</b>	<b>Derecho de la empresa</b>	<b>Introducción a la economía</b>
4.33	5.21	3.70	5.29	4.34
<b>Microeconomía</b>	<b>Matemáticas empresariales I</b>	<b>Matemáticas empresariales II</b>	<b>Estadística Empresarial I</b>	<b>Historia Económica</b>
3.95	2.83	3.24	3.70	4.53

Se ha optado por la distancia euclídea y el método de enlace de Ward. La agrupación por variables (interpretación vertical del gráfico III), apunta a tres grupos de asignaturas diferentes, estando uno de ellos compuesto por matemáticas I y II. El primer clúster, compuesto por derecho de la empresa, historia económica, introducción a la economía

<sup>9</sup> Se ha considerado que un “no presentado” equivale a una nota de 0 en la asignatura.

y fundamentos de dirección de empresas, parece quedar conformado por materias de comprensión y cierto carácter memorístico, cuya carga cuantitativa es reducida o nula. El segundo clúster está formado por las asignaturas de estadística empresarial I, microeconomía, fundamentos de administración financiera de la empresa y contabilidad financiera I, asignaturas de corte cuantitativo, aunque no puramente matemático. El último clúster engloba a matemáticas empresariales I y II. El análisis de las notas medias en cada uno de estos grupos confirma considerables diferencias, tal y como se aprecia en la tabla VII: la nota media en matemáticas empresariales I y II no solo es sensiblemente inferior a la de otros clústeres, sino que la distribución es marcadamente diferente.

GRÁFICO III. Heatmap para las 10 asignaturas de formación básica en la Universidad Complutense de Madrid

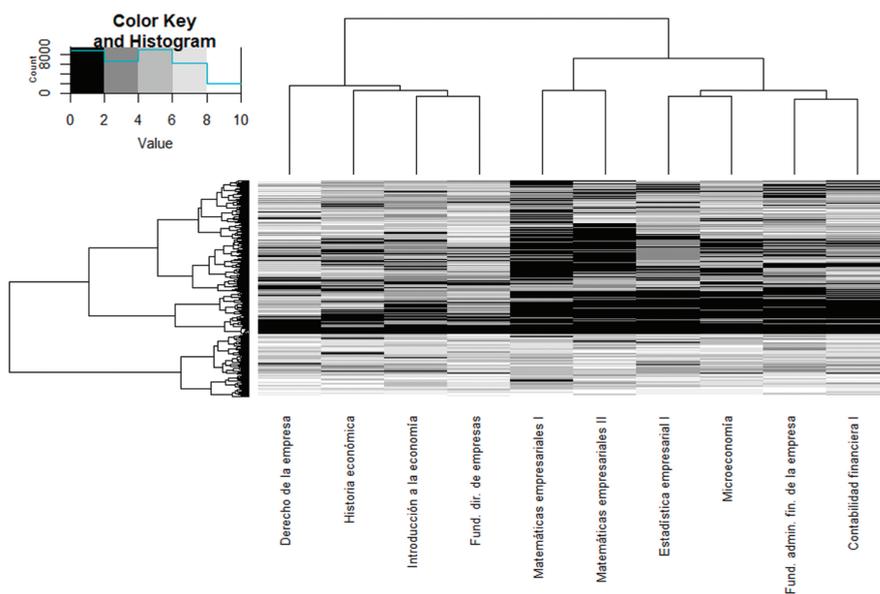


TABLA VII. Principales estadísticos para la nota media en cada uno de los clústeres de asignaturas identificados en la Universidad Complutense de Madrid

	<b>Clúster 1: materias de comprensión</b>	<b>Clúster 2: materias cuantitativas</b>	<b>Clúster 3: matemáticas empresariales I y II</b>
<b>Primer cuartil</b>	3.75	2.20	0.65
<b>Mediana</b>	4.98	4.05	2.75
<b>Media</b>	4.84	3.92	3.04
<b>Tercer cuartil</b>	6.18	5.63	5.00
<b>Histogramas</b>			

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2: relación entre el rendimiento en matemáticas empresariales I y II

La tabla VIII muestra los resultados del modelo de regresión usando la nota en Matemáticas II como variable dependiente y el resultado en Matemáticas I como variable independiente, incluyendo el sexo y la nota de EvAU como variables de control. En este caso se ha considerado la muestra de alumnos de la Universidad Complutense de Madrid, separada en dos grupos: alumnos procedentes del bachillerato de ciencias sociales y estudiantes que cursaron el bachillerato de ciencias. La tabla IX es idéntica salvo por considerar la muestra de alumnos de la Universidad Pontificia Comillas. Al igual que sucedía con los modelos previos, el efecto de la especialidad en bachillerato es notablemente similar en ambas muestras. Se observa que, en el caso de los estudiantes procedentes del bachillerato científico, el efecto de la nota de Matemáticas I es sensiblemente mayor que para los alumnos de ciencias sociales. Esto parece confirmar, al menos indiciariamente, la hipótesis de que los alumnos procedentes del bachillerato científico presentan una mejor comprensión relacional en matemáticas.

TABLA VIII. Modelo de regresión para la variable Matemáticas II (Universidad Complutense de Madrid), distinguiendo por especialidad de acceso

	Bachillerato de ciencias (R <sup>2</sup> = 0.45)			Bachillerato de ciencias sociales (R <sup>2</sup> = 0.27)		
	Coeficiente	sd	p-valor	Coeficiente	sd	p-valor
<b>Constante</b>	-0.15	0.07	3.5 E-2	-0.08	0.04	8.0 E-2
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.45	0.13	4.9 E-4	0.17	0.07	1.2 E-2
<b>Nota EvAU</b>	0.00	0.06	9.6 E-1	0.13	0.03	2.8 E-4
<b>Nota matemáticas I</b>	0.61	0.06	< 2 E-16	0.44	0.03	< 2 E-16

TABLA IX. Modelo de regresión para la variable Matemáticas II (Universidad Pontificia Comillas), distinguiendo por especialidad de acceso

	Bachillerato de ciencias (R <sup>2</sup> = 0.39)			Bachillerato de ciencias sociales (R <sup>2</sup> = 0.36)		
	Coeficiente	sd	p-valor	Coeficiente	sd	p-valor
<b>Constante</b>	-0.01	0.07	8.6 E-1	-0.07	0.05	1.7 E-1
<b>Sexo (Mujer=1)</b>	0.03	0.10	7.9 E-1	0.14	0.07	5.8 E-2
<b>Nota EvAU</b>	0.13	0.05	1.5 E-2	0.24	0.04	1.8 E-8
<b>Nota matemáticas I</b>	0.56	0.07	1.4 E-15	0.43	0.04	< 2 E-16