

Evaluación de la relación entre la formación de los alumnos de Física que acceden a la Universidad y la enseñanza en el Primer Curso Universitario

UNO de los factores importantes para el buen funcionamiento de la enseñanza y aprendizaje de la Física en los primeros cursos de universidad, es la adecuación entre la formación que suponen los profesores en los alumnos y la situación real de éstos. La enseñanza de la Física, al igual que otras materias, ha estado tradicionalmente organizada en los niveles universitarios de acuerdo con criterios lógicos, basados únicamente en las características de la disciplina. Con este trabajo se intenta contribuir a la mejora de la enseñanza de la Física en este nivel introduciendo factores relacionados con la forma en que el alumno aprende y considerando las implicaciones que eso debe tener en la enseñanza. De acuerdo con las teorías del aprendizaje, la didáctica de las ciencias ha prestado especial atención a los conocimientos que ya tienen los alumnos como condicionante de lo que son capaces de aprender (Ausubel, 78; Novak, 82). Por ello, para el éxito en los estudios introductorios de ciencias de la universidad resulta importante que la enseñanza se acomode a los conocimientos reales de los alumnos y no a previsiones teóricas basadas en el contenido de los programas oficiales.

I. Brincones, J. Otero
T. López, J. Cuerva,
S. Jiménez

Existen en la actualidad algunos intentos de medir los conocimientos de Física que tienen los alumnos al ingresar en la Uni-

versidad como el que Camara y otros (1993) realizaron con alumnos de E.T.S. de Ingenieros Industriales de Madrid. El motivo que impulsó a la realización de esta prueba fue el bajo rendimiento y el elevado nivel de fracaso de los alumnos de primer año (informe del curso 91/92) junto con la sospecha de que la preparación de los estudiantes no estaba en relación con la calificación que acreditaban para su ingreso en la Escuela. Las únicas conclusiones obtenidas señalan la ausencia de relación entre la nota de selectividad y el nivel de conocimientos demostrados en la prueba realizada sin aviso previo, en los primeros días del curso, y la diferencia de conocimiento mostrado por los alumnos en diferentes temas de Física, notándose la existencia de materias más desconocidas como son las correspondientes a los últimos temas del programa de C.O.U (corriente alterna, magnetismo, ondas y termodinámica).

Contando con este trabajo hemos planteado un estudio más profundo que detecte el conocimiento

inicial que muestran los alumnos que se matriculan en distintas facultades y escuelas de la Universidad de Alcalá de Henares. Los resultados obtenidos permitirán en un futuro próximo estudiar otros aspectos que influyen en la calidad de la enseñanza como por ejemplo la adecuación de los programas, o la relación que existe entre los conocimientos de los alumnos y los necesarios, en opinión de sus profesores, para poder seguir la asignatura de Física de primer curso de diferentes centros y carreras.

Objetivos del trabajo

1. Evaluar la formación inicial en Física de los alumnos que acceden a primer año de universidad en diferentes carreras universitarias.
2. Obtener un conocimiento preciso de la situación de los alumnos que llegan a la Universidad, que sea de utilidad para los profesores de este nivel, y además sirva para que los profesores del nivel anterior conozcan los requerimientos de entrada planteados por los profesores universitarios.

Está previsto una segunda parte del trabajo encuadrada en un proyecto de investigación subvencionado por el C.I.D.E. que permita:

- Sintetizar las exigencias de los profesores del primer curso de universidad en cuanto a la formación científica de los alumnos que acceden a diferentes carreras universitarias.
- Evaluar los conocimientos que tienen los profesores de los primeros cursos de universidad sobre la formación de los alumnos que acceden a ella.
- Analizar la enseñanza de la Física en el primer curso de universidad en lo que respecta a la co-

nexión entre lo que saben los alumnos y lo que enseñan los profesores.

Metodología

Sujetos: Se han pasado pruebas a todos los alumnos (748) de primer curso de la Universidad de Alcalá de Henares de distintos centros y Facultades que cursan la asignatura de Física.

Instrumentos de medida: Se han utilizado pruebas de respuesta breve para medir la formación de los alumnos referente a conocimientos, destrezas y aptitudes.

Para la confección de las pruebas el equipo de trabajo elaboró, en primer lugar, una serie de objetivos basándose en algunos estudios previos realizados en esta misma línea (Klopfer, 1975; Otero y otros, 1984) que pretenden reflejar los posibles conocimientos necesarios para poder cursar la asignatura de Física de primer curso. Estos objetivos son:

1. Conocimiento
 - 1.1. Ideas básicas de Física
El alumno debe,
 - Conocer las unidades del Sistema Internacional
 - Conocer principios y leyes importantes de la Física
 - 1.2. Ideas básicas de Matemáticas
El alumno debe,
 - Conocer áreas y volúmenes de cuerpos geométricos simples
 - Conocer las funciones trigonométricas
 - Conocer las derivadas e integrales de funciones elementales
 - Conocer las ecuaciones cartesianas de curvas sencillas

- Ser capaz de realizar operaciones sencillas con vectores

2. Comprensión y aplicación

El alumno debe,

- Conocer las limitaciones en el uso de las fórmulas
- Comprender las leyes de la Física
- Comprender el significado físico de relaciones y operaciones matemáticas

3. Destrezas científicas

El alumno debe ser capaz de

- formular un plan general de resolución de un problema, evitando la sustitución ciega de datos en las fórmulas.
- utilizar sistemas coherentes de unidades al resolver un problema
- evaluar las afirmaciones contrastando sus consecuencias lógicas con datos de la experiencia.
- interpretar gráficas que representen procesos físicos sencillos
- idear procedimientos experimentales sencillos.

A continuación se redactó una primera prueba piloto que sirviera de base tanto para de prueba del estudio posterior, como para elaborar una encuesta dirigida a los profesores de Física de primer curso de distintas facultades y escuelas, que permitiera descubrir el conocimiento que tienen los profesores de la formación de sus alumnos y las exigencias de estos profesores en cuanto a la formación básica necesaria para acceder a las diferentes carreras.

Junto con la prueba se solicitaba información sobre los estudios previos de Física realizados por los alumnos, como los cursos en los que cursó la asignatura de Física, los estudios realizados durante el curso anterior y la fecha en que en la que aprobó el C.O.U. Igualmente se pidió a los estudiantes que

evaluaran en una escala de cinco puntos (de muy alta a muy baja), su grado de satisfacción con los conocimientos de Física que poseía en el momento de realizar la prueba.

A continuación la prueba contaba de dieciocho preguntas dirigidas a medir la consecución de los objetivos utilizando contenidos de los programas de Física de B.U.P. y C.O.U. Además, en tres de las preguntas se pedía a los alumnos que señalaran en una escala de cuatro puntos (de muy poca a mucha) su grado de seguridad en la respuesta que ha dado, con el fin de tener una cierta medida del grado de conocimiento metacognitivo.

Todos los alumnos de la asignatura de Física de primer curso de las distintas Escuelas y Facultades de la Universidad de Alcalá de Henares, completaron la prueba durante la primera semana del curso 1994/95 en horario normal de clase.

Resultados

Para la corrección de la prueba se elaboraron escalas de valoración para cada pregunta, que permitían clasificar las respuestas de los alumnos en diferentes categorías establecidas de antemano.

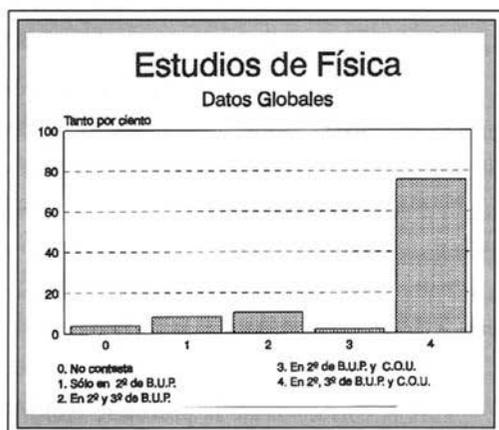
Por ejemplo, el objetivo: *El alumno debe conocer leyes importantes de la Física*, incluía la pregunta «Formula la Ley de Gravitación Universal», para la que se usó la siguiente escala de valoración:

4. Da la expresión correcta de la ley en forma vectorial.
3. Formula la ley de forma escalar.
2. Formula la ley de forma incorrecta.
1. Enuncia una ley diferente.
0. No contesta.

DATOS SOBRE LOS ESTUDIOS PREVIOS DE FÍSICA REALIZADOS POR LOS ALUMNOS

1. Estudios de Física realizados

Los estudios de Física realizados antes de su ingreso en la Universidad se recogen en la tabla 1 y globalmente en el histograma 1.



Histograma 1.

Los valores para cada grupo se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Estudios previos de Física (Datos por grupos)

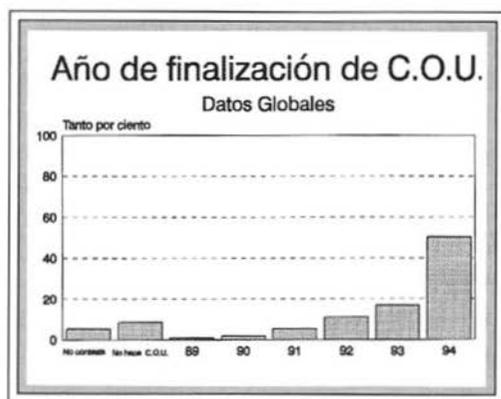
	0 No contesta	1 Solo en 2º B.U.P	2 En 2º y 3º B.U.P.	3 En 2º B.U.P. y C.O.U.	4 En 2º, 3º B.U.P. y C.O.U.
MEDICINA	7,92	2,97	5,94	0,99	82,18
BIOLÓGICAS. A	0,00	8,86	20,97	0,00	70,97
BIOLÓGICAS. B	0,00	3,64	25,45	1,82	69,09
BIOLÓGICAS. C	0,00	9,09	25,25	0,00	65,45
QUÍMICAS. A	0,00	0,00	9,68	1,61	88,71
QUÍMICAS. B	1,82	0,00	1,82	1,82	94,54
QUÍMICAS. C	1,16	0,00	4,65	2,32	91,86
TELECO. A	12,97	12,96	8,33	3,70	62,04
TELECO. B	2,60	7,79	3,90	1,30	84,41
TELECO. D	3,77	30,19	9,43	3,77	52,83
TELECO. E	0,00	30,30	9,09	6,06	54,54

Como se observa en la tabla, los alumnos que acceden a las Facultades de Medicina y Ciencias han cursado la asignatura de Física en 2º y 3º de B.U.P. y C.O.U. (todos los cursos posibles), mientras que en la Escuela Politécnica existen grupos en los que un alto porcentaje, en torno al 30%, de los alumnos que se matriculan sólo han cursado la asignatura de Física en 2º B.U.P., y un porcentaje similar de los de Biológicas no han cursado la asignatura de Física de C.O.U.

2. Fecha en que aprobaron el Curso de Orientación Universitaria

El histograma 2 refleja los porcentajes de estudiantes que cursaron C.O.U. en cada uno de los años anteriores.

Cabe destacar que entorno al 50% de los alumnos no cursaron C.O.U. al año académico anterior, dentro de este grupo se encuentra un alto porcentaje de alumnos que repiten primer curso (25,65% en el total de la Universidad). Estos datos son muestra del



Histograma 2.

alto grado de fracaso que se produce en la asignatura de Física, si bien, el porcentaje de repetidores no es regular en todos los grupos destacando el bajo porcentaje de Medicina (3%) frente al más alto del grupo C de la Facultad de Químicas (44,19%).

3. Grado de satisfacción sobre sus conocimientos de Física



Histograma 3.

El histograma 3 muestra el bajo grado de satisfacción manifestado por los alumnos con sus conocimientos de Física al comenzar el curso, ya que más de un 53% del conjunto de alumnos manifiesta tener un bajo o muy bajo grado de satisfacción. Destaca el grupo B de la Facultad de Biológicas en el

que este porcentaje llega a un 78%. Por otra parte, sólo en tres de los once grupos de alumnos aparece alguna respuesta en la categoría muy alto.

Al comparar el grado de satisfacción que manifiestan los demás con sus conocimientos de física y el conocimiento real aparece una correlación positiva entre ambos ($r^2 : 18\%$).

GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS ALUMNOS (DATOS GLOBALES)

1. Conocimientos básicos de Física

Un porcentaje próximo al 50% cometen algún fallo en el reconocimiento de la unidad del sistema Internacional de las magnitudes físicas más usuales (potencia, presión, intensidad de corriente eléctrica, resistencia eléctrica y frecuencia).

Peor es la situación en el caso del conocimiento de Leyes fundamentales de la Física encontrándose un porcentaje del 57% que no es capaz de escribir correctamente una formulación de la ley de la Gravitación Universal, siendo sólo un 4% de alumnos los que la escriben correctamente dando su expresión vectorial.

2. Conocimientos básicos de Matemáticas

La situación con respecto a los conocimientos básicos de Matemáticas es mejor que la relativa a los conocimientos de Física. Casi todos los alumnos (96%) son capaces de derivar correctamente una función polinómica, un 83% es capaz de calcular la integral de una función trigonométrica sencilla, el

77% realiza correctamente operaciones con potencias de 10 y más del 66% escribe de forma correcta la ecuación de una recta dada su pendiente y la ordenada en el origen. La peor situación corresponde al recuerdo de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos sencillos (28% responden correctamente), y a la realización de operaciones con vectores (44% responden correctamente).

3. Comprensión y aplicación

La consecución de los objetivos de comprensión y aplicación se manifiesta en un grado intermedio. En torno a un 50% de los alumnos son capaces de predecir como aumentará o disminuirá la fuerza de atracción entre cargas eléctricas al modificar simultáneamente las cargas y la distancia entre ellas a partir de la expresión matemática de la ley de Coulomb.

Un porcentaje similar (49%) es capaz de encontrar el significado físico del término independiente de una ecuación que proporciona la variación de peso con el tiempo de la cría de un animal.

En una ley, como la de Coulomb, son capaces de realizar predicciones sobre las variaciones matemáticas mientras que se muestran menos capaces de asignar un significado físico a estas variaciones. Sólo un 27% es capaz de comprender las limitaciones en el uso de las fórmulas.

4. Destrezas

Respecto al manejo de gráficas los alumnos muestran en general una mayor destreza de interpretación (68%) que de construcción (27%).

Ante un problema abierto como el siguiente:

Se necesita calcular el tiempo en que se llenará de agua un depósito alimentado por una tubería. El depósito tiene una fuga en el fondo y pierde cierta cantidad de agua continuamente.

- A) En caso de que tengas que hacer alguna suposición física, indícala.
- B) Explica todos los pasos que darías para resolver el problema.
- C) Indica que datos necesitarías para resolver el problema.

Cerca de un 32% son capaces de explicitar un plan para la resolución del problema, un porcentaje parecido (30%) solicita los datos numéricos necesarios para su resolución cuando se formula con enunciado abierto, aunque solo el 8% es capaz de escribir las suposiciones sobre la situación física del enunciado que son necesarias para resolverlo (velocidades de entrada y salida constantes, velocidad de entrada mayor que la de salida, etc.).

Un 12% de los alumnos son capaces de diseñar correctamente un experimento sencillo para comparar la conductividad calorífica de tres barras de metal diferente de igual longitud, indicando cuales son las variables dependiente, independiente y controladas y el material necesario si bien existe un 60% que no contestan a esta pregunta.

5. Aspectos metacognitivos

El grado de seguridad de las respuestas dadas viene representado en los histogramas 4, 5 y 6.

En los tres casos, el porcentaje de alumnos cuyo grado de seguridad es «bastante» o «mucho» se sitúan en torno al 50%, coincidiendo, en números globales, con los que dan respuesta correcta a la pregunta. De hecho, en la tercera pregunta, en la

que el nivel de respuesta correcta es muy alto, también se desplaza hacia niveles altos el grado de seguridad en la respuesta.

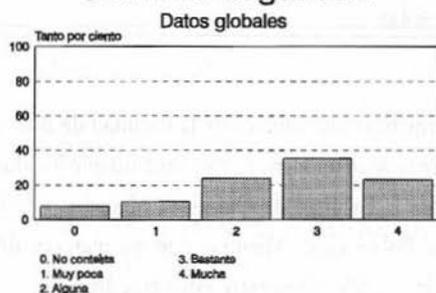
Pregunta 1:

Dos cargas eléctricas puntuales $q_1 = +q$ y $q_2 = -q$ se encuentran separadas por una distancia r . La fuerza electrostática entre cargas eléctricas puntuales viene dada por la ley de Coulomb:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

¿Aumentará, disminuirá, o será igual la fuerza de atracción si la carga q_1 se sustituye por otra de valor $+q/2$ y la separación entre ellas se hace $r/2$?

Grado de seguridad



Histograma 4.

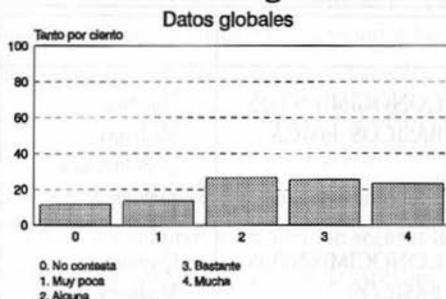
Pregunta 2:

El peso de una cría de un cierto animal varía desde el momento en que nace de acuerdo con la siguiente ecuación

$$p = 5t + 150$$

en donde p se mide en gramos y t en días. ¿Qué significa el término 150?

Grado de seguridad

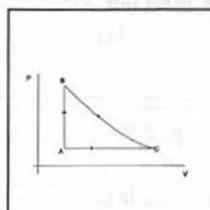


Histograma 5.

Pregunta 3:

Indica, en la casilla correspondiente si aumenta, permanece constante, o disminuye la presión y el volumen en cada una de las transformaciones representadas en la figura.

	P	V
A → B		
B → C		
C → A		



Grado de seguridad



Histograma 6.

COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS

Se ha pretendido buscar las posibles diferencias entre los conocimientos iniciales de los alumnos en

Tabla 2. Diferencias de conocimiento entre grupos

		Química	Medicina	E. Politécnica	Biológicas
CONOCIMIENTOS BÁSICOS FÍSICA	Química Medicina E. Politécnica Biológicas		*	*	— * *
CONOCIMIENTOS BÁSICOS MATEMÁTICAS	Química Medicina E. Politécnica Biológicas		—	—	* * *
COMPRENSIÓN Y APLICACIÓN	Química Medicina E. Politécnica Biológicas		*	— *	* ** *
DESTREZAS CIENTÍFICAS	Química Medicina E. Politécnica Biológicas		*	* —	* ** **

* $p \leq 0,05$

** $p \leq 0,01$

función de la carrera que deciden estudiar. Para ello se ha traducido los resultados de la prueba a una escala numérica de 1 a 10 y se han buscado las posibles diferencias significativas entre los grupos para los cuatro bloques de: conocimientos básicos de física, conocimientos básicos de matemáticas, comprensión y aplicación y destrezas. Los datos aparecen en la tabla 2.

Para el bloque conocimientos básicos de Física, los alumnos de la Facultad de Medicina y de la Escuela Politécnica muestran un mayor grado de conocimiento que los alumnos de las Facultades de Químicas y Biológicas. Sin embargo, no aparecen diferencias significativas a este nivel entre los alumnos de la Facultad de Medicina y la Escuela Politécnica ni entre los alumnos de la Facultad de Químicas y Biológicas.

Para el bloque de conocimientos básicos de

matemáticas los alumnos de la Facultad de Biológicas presentan un menor conocimiento que los alumnos de la Facultad de Químicas, Medicina y la Escuela Politécnica. Mientras que no aparecen diferencias significativas entre estos tres últimos.

Para el bloque de comprensión y aplicación existen diferencias significativas a favor de los alumnos de la Facultad de Medicina sobre el resto de los alumnos de las demás Facultades y Escuelas, siendo el grado de significación entre Medicina y Biológicas de $p < 0,01$. Nuevamente el grupo de Biológicas está por debajo de todos los demás, y no aparecen diferencias significativas entre Químicas y Politécnica.

Para el bloque de destrezas los alumnos de Biológicas muestran un menor conocimiento que el resto llegando la diferencia a ser $p < 0,01$ con Medicina y Politécnica. Los alumnos de la Facultad de Química

muestran una diferencia significativa a su favor sobre el grupo de Biológicas y muestran diferencias significativas con los grupos de Medicina y politécnica a favor de estos últimos. No aparecen diferencias significativas entre los alumnos de la Facultad de Medicina y los de la Escuela Politécnica.

CONCLUSIONES

Se puede decir que el conocimiento de los alumnos que acceden a la Universidad de Alcalá y que cursan la asignatura de Física en primer curso de distintas Facultades y Escuelas es bajo. De los cuatro bloques analizados obtienen mejores resultados en conocimientos básicos de matemáticas, y peores en destrezas y comprensión y aplicación.

Los alumnos que cursan primero de Biológicas muestran un menor conocimiento en todos los bloques que el resto de las Facultades y Escuelas, siendo los alumnos de la Facultad de Medicina los que mejores resultados obtienen en la prueba.

En general se puede afirmar que sólo en torno al 50% de los alumnos se encuentran seguros de las respuestas que dan en una prueba de este tipo.

Los resultados de este trabajo pueden servir para mostrar, de forma cualitativa, que los alumnos al comenzar un nuevo curso manifiestan un conocimiento menor que el que se supone que tienen por haber superado el curso anterior. Sin embargo, al ser esta una prueba piloto no se pueden generalizar los resultados ya que, entre otros factores, no cubre la totalidad de los conocimientos que poseen los alumnos que acceden a la Universidad.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSUBEL, D.P.; HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology: A cognitive View*. N.Y.: Holt Rinehart and Winston (Ed castellana: Ed. Trillas 1983)
- CÁMARA, M.E.; PONCE, A.; DÍAZ DE LA CRUZ, J.M. Y SCALA, J.J. (1993). Análisis del bajo rendimiento del proceso de E-A. Aplicación de nuevas técnicas educativas. XXV Biental de la Real Socd Española de Física. Jaca. Huesca.
- CRONBACH, L.J. (1980). *Toward Reform of Program Evaluation*. S. Francisco: Jossey Bass.
- DALKEY, M.C. (1969). *The Delphi Method. An experimental study in group opinion*. Rand C. RM-5882-PR.
- KLOPFER, L. (1975). Evaluación del aprendizaje en ciencia. En B.S. Bloom, J. Hastig, R. Madaus *Evaluación del aprendizaje*. Buenos Aires: Troquel.
- NOVAK, J.D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alanza Editorial.
- OTERO, J. (1985). La evaluación del sistema de enseñanza de la Física en el bachillerato como base para el diseño de nuevos programas. En *La Nueva Enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid. Servicio de Publicaciones del M.E.C.
- OTERO, J.; AGUIRRE DE CARCER, I.; BOURGEOIS, S.; CONDE, L. (1984). Aplicación del método Delphi para la generación de objetivos de la formación científica y tecnológica en el nivel de la educación general. En *La Selectividad a debate*. I. Aguirre de Carcer (Ed.) Madrid: Ediciones de la U.A.M.
- STAKE, R. (1967). The Countenance of Educational Evaluation. *Teachers College Record*, 68, 523-540.
- STAKE, R. (1978). *An Overview of Information Based Evaluation: A desing procedure*. Durham, NC: IBEX.

Resumen

El trabajo que se centra en la evaluación de la adecuación entre la formación que suponen los profesores en los alumnos y la situación real de éstos, intenta contribuir a la mejora de la enseñanza de la Física en este nivel introduciendo factores relacionados con la forma en que el alumno aprende y considerando las implicaciones que eso debe tener en la enseñanza.

Por otra parte, proporciona un listado de objetivos de conocimientos, comprensión y aplicación y destrezas que se supone que deben cumplir los alumnos al comenzar el primer curso en la Universidad.

Palabras clave: Evaluación, formación, física, enseñanza.

Abstract

The project focuses on the evaluation of suitability between teachers' instruction for pupils and their real situation. It tries to contribute to improving the teaching of Physics at this level introducing factors related to the way pupils learn and the implications this fact should have in teaching. It also provides a list of achievement goals, understanding and skills which pupils are supposed to have when they are to begin their University studies.

Key words: Evaluation, instruction, physics, teaching.

I. Brincones, J. Otero, T. López, J. Cuerva, S. Jiménez

Instituto de Ciencias de la Educación.

Universidad de Alcalá de Henares

C/ Libreros, 13. Col. Obispado de León

28801 ALCALÁ DE HENARES