

# La modelización en la *Econometría* *Econometric modelling*

M. Alguacil Marí, E. Jiménez Fernández  
UNIVERSITAT JAUME I  
luisaroqueta@hotmail.com, luisaroqueta@hotmail.com

---

## Abstract

*El entorno económico actual, así como las bajas calificaciones obtenidas por nuestros/as estudiantes en los últimos años, hace necesaria la incorporación a la docencia de nuevos métodos de enseñanza más acordes con esta realidad. En este sentido, la modelización econométrica proporciona una oportunidad única al proveer al/ a la alumno/a de las herramientas básicas para abordar de forma profunda y novedosa el estudio de la Econometría. En el presente artículo, se describe ese método de enseñanza, presentando además un ejemplo del mismo basado en un estudio realizado por dos alumnos del Grado de Economía. Asimismo, se evalúa cuantitativamente el éxito de este método en términos de rendimientos académicos. Los resultados obtenidos confirman nuestra idea inicial de que la mayor implicación del/ de la estudiante, así como la necesidad de un conocimiento más completo de la materia, supone un estímulo para el estudio de esta asignatura. Como prueba de ello, mostramos cómo aquellos/as estudiantes que optaron por el método que proponemos aquí obtuvieron mayores calificaciones a aquellos/as que eligieron el método de enseñanza tradicional.*

*The current economic environment, together with the low scores obtained by our students in recent years, makes it necessary to incorporate new teaching methods. In this sense, econometric modelling provides a unique opportunity offering to the student with the basic tools to address the study of Econometrics in a deeper and novel way. In this article, this teaching method is described, presenting also an example based on a recent study carried out by two students of the Degree of Economics. Likewise, the success of this method is evaluated quantitatively in terms of academic performance. The results confirm our initial idea that the greater involvement of the student, as well as the need for a more complete knowledge of the subject, suppose a stimulus for the study of this subject. As evidence of this, we show how those students who opted for the method we propose here obtained higher qualifications than those that chose the traditional method.*

---

Palabras clave: Econometría, Software R, modelización.  
Keywords: **Econometry**, **Software R**, **modelling**.

## 1. Introducción

El entorno económico actual, más cambiante y globalizado que nunca, así como las bajas calificaciones obtenidas por nuestros estudiantes en los últimos años<sup>1</sup>, nos exige como docentes tratar de buscar mejoras en los métodos de enseñanza a todos los niveles. A esto, habría que añadir además la creciente falta de motivación observada por parte del estudiante que encuentra una brecha cada vez mayor entre los conocimientos y competencias adquiridas en la escuela y/o la universidad y aquellas requeridas por un mercado laboral sujeto a grandes incertidumbres. Todo ello hace ineludible e inaplazable la incorporación a nuestro sistema educativo de nuevos métodos y técnicas de aprendizaje. Son precisamente estos hechos, así como la particularidad de la asignatura que imparten los docentes que escriben el presente artículo, lo que motiva este trabajo cuyos objetivos fundamentales son mejorar los métodos de enseñanza y acrecentar la motivación del estudiante en las asignaturas de Econometría en el Grado de Economía. Dos son los pilares fundamentales en los que se basan estas asignaturas que permiten al estudiante asimilar los conceptos fundamentales de la materia desde un prisma completamente distinto a otros tipos de aprendizaje más estándar: el uso de un paquete informático especializado y el recurso a la modelización econométrica.

Dada la complejidad de las operaciones y la abundante información estadística disponible, el estudio de la econometría requiere de la ayuda de un paquete informático o software especializado para llevar a cabo las rutinas y/u operaciones necesarias para proporcionar un estudio estadístico con rigor de los fenómenos económicos. En este sentido, son muchos los paquetes estadísticos que nos permiten realizar este análisis cuantitativo. Entre ellos, hemos seleccionado para esta asignatura el **software** R, tanto por su uso generalizado, en prácticamente todas las universidades, como por tratarse de un paquete de libre acceso, disponible para todo el alumnado en la red sin coste.

Además, la Econometría, lejos de una mera aplicación de fórmulas matemáticas a los datos económicos, exige que el/la estudiante o investigador/a especifique, de acuerdo con la teoría económica, un modelo econométrico que se ajuste al fenómeno económico objeto de estudio, así como a los datos disponibles cada vez más abundantes. La modelización econométrica nos permite de esta forma, por un lado, reforzar los planteamientos constructivistas en el que el/la alumno/a se convierte en actor/actriz principal de su propio aprendizaje. Por otro lado, necesita del conocimiento de un marco conceptual común que una conceptos propios de distintas ciencias, como son: la economía, las matemáticas, la estadística, etc. Numerosos estudios recientes demuestran que esta forma de entender el trabajo permite al estudiante no sólo centrarse y profundizar en el aprendizaje de la asignatura, sino también dar una mayor robustez estructural a los estudios cursados. La adquisición de habilidades como la creatividad, el trabajo en equipo, la búsqueda y el compartir información, son un común denominador a todas las metodologías basadas en la modelización, (García Raffi et al. 1991).

Tal y como define Granger (1990), premio Nobel de Economía en 2003, el objetivo de la modelización en la econometría es “... afectar las creencias y consecuentemente los comportamientos de otros investigadores y posiblemente otros agentes económicos”. Los objetivos de la modelización econométrica se clasifican fundamentalmente en tres bloques —ver (Granger, 1990)—:

<sup>1</sup>Véase, por ejemplo, los últimos informes de evaluación llevados a cabo por la OCDE (informes PISA).

- Realizar pruebas o contrastes de hipótesis para validar ciertos modelos teóricos establecidos.
- Proporcionar estimaciones o predicciones.
- Evaluar posibles relaciones causales a través de simulaciones.

Aunque muchos modelos son simplistas, “all models are wrong, some models are useful”, —ver (Launer, Wilkinson, 1979)—, no cabe duda que la modelización es el pilar fundamental dentro del área que abordamos, lo cual hace más importante una introducción metodológica en el proceso de aprendizaje.

La experiencia docente que presentamos se enmarca dentro de la asignatura de Econometría incluida en el Grado de Economía de la Universidad Jaume I de Castellón. Esta asignatura tiene dos bloques diferenciados de teoría y práctica. En el primer bloque, se presentan y analizan las herramientas y conceptos teóricos necesarios para la estimación, el análisis y la interpretación de los modelos econométricos. En el segundo bloque, se realizan ejercicios y casos prácticos que permiten profundizar en la metodología de la modelización econométrica. En este bloque, se ponen en práctica conceptos asimilados en el primer bloque utilizando datos sobre casos reales que serán manipulados y computados a través del **software R**. El procedimiento de evaluación permite a los alumnos elegir entre dos itinerarios, A y B. El primero (A) consiste en un examen donde se evalúa a los alumnos de todos los contenidos de la asignatura y que representa el 100 % de la nota. En el segundo (B), los alumnos/as (por parejas) presentan un trabajo a través de una exposición que representa el 50 % de la evaluación. El 50 % restante, se completa con el examen de contenidos generales, tanto teóricos como prácticos, que hacen conjuntamente los alumnos/as de ambos itinerarios. Esta distinción nos permite estudiar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre ambos itinerarios. El artículo se organiza de la siguiente forma. A continuación, se describe el método de docencia y evaluación utilizado en la asignatura de Econometría. En la sección 3, presentamos un ejemplo de esta metodología, exponiendo los pasos seguidos y los resultados en el trabajo realizado por un grupo de estudiantes. Finalmente, se muestran las estadísticas que se desprenden del estudio con sus conclusiones.

## 2. Descripción

Los itinerarios proporcionados en la evaluación de esta asignatura, enfrentan dos formas diametralmente opuestas en el proceso de aprendizaje de los alumnos/as. El primero representa el método tradicional de evaluación, donde los alumnos adquieren los conocimientos a través de clases magistrales y clases prácticas en el aula de informática, y de los cuales se evalúan en un examen final en la convocatoria oficial proporcionada por la escuela. En el segundo itinerario, se le pide al estudiante (agrupados en equipos de dos alumnos/as) que proponga un estudio econométrico sobre alguna cuestión de actualidad económica o algún problema de índole económico relacionado con su entorno, bien sea familiar, social o comercial. Todos los trabajos presentados siguen un guión que previamente proporciona y elabora el equipo docente. En el mismo se especifican los pasos a seguir en la modelización econométrica que, básicamente se diferencian en los puntos que señalamos a continuación.

1. Los alumnos/as presentan una propuesta cuyo objetivo se fundamenta en estudiar el comportamiento de una determinada variable económica, en función de una serie de variables explicativas, a través de un modelo lineal.

2. En el segundo paso, los alumnos/as buscarán entre las diferentes bases de datos, INE, Eurostat, Sabi,... la información necesaria para llevar a cabo el estudio.
3. A continuación, se estima el modelo, seleccionando previamente las variables explicativas más representativas para el objeto de estudio e incluyendo una descripción detallada de las mismas (junto con las fuentes estadísticas). La aplicación posterior de una serie de contrastes de significación evaluará la adecuación o no de la inclusión de las mismas en el modelo econométrico.
4. Finalmente, se proporcionan las conclusiones que se derivan del estudio y las fuentes bibliográficas consultadas para la elaboración de este trabajo.

De todos los trabajos realizados en el curso académico 2015-2016, presentamos como ejemplo “La aceituna desde el punto de vista econométrico”. Este trabajo ha sido seleccionado por tratarse de un trabajo original y del cual se desprenden los dos objetivos fundamentales que se persiguen en este método de enseñanza, es decir, la motivación, implicación y la asimilación de los conceptos fundamentales de la materia. Los/as alumnos/as tienen como objetivo, seleccionar un problema de interés, recopilar las bases de datos necesarias para el estudio, analizar los resultados que se desprenden de las regresiones realizadas y comprobar que se verifican las hipótesis necesarias para la aplicación de la metodología utilizada. Este proceso enfrenta al estudiante a las diferentes disyuntivas intrínsecas de la modelización (diagnosis, tests), permitiendo adquirir los conocimientos de una forma constructiva y siendo el propio estudiante el protagonista principal en el proceso de aprendizaje.

### 3. La aceituna desde el punto de vista econométrico

El modelo econométrico que se presenta, titulado “Un modelo econométrico para la estimación de la producción de aceituna”, tiene como objetivo principal describir cómo las condiciones ambientales afectan a la producción de aceituna en el territorio español. Con dicho propósito, se estima un modelo de regresión lineal a través del método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

#### 3.1. a) Modelo econométrico y descripción de variables.

Como primer paso para la especificación del modelo, los alumnos deben definir la variable dependiente, aquella cuyo comportamiento quieren analizar, así como las variables independientes o explicativas; es decir, aquellas que permiten explicar las variaciones observadas de la variable objeto de estudio. Para la definición de estas variables (dependiente e independientes), los alumnos deberán recurrir a conceptos básicos de la teoría económica y, en este caso, de la agricultura. Asimismo, deberán definir el alcance geográfico y temporal del estudio que, sin duda, dependerá en gran medida de la disponibilidad de datos. Este proceso de búsqueda de datos es de gran importancia debido a que no sólo limita (o amplía) las posibilidades de un análisis empírico riguroso del tema planteado, sino que además permite a los alumnos desarrollar la habilidad de buscar, discriminar y seleccionar la información necesaria en base a los objetivos marcados.

En el presente trabajo, los datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística, seleccionándose como variable dependiente, **produc**, la producción de aceitunas (en miles de toneladas) en las distintas Comunidades Autónomas (CC.AA) españolas durante 2016 (último

año disponible)<sup>2</sup>. La desagregación por Comunidades Autónomas estaría justificada en este caso por las condiciones climáticas particulares de cada Comunidad resultado de una orografía y un clima específico, lo que permite estudiar empíricamente la influencia que cambios en estas condiciones tiene sobre el cultivo de la aceituna.

Como variables explicativas de la producción de aceituna se seleccionaron diferentes variables contempladas en el año 2015, debido a que el proceso de maduración se genera justo el año anterior a su recolección. Estas variables son: la superficie (en hectáreas) dedicada a la producción de aceituna, **sup**, la temperatura media anual de cada comunidad (en grados centígrados), **temp**, las horas anuales de sol media en cada CC.AA, **hsol**, el promedio de precipitaciones (en milímetros cúbicos) en cada región, **mil3**, y las ventas de fertilizantes agrícolas (en millones de euros) por Comunidad Autónoma, **fert**.

El modelo econométrico a estimar quedaría especificado de la siguiente forma:

$$produc = \beta_0 + \beta_1 sup + \beta_2 temp + \beta_3 hsol + \beta_4 mil3 + u \quad (1)$$

donde las  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  y  $\beta_4$  representan los parámetros a estimar y el error  $u$  recoge el término de error o perturbación de este modelo. En la tabla 1, se presentan los valores de las distintas variables por Comunidades Autónomas.

CCAA	sup	produc	temp	hsol	mil3	fert
Cataluña	21667	26495	16.90	2562	357	67.47
Baleares	662	684	16.95	2909	452	5.23
Cast. y León	1057	1411	12.52	2702	343	287.57
Madrid	491	361	16.06	2000	278	16.09
Cast. La Mancha	47785	111392	16.02	2091	281	120.04
C. Valenciana	16144	28893	18.93	3014	371	91.41
R. de Murcia	9570	11222	20.00	3184	236	52.75
Extremadura	44600	68286	17.36	3120	312	67.47
Andalucía	980667	1086338	12.81	3159	323	198.86
Canarias	43	191	18.03	3238	222	24.16
Aragón	10911	13236	15.20	2345	380	85.24

Tabla 1: Comunidades Autónomas

### 3.2. Resultados econométricos

La estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) del modelo econométrico 1 se realiza a través del software R. El modelo econométrico utilizado es la regresión lineal. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Call:

```
lm(formula = produc ~ sup + temp + hsol + mil3, data = datos)
```

Residuals:

```
   Min      1Q  Median      3Q      Max
-23975 -8744  -2171   3168  36226
```

Coefficients:

<sup>2</sup>Nótese, sin embargo, que se han excluido aquellas Comunidades Autónomas en las que la producción de aceitunas es prácticamente inexistente.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.218e+04	7.388e+04	0.571	0.589
sup	1.119e+00	3.102e-02	36.065	3.03e-08 ***
temp	2.092e+03	4.042e+03	0.518	0.623
hsol	-2.053e+01	1.783e+01	-1.151	0.294
mil3	-3.926e+01	9.954e+01	-0.394	0.707

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 20170 on 6 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.9976, Adjusted R-squared: 0.9961  
F-statistic: 633.9 on 4 and 6 DF, p-value: 5.253e-08

De este primer estudio se desprende que un aumento en una hectárea proporciona un aumento en 1.119 toneladas en la producción de aceitunas, dadas las condiciones meteorológicas. Asimismo, un incremento en la temperatura media del año y en las precipitaciones, parecen ejercer, en principio, un efecto positivo y negativo, respectivamente. Este último resultado, aunque aparentemente contradictorio, se podría deber a la existencia de una colinealidad alta entre ellas, precipitaciones y la temperatura. Además, como veremos en el siguiente apartado, estas variables no ejercen un impacto significativo sobre la producción de aceitunas. Esta ausencia de significatividad podría deberse también a la elevada colinealidad.

### 3.3. Resultados econométricos

1. Para estudiar la especificación individual de cada una de las variables explicativas implicadas en el modelo, vamos a elaborar un contraste de hipótesis para determinar si cada una de ellas es estadísticamente significativa respecto la variable dependiente. Consideramos el contraste cuya hipótesis nula  $H_0 : \beta_i = 0$  donde  $i$  varía de 1 a 4 (número de variables independientes implicadas en el modelo), mientras que la hipótesis alternativa establece que el valor del parámetro es distinto de cero. Este contraste permite determinar si la variable asociada es estadísticamente significativa al nivel de significación  $\alpha$  que se haya fijado, siendo  $\alpha$  la probabilidad de cometer un error de tipo I. Rechazar esta hipótesis implica que la variable en cuestión es representativa en el modelo. Es decir, el coeficiente  $\beta_i$  asociado a la variable será distinto de 0 en el  $(1 - \alpha) * 100$  de los casos que repitamos el experimento.

Variables	p-valor	$\alpha = 0.20$
sup	3.03e-08	Rechazamos $H_0$
temp	0.623	No rechazamos $H_0$
hsol	0.294	No rechazamos $H_0$
mil3	0.707	No rechazamos $H_0$

Tabla 2: p-valores Modelo 1

De estos resultados, se desprende que únicamente la variable superficie para tener un efecto estadísticamente significativo sobre la producción de aceitunas.

2. Contraste de especificación conjunta. Vamos a analizar si las variables independientes son conjuntamente significativas en el modelo lineal. Para realizar el estudio utilizamos el

contraste siguiente:

$$\begin{aligned} H_0 : \beta_{sup} = \beta_{temp} = \beta_{hsol} = \beta_{mil3} = 0 \\ H_1 : \text{alguna } \beta \text{ es diferente de } 0. \end{aligned} \quad (2)$$

El estadístico que se utiliza cuando realizamos contrastes de más de dos variables es el estadístico  $F$ . El programa R proporciona los valores asociados a este cómputo por defecto cuando calculamos una regresión utilizando la sentencia `lm`.

F-statistic: 633.9 on 4 and 6 DF, p-value: 5.253e-08

Utilizando el enfoque del p-valor y el nivel de significación fijado  $\alpha = 0.05$ , se desprende que rechazamos la hipótesis nula. Por tanto se concluye que tenemos evidencias estadísticas de que las variables consideradas en el estudio, son conjuntamente significativas respecto de  $\alpha = 0.2$ .

- Supongamos que se cumplen los cuatro primeros supuestos de básicos de Gauss-Markov. Uno de los problemas subyacentes a la hora de aplicar una regresión lineal por mínimos cuadrados, es que la varianza del error condicionada en al menos una de las variables independientes no sea constante. Decimos entonces que el modelo presenta heteroscedasticidad. En este caso, aunque la estimación por MCO seguiría siendo insesgada, los errores estándar utilizados en los estadísticos habituales de contrastes, estarían incorrectamente calculados y, por consiguiente, la inferencia estadística no sería válida. Para resolver este problema, deberíamos recurrir a una estimación robusta a heteroscedasticidad de estos errores estándar. De nuevo recurrimos al software R para realizar dichas estimaciones. Es necesario la instalación de una serie de paquetes que proporcionan las subrutinas para los cálculos asociados a la heteroscedasticidad.

```
library(sandwich)
library(zoo)
library(lmtest)
```

A continuación, se calcula la estimación del modelo de regresión utilizando la matriz de varianzas-covarianzas con las desviaciones típicas robustas frente a heteroscedasticidad. Las salidas que proporciona el software vienen se presentan a continuación.

```
t test of coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 42177.79679 91614.14042  0.4604  0.6615
sup           1.11869    0.80423  1.3910  0.2136
temp        2091.64803  3225.92731  0.6484  0.5407
hsol        -20.52604   34.46013 -0.5956  0.5732
mil3       -39.26405   82.96896 -0.4732  0.6528
```

Observamos que las diferencias son especialmente significativas en el caso de los errores calculados para la variable independiente. Esto nos proporciona indicios de que puede existir un problema de HTC.

El contraste que nos permite detectar la heteroscedasticidad de una forma más precisa este fenómeno es el contraste de Breusch-Pagan. Para realizar este contraste será necesario realizar una serie de pasos que enumeramos a continuación.

1. Obtenemos los residuos del modelo original estimados por MCO y que denominamos  $\hat{u}$ .
2. Realizamos la regresión auxiliar de estos residuos al cuadrado sobre todas las variables explicativas del modelo original:

$$\hat{u}^2 = \delta_0 + \delta_{sup}sup + \delta_{temp}temp + \delta_{hsol}hsol + \delta_{mil3}mil3 + \varepsilon \tag{3}$$

y anotamos el coeficiente  $R^2$  asociado a esta regresión y que denotamos por  $R_{\hat{u}}^2$ .

3. Calculamos el estadístico  $F$ , así como el p-valor asociado a través de la distribución  $F_{4,9-4-1}$ .

obtenemos las siguientes salidas

Call:

```
lm(formula = (residuals(model1))^2 ~ sup + temp + hsol + mil3)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-258480556	-173952405	-28637056	74312689	540621245

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.092e+09	1.129e+09	1.853	0.1134
sup	3.427e+02	4.741e+02	0.723	0.4970
temp	4.959e+07	6.177e+07	0.803	0.4528
hsol	-7.696e+08	2.726e+08	-2.823	0.0302 *
mil3	-1.854e+06	1.521e+06	-1.219	0.2687

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 308200000 on 6 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6424, Adjusted R-squared: 0.404

F-statistic: 2.695 on 4 and 6 DF, p-value: 0.1338

El modelo 3 nos permite contrastar si error del modelo 1 esta correlacionado con alguna de las variables explicativas.

$$\begin{aligned} H_0 : \delta_{sup} = \delta_{temp} = \delta_{hsol} = \delta_{mil3} = 0 \\ H_1 : \text{Alguna } \delta \text{ es diferente de } 0. \end{aligned} \tag{4}$$

Utilizando el enfoque def estadístico F, se obtiene que el p-valor (0.7276) es mayor que el nivel de significación (0.05), por lo tanto tenemos evidencias estadísticas de que todos los coeficientes del modelo 3 no son distintos de cero, es decir del contraste no se desprende que el modelo tenga un problema de Heteroscedasticidad.

Alternativamente, podemos aplicar otros contrastes que proporcionen más fiabilidad al estudio, con el fin de descartar la presencia de heroscedasticidad. En este ocasión utilizamos el contraste de White. Este contraste se basa en la estimación del modelo 1, al cual le añadimos los cuadrados y productos cruzados de las variables explicativas del modelo. En nuestro modelo, tenemos 4 variables independientes, por tanto, se tienen que añadir 10 variables. Existe un procedimiento alternativo que simplifica el el modelo y es más conservador con los grados de libertad.

1. En primer lugar, obtenemos los residuos del modelo 1 y que denotamos por  $\hat{u}$ .
2. A continuación obtenemos las estimaciones de la variable dependiente  $prod\_sup$  y que denotamos por  $\widehat{prod\_sup}$ . Notar que:

$$\widehat{prod\_sup} = prod\_sup - \hat{u}$$

3. Por último, estimamos el modelo:

$$\hat{u}^2 = \delta_0 + \delta_1 \widehat{produc} + \delta_2 \widehat{produc}^2 + error \quad (5)$$

La siguiente tabla nos proporciona las salidas que se han obtenido con el software R

Call:

```
lm(formula = (residuals(model1))^2 ~ prod_est + (prod_est)^2)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-240833420	-213241319	-159488089	-26336648	1083034045

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.410e+08	1.356e+08	1.777	0.109
prod_est	-1.563e+02	4.112e+02	-0.380	0.713

Residual standard error: 417600000 on 9 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0158, Adjusted R-squared: -0.09355

F-statistic: 0.1445 on 1 and 9 DF, p-value: 0.7126

Una vez más se comprueba a través del enfoque del p-valor (0.7229) y utilizando el estadístico F que no se rechaza la hipótesis nula ( $H_0 : \delta_1 = \delta_2 = 0$ ), siendo estadísticamente significativo al 0.05. En consecuencia, tenemos más argumentos para afirmar que el modelo no presenta problemas de heteroscedasticidad.

#### 4. Resultados de la experiencia docente y conclusiones

Es conocido que gran parte de los avances científicos son resultado de la experimentación, “prueba , ensayo, errorz no únicamente de un estudio formal de las teorías que rigen los comportamientos del estudio. La presentación axiomática de las teorías en los grados de Economía, Finanzas y Administración y Dirección de Empresas, hace cada vez más difícil la asimilación de los conceptos entre el alumnado. La experiencia docente que presentamos en este trabajo persigue, tal y como definen García Raffi et al. (1991):

1. “ ...un intento de optimizar el esfuerzo dedicado a la formación científica, actuando sobre las actitudes negativas que muchos estudiantes presentan tradicionalmente hacia nuestras asignaturas.”
2. “ ...constituye una posible vía de optimización de recursos con relación a la disminución del tiempo lectivo dedicado a las ciencias básicas en los nuevos planes de estudio universitarios.”
3. “ ... el establecimiento de algunos parámetros válidos para la comprobación del efecto real de nuestro trabajo sobre el aprendizaje de nuestros alumnos (evaluación).”

El procedimiento de evaluación utilizado en esta asignatura nos permite apreciar diferentes resultados que están relacionados con los métodos de aprendizaje. De una muestra de 53 alumnos, 12 alumnos optan a principio de curso por la elaboración de un trabajo de similares características de las expuestas en este artículo. Con esta elección, el/la alumno/a está optando implícitamente por un método de evaluación y forma de aprender distinto. Una apreciación inicial por parte del equipo docente, revela que la motivación de los/las alumnos/as en la elaboración los trabajos es muy significativa. El estudio de problemas reales, próximos y actuales, genera una implicación y un deseo de conocer resultados, que obliga al estudio exhaustivo de los modelos que rigen el comportamiento económico del mundo que nos rodea, siendo esta voluntad un motor efectivo para la asimilación de conceptos y lo que es muy importante, convirtiendo a los/las estudiantes en arquitectos/as y protagonistas de su propio conocimiento.

Estadísticamente los resultados obtenidos después del estudio son reveladores y se exponen a continuación:

	Presentan Trabajo	No presentan
No Aprueban	1	21
Aprueban	11	20

Tabla 3: Tabla de observaciones

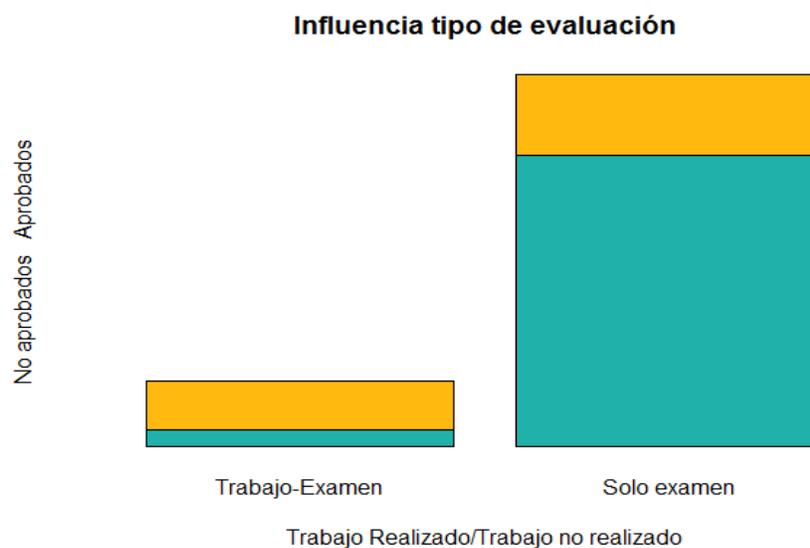
La tabla de observaciones 3, proporciona las frecuencias observadas de dos variables. Por un lado, se describen las observaciones de aquellos alumnos que deciden presentar el trabajo y presentarse a la convocatoria oficial con el 50 % de la materia evaluada, y de aquellos que deciden presentarse a la convocatoria oficial con el 100 % por no haber realizado el trabajo. Por otro lado, se muestran las observaciones de aquellos alumnos que han superado el examen y aquellos que no lo han superado. Notar que en ambos casos, el examen que realizan es el mismo, lo que distingue a ambos grupos es la ponderación de este examen en la nota final de esta asignatura. Queremos saber si ambas variables son independientes. Para llevar a cabo dicho estudio plantemos un contraste de hipótesis de independencia, donde  $H_0$  representa la hipótesis nula de que ambas variables son independientes. La naturaleza del experimento conduce a realizar un test de Fisher, del cual se desprende un p-valor de 0.008723. Consecuentemente, rechazaremos la hipótesis nula a un nivel de significación del 5%. Por lo tanto, tenemos evidencias empíricas de que las variables seleccionadas no son independientes. Además la razón de momios (odds ratio) es de coeficiente 0.08993572, esto significa que los alumnos que realizan el trabajo tienen un  $(1 - 0.0899) * 100\%$  menos de probabilidad de no aprobar que los alumnos que no realizan el trabajo. Los resultados estadísticos mostrados no son ni concluyentes ni definitivos. No obstante, dan luz sobre una metodología que entendemos puede proporcionar frutos significativos en un futuro inmediato.

El gráfico ilustra como las proporciones de ambos procedimientos difieren significativamente, siendo la proporción de aprobados de los estudiantes que han realizado la experiencia docente mayor que los alumnos/as que no la han realizado.

Con el objeto de proporcionar robustez al estudio anterior, regresamos la variable notas de los alumnos/as (**exam**) en el examen, respecto de las variables independientes, nota media del expediente (**exp**) y una variable ficticia (**trabajo**) que vale 1 si el/la estudiante ha realizado el experimento y 0 en caso contrario.

$$exam = \beta_0 + \beta_{exp}exp + \beta_{trabajo}trabajo + u \quad (6)$$

Una vez realizados todos los contrastes necesarios para aplicabilidad del modelo, se encuentran evidencias estadísticas de presencia de heteroscedasticidad en el modelo 6. Debido a este



fenómeno realizamos una inferencia robusta a la heteroscedasticidad obteniendo los siguientes resultados:

t test of coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-7.82309	2.28081	-3.4300	0.0012338	**
exp	1.97741	0.35097	5.6341	8.525e-07	***
trabajo	1.84149	0.48164	3.8234	0.0003724	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Observamos que las variables dependientes son significativas al 1%. Se desprenden de los resultados, que fijando la variable **exp**, cuando la variable binaria **trabajo** asume el valor 1, es decir, los alumnos realizan el trabajo, la nota examen se ve incrementada en 1.84149 puntos. Paralelamente, se realiza un test t-student donde la hipótesis viene descrita a continuación  $H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$ , siendo  $\mu_1$  y  $\mu_2$  los promedios poblacionales de las notas medias de expediente de aquellos alumnos/as que han realizado y no han realizado el trabajo, respectivamente. El test nos proporciona un p-valor 0.1346, por lo tanto, no rechazamos la hipótesis nula, es decir, tenemos evidencias empíricas de que los promedios de las notas medias de los expedientes de los/las estudiantes que no han realizado el experimento es mayor de aquellos/as que si lo han realizado. De este modo, se certifica estadísticamente que la elección del experimento no está sesgada a favor de los mejores expedientes.

Finalmente, entendemos que la experiencia docente ilustrada presenta diferencias significativas respecto de la forma tradicional de enseñanza. La mayor implicación del/ de la estudiante y el carácter transversal del método supone un mayor incentivo para el/la mismo/a, así como la necesidad de un mayor conocimiento real de la materia, por todo esto, consideramos que es importante seguir profundizando en estas metodologías a tenor de los resultados positivos que se desprenden de este trabajo.

## Referencias

-  Granger C. W. J. (1990).  
*Modelling Economic Series*.  
Oxford University Press.
-  Garcia Raffi L.M., Sánchez-Pérez J.V. y Sánchez Pérez E.A. (1999).  
*Introducción de las técnicas de modelización para el estudio de la física*  
y de las matemáticas en los cursos de las carreras técnicas.  
*Enseñanza de las Ciencias* 17(1), 119–129.
-  Launer R.L., Wilkinson G.N. (1979).  
*Robustness in the strategy of scientific model building*.  
in *Robustness in Statistics*. Academic Press: New York.
-  Ramanathan R. (2002).  
*Introductory econometrics with applications*. 5ª edición.  
Harcourt College Publishers.
-  Wooldridge J.M. (2010).  
*Introducción a la Econometría: Un Enfoque Moderno*, 4ª edición.  
Cengage Learning.
-  [http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/  
estadisticas-agrarias/agricultura/](http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/)
-  [http://www.upa.es/upa/\\_depot/\\_documentos/  
5c7d82572fa2e591459412535.pdf](http://www.upa.es/upa/_depot/_documentos/5c7d82572fa2e591459412535.pdf)
-  [http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/  
estadisticas-agrarias/boletin2015\\_tcm7-424015.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2015_tcm7-424015.pdf)