

Un estudio sobre la utilidad de la realización de prácticas de laboratorio en el proceso de aprendizaje y su influencia en los resultados de la evaluación del alumno

Ángeles Calduch, José Manuel Prats, Vicent Giner, Santiago Vidal-Puig

Dpto. de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad

Universidad Politécnica de Valencia

Camino de Vera, s/n - 46022 Valencia

{mcalduch,jopraron,vigibos,svidalp}@eio.upv.es

Resumen

En el presente trabajo, realizado en la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada (ETSIAP) de la Universidad Politécnica de Valencia, se ha analizado el efecto que la realización de las prácticas de la asignatura de Estadística tiene sobre la nota final del examen. Para dicho estudio se han empleado dos técnicas estadísticas complementarias.

1. Introducción

En la actualidad, la enseñanza universitaria conjuga la enseñanza teórica con la práctica, por lo que las asignaturas que se imparten en las titulaciones de Informática llevan asociadas prácticas de ordenador, que sirven para que los alumnos afiancen los conceptos aprendidos en las clases de teoría. El objetivo que nos proponemos en este trabajo es ver si realmente las prácticas que realizan los alumnos en una de las asignaturas que impartimos influyen en el aprendizaje de los conceptos de la asignatura, y si esto se ve reflejado en la nota del examen.

El estudio se ha realizado sobre la asignatura de Estadística, que se imparte en el primer curso de las titulaciones de Ingeniería Técnica Informática de Gestión (ITIG) e Ingeniería Técnica Informática de Sistemas (ITIS), en la ETSIAP de la Universidad Politécnica de Valencia. Los profesores que han realizado el estudio pertenecen al Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, e imparten la asignatura de Estadística en la escuela citada anteriormente.

Se trata de una asignatura de duración cuatrimestral que se imparte en el 2.º cuatrimestre, de carácter troncal en ambas titulaciones, con una carga lectiva de 3 créditos de teoría y 1,5 de

prácticas de aula, y 1,5 créditos de prácticas de laboratorio (cada crédito equivale a 10 horas efectivas de clase presencial).

Esta asignatura se viene impartiendo desde el curso 2001-2002, ya que fue entonces cuando entró el funcionamiento el actual plan de estudios de las titulaciones ITIG e ITIS en la ETSIAP. En la actualidad hay ocho grupos de 1.º, cuatro de cada titulación. El número de alumnos de nuevo ingreso que se admiten en cada una de las titulaciones es de 200, por lo que en el caso de nuestra asignatura, hay 400 nuevos alumnos. Sin embargo, con el número de repetidores que hay, el primer curso sigue contando con un elevado número de alumnos.

En concreto, en el curso 2001-2002, el número de alumnos matriculados en la asignatura era de 512; en el curso 2002-2003, era de 683; en el curso 2003-2004, había 773 alumnos matriculados en la asignatura; y por último, para el curso 2004-2005, había un total de 712 alumnos. De estos 712, el estudio está realizado sobre 286 alumnos evaluados en junio y 142 en septiembre.

Para la realización de las prácticas de laboratorio, cada grupo de teoría se divide en tres subgrupos, para que los alumnos puedan realizarlas mejor y haya mayor interactividad entre el profesor y los alumnos.

En el curso 2004-2005, las prácticas de laboratorio de nuestra asignatura se desarrollaron durante una hora semanalmente. Se utiliza el paquete estadístico STATGRAPHICS, y la primera semana se emplea para que los alumnos conozcan el programa, y realizan un breve ejercicio. En el resto de semanas, los alumnos realizan ejercicios con el ordenador relacionados con los conceptos teóricos y ejercicios que se han visto durante la semana en el aula.

Los alumnos se reparten en grupos de tres (los mismos durante todo el curso) para realizar la práctica, utilizando cada grupo de alumnos el mismo ordenador en todas las semanas. Al comienzo de la clase, el profesor lleva a cabo una breve explicación sobre la práctica a realizar, y mientras los alumnos realizan la práctica, va respondiendo a las posibles dudas que puedan surgir. Al finalizar la clase, cada grupo de tres alumnos entrega al profesor la resolución de los ejercicios propuestos, y éste los evalúa y los devuelve corregidos en la próxima práctica. Por lo tanto, la evaluación de las prácticas realizadas es común para los tres alumnos que realizan juntos los ejercicios.

En cuanto a la evaluación de los alumnos, cada una de las prácticas tiene una puntuación entre -1 y 1, siendo la nota -1 la que se obtiene si el alumno no ha asistido a realizar la práctica, y 1 si los ejercicios están correctamente resueltos. La nota final de prácticas se obtiene calculando la media aritmética de las puntuaciones de las prácticas de cada alumno, por lo que de nuevo varía entre -1 (el alumno que no ha asistido a ninguna práctica) y 1 (el alumno que ha realizado correctamente todos los ejercicios propuestos en las prácticas).

La nota final de la asignatura se obtiene sumando a la nota del examen del alumno su nota de prácticas, siempre que la nota del examen sea mayor o igual a 4,5. Hay que notar que el examen se realiza sobre 10 puntos, con lo que la nota final del alumno puede llegar a 11 (en el curso en el que realizamos el estudio, la nota final de una alumna fue de 10,1, por supuesto una Matrícula de Honor).

Para llevar a cabo el estudio, se han recogido y analizado datos de las evaluaciones de las prácticas y de las notas finales correspondientes a alumnos del curso 2004-2005. En los apartados siguientes describiremos la muestra y detallaremos los análisis realizados. Por último, presentaremos las conclusiones que podemos extraer a partir de dichos análisis.

2. Descripción de la muestra y análisis preliminares

La muestra analizada ha sido formada a partir de datos de notas de exámenes y de prácticas correspondientes a 428 alumnos de Estadística del

curso 2004-2005 de la ETSIAP de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los factores considerados como potenciales a la hora de influir sobre la nota de examen han sido, además de la nota de prácticas, la especialidad (Gestión o Sistemas) ya que el alumnado tiene un enfoque profesional diferente y por tanto tal vez una distinta predisposición hacia la asignatura; el grupo en el cual se han matriculado los alumnos, ya que los grupos con mejor horario tienden a ser ocupados por alumnos con mejores notas, ya que son ellos quienes eligen en primer lugar; el profesor que imparte la asignatura en cada grupo y que corrige el examen; la convocatoria en la cual se presenta el alumno a examen; y el hecho de hacer el examen en junio o septiembre. Adicionalmente en los subsiguientes análisis, los diferentes métodos estadísticos utilizados han recomendado en algún caso la incorporación de nuevas variables calculadas sobre las originales, o bien la recodificación de algunas variables originales para adaptarlas a tales métodos.

3. Análisis realizados

Hemos abordado el estudio de los datos haciendo uso de dos técnicas estadísticas diferentes: un modelo de ajuste por mínimos cuadrados parciales (PLS) [1] y un modelo de regresión lineal múltiple (MLR) [2].

El PLS ha sido elegido por tratarse de un método robusto, y por ser una técnica que se comporta bien ante la existencia de datos faltantes y la presencia de colinealidad entre las variables.

A su vez, el MLR permite estudiar el efecto de las variables explicativas sobre la variable de interés, trabajando en el espacio de las variables originales.

3.1. Análisis multivariante PLS

Como ya se ha comentado, debido al evidente grado de correlación entre las variables, resulta más adecuado el uso de algún tipo de análisis que sea capaz de abordar este tipo de estructuras. Dado que existe una variable de salida y una estructura de datos de entrada, una manera adecuada de analizar estos datos es a través de un modelo de ajuste por mínimos cuadrados parciales (PLS) [1], el cual maximiza la covarianza entre los espacios latentes asociados a los datos.

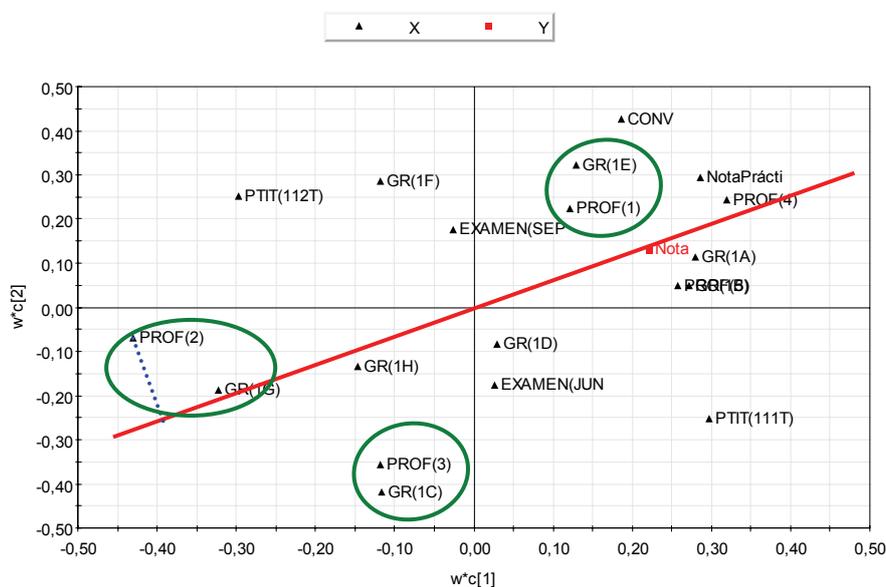


Figura 1. WC Plot de las variables de entrada del modelo y de las de salida para el modelo PLS (con Convocatoria como variable cuantitativa)

El método PLS (*Partial Least Squares*) es un modelo de proyección a estructuras latentes por medio de mínimos cuadrados parciales, presentado por Herman Wold en los años 70, y perfeccionado por Svante Wold y Harald Martens en los años 80.

A diferencia de los modelos existentes con anterioridad al PLS, su objetivo es explicar la relación entre dos conjuntos de variables X e Y , así como la variabilidad tanto en X como en Y , pero maximizando la covarianza entre ellos.

Es decir, el PLS hace una proyección de X , de manera que aproxima bien X y maximiza la correlación con Y (aproximando también bien Y).

En cualquier caso, la prioridad del modelo es maximizar la covarianza entre las estructuras de datos de entrada y salida, con el objeto de maximizar el poder de predicción, por lo cual no es el modelo más adecuado a la hora de encontrar relaciones dentro de la estructura de datos de entrada.

Como variables explicativas, se han utilizado:

- Convocatoria: orden de la convocatoria, desde la primera a la quinta.

- Nota de prácticas: variable continua y de tipo cualitativo, para el primer y el segundo análisis realizados.
- Examen: junio o septiembre, variable cualitativa.
- Código del profesor: un número para cada uno de los cinco profesores implicados en el estudio.
- Grupo de matriculación.
- Titulación: PTIT(112T) o PTIT(111T).

Como variable de salida, está la nota final de examen.

Como resultado del análisis, se obtienen dos gráficos, que pasamos a comentar a continuación.

El primer gráfico (Figura 1), correspondiente al análisis de la nota de prácticas como variable de tipo continuo, muestra los pesos de las variables en las componentes latentes 1.^a y 2.^a. La línea roja marca la dirección sobre la cual deben situarse las proyecciones de las variables de entrada, a fin de conocer su grado de correlación con la variable de salida (Nota). Dicha proyección debe realizarse de manera análoga a la mostrada para el caso del profesor 2 [PROF(2)]. Así, se puede desprender

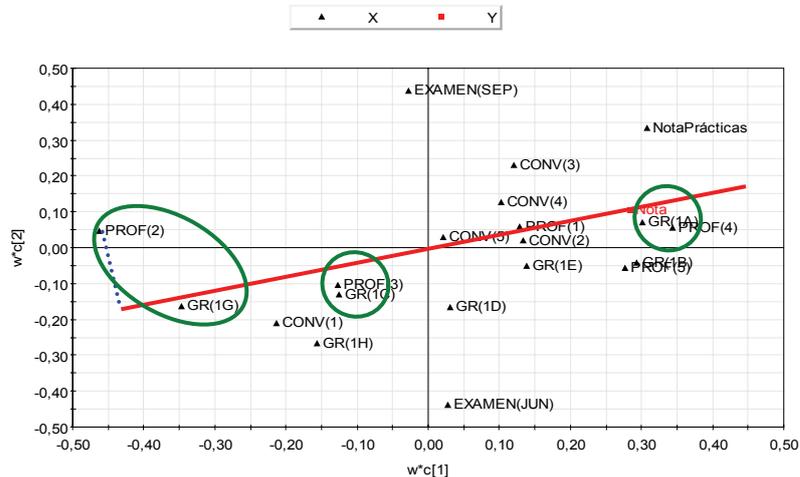


Figura 2. WC Plot de las variables de entrada del modelo y de las de salida para el modelo PLS (con Convocatoria como variable cualitativa)

del gráfico cómo es este profesor quien presenta un grado de correlación más negativo con la nota final de examen, seguido del profesor 3 [PROF(3)]. Por su parte, el profesor “más benévolo” sería el 4 [PROF(4)].

Asimismo, se puede constatar el efecto positivo del factor Nota Prácticas, cuyo grado de correlación positiva con la nota final de examen es el más elevado, tras [PROF(4)].

La cercanía de los grupos a cada uno de los profesores indica el grado de correlación entre los mismos. Las elipses verdes muestran este tipo de relación, correspondientes a los grupos que impartían algunos profesores y que tenían una mayor correlación con los mismos.

Asimismo, se puede constatar también en este caso la no influencia de la convocatoria (junio/septiembre) ni de la titulación sobre la nota, que simplemente separa los grupos de Sistemas y Gestión, y la influencia de la nota de prácticas.

El factor convocatoria también tiene un efecto positivo sobre las notas. Si analizamos el factor convocatoria como de tipo cualitativo (Figura 2), se puede ver cómo, más que un efecto positivo del factor convocatoria, lo que se puede observar es una diferencia entre la primera convocatoria y el resto, teniendo la primera convocatoria notas medias inferiores a la mitad, mientras que el resto se muestra valores parecidos, y con valores superiores a la media.

A la vista de ambos gráficos de pesos se pone de manifiesto que hay dos profesores con un comportamiento claramente diferenciado al del resto. Se observa una elevada correlación entre grupo y profesor, lo cual es lógico dado que la mayor parte de los profesores tenían asignado sólo un grupo.

3.2. Análisis mediante Modelo MLR

Aunque el objetivo no es obtener un modelo predictivo para la nota del examen, usamos el modelo de regresión lineal múltiple (MLR) [2] para estudiar la significación del efecto de las distintas variables explicativas en la variable respuesta. El método propuesto parece más adecuado que el uso del análisis de la varianza por tratarse de datos recogidos y que por tanto, no proceden de un diseño de experimentos. El uso del análisis de la varianza obliga a agrupar la nota de prácticas en intervalos con la consecuente pérdida de información que no se produce al utilizar un modelo MLR.

Para estudiar los efectos reales de las distintas variables explicativas en la variable respuesta hemos considerado también la consistencia de los resultados obtenidos en la estimación del modelo sobre dos convocatorias distintas: junio y septiembre.

Para la obtención del modelo de regresión se han considerado las siguientes variables explicativas:

Variables comunes en los modelos de junio y septiembre:

- Asistencia:
 - 1 si asistió a prácticas (nota prácticas > 0)
 - 0 si no asistió a prácticas (nota practicas <0)
- 4 variables dicotómicas para la variable código de profesor.

- Nota de Prácticas: considerada como variable cuantitativa continua.

- Convocatoria: considerada como variable cuantitativa continua y siendo el número de convocatoria para el alumno medido en junio del correspondiente curso académico y por tanto no actualizándose en los resultados de septiembre.

Variables únicas en el modelo de septiembre:

Multiple Regression – NOTA JUNIO

Multiple Regression Analysis

Dependent variable: NOTA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	0,143434	1,18783	0,120753	0,9040
ASISTENCIA	2,52437	0,79308	3,183	0,0016
NOTAPRACTICAS	1,97579	0,491422	4,02056	0,0001
CONVOCATORIA	0,46266	0,13588	3,40492	0,0008
CP1	-0,402358	0,420757	-0,956273	0,3398
CP2	-1,28402	0,299172	-4,29191	0,0000
CP3	-0,782728	0,328667	-2,38153	0,0179
CP4	-0,254931	0,311763	-0,817708	0,4142

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	191,793	7	27,399	10,65	0,0000
Residual	715,447	278	2,57355		
Total (Corr.)	907,24	285			

R-squared = 21,1402 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 19,1546 percent

Standard Error of Est. = 1,60423

Multiple Regression – NOTA SEPTIEMBRE

Multiple Regression Analysis

Dependent variable: NOTA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	2,37641	1,33791	1,77621	0,0780
JUNSEP	0,233155	0,305078	0,764245	0,4461
ASISTENCIA	0,765807	0,890277	0,860189	0,3912
NOTAPRACTICAS	1,11602	0,61369	1,81853	0,0712
CONVOCATORIA	0,101999	0,193495	0,527142	0,5990
CP2	-0,569624	0,400406	-1,42261	0,1572
CP3	-0,710657	0,449911	-1,57955	0,1166
CP4	1,22668	0,454787	2,69726	0,0079

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	91,126	7	13,018	5,62	0,0000
Residual	310,388	134	2,31633		
Total (Corr.)	401,514	141			

R-squared = 22,6956 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 18,6573 percent

Standard Error of Est. = 1,52195

Tabla 1. Modelo MLR para las convocatorias de junio y septiembre.

- Jun - Sep:
 - 1 si el alumno de septiembre se ha presentado a la convocatoria de junio.
 - 0 si el alumno de septiembre no se ha presentado a la convocatoria de junio
- En este modelo, para el código de profesor aparece una variable dicotómica menos que en el de junio, debido a que un profesor que corrigió en la convocatoria de junio no lo hizo en la de septiembre.

A partir de los resultados de la estimación que se pueden ver en la Tabla 1, correspondiente a los datos de junio y septiembre, podemos concluir lo siguiente.

La nota de prácticas tiene un efecto lineal positivo significativo en la nota final (con un p-valor de 0,0001 en junio y del 0,0712 en septiembre, para la variable Nota de Prácticas). Este resultado es además *consistente* en los modelos de junio y septiembre.

La asistencia a prácticas tiene un efecto lineal positivo significativo en la nota final en junio pero no en septiembre. Para poder estudiar el efecto de la asistencia de un modo preciso haría falta disponer de una mayor cantidad de casos de falta de asistencia. Entre los presentados al examen de junio considerados en el estudio (286) sólo 9 no asistieron a prácticas y entre los presentados al examen de septiembre considerados en el estudio (142) sólo 6 no asistieron a prácticas.

Se constata la diferencia entre los distintos profesores estableciéndose para junio que dos profesores tienen notas significativamente inferiores al resto mientras que en septiembre un profesor, diferente a los dos anteriores, presenta notas significativamente superiores al resto.

El efecto de la convocatoria ha sido lineal positivo en junio y no significativo en septiembre. Ayudándonos de los resultados obtenidos con el PLS parece claro que la principal causa para este comportamiento son las diferencias observadas en junio entre la primera convocatoria y el resto.

A pesar de que el efecto de las prácticas en la nota final es significativo, cabe destacar que el modelo de regresión de la nota final tiene un coeficiente de determinación R^2 de sólo un 20%, lo cual indica que existen otros factores no tenidos en cuenta que podrían mejorar la capacidad explicativa del modelo.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto el evidente efecto positivo que tiene la realización de las prácticas en la nota final del examen.

Dicho efecto lineal sólo indica que a mayor nota de prácticas se observa una mayor nota de examen. Esta relación podría aparecer por diversas razones, como son: la diferente capacidad intelectual de los alumnos, su distinta motivación, o la diferente asimilación de conocimientos en las prácticas.

En lo que respecta a la diferente capacidad intelectual de los alumnos, podría considerarse que los alumnos que son más capaces de aprovechar las prácticas son, a su vez, aquellos que obtienen mejor nota en el examen final.

Análogamente, podría suceder que los alumnos más motivados en las prácticas fuesen también los más motivados en el examen.

Sin embargo, pensamos que estos dos motivos no justifican la correlación positiva observada entre la nota de prácticas y la del examen, debido a que en prácticas se trabaja en grupos de tres alumnos que reciben la misma nota, de manera que la homogeneidad que puede haber entre estos grupos rebaja las posibles diferencias entre la capacidad intelectual o motivación individual de los alumnos.

En nuestra opinión, creemos que una mayor asimilación de conocimientos en las prácticas puede ayudar a preparar mejor el examen final.

Se aprecia el efecto de la convocatoria en las notas obtenidas por los alumnos, de modo que se puede observar una diferencia entre la primera convocatoria y el resto. En el MLR, además, se pone de relieve que el efecto de la convocatoria sólo es significativo en junio. Al ser la convocatoria del alumno la correspondiente a junio del actual curso académico, el hecho de que la convocatoria no resulte significativa en septiembre pondría de manifiesto dos posibles situaciones: o bien el alumno de primera convocatoria tiene problemas para acostumbrarse al tipo de examen realizado, o bien el alumno de primera convocatoria no tiene tiempo material para asimilar y preparar bien la asignatura en la prueba de junio. Distinguir entre estas dos situaciones debería ser un aspecto a investigar, puesto que el tipo de soluciones para dichos tipos de problemas son de naturaleza bien diferente.

Mientras que en el primer caso la solución podría ser la realización de una pequeña prueba durante el curso con el mismo formato que el examen final, en el segundo caso se tendría que ir hacia soluciones que mejoren el grado de aprendizaje del alumno durante la evolución del curso (como, por ejemplo, una evaluación continua).

Se constata la diferencia entre los distintos profesores. Los resultados ponen de manifiesto que los distintos grupos son heterogéneos, entendiéndose por grupo el conjunto profesor-alumno y que no se trata solamente de una cuestión de criterios de corrección, sino que las diferencias entre los distintos grupos pueden provenir del propio sistema de matriculación. Debemos destacar, sin embargo, que ningún estudio en profundidad ha sido realizado sobre este aspecto.

En el MLR se ha obtenido un bajo poder explicativo del modelo, lo que pone de manifiesto que la nota de prácticas no resulta el único aspecto determinante en la nota final. Dado que, en nuestra opinión, el trabajo de prácticas puede ser altamente formativo, parece paradójico que al final unas buenas notas de prácticas no vayan más claramente acompañadas de unos buenos resultados en la evaluación de la asignatura. Es evidente que la evaluación del alumno a través de una única prueba final es siempre altamente discutible pero en nuestra opinión en el presente caso el problema podría ser no una cuestión de la evaluación final, sino de mejorar las sesiones prácticas, tratando de que el aprendizaje del alumno sea más significativo. De acuerdo con estas ideas se ha modificado recientemente la estructura de las prácticas aumentando su duración

de una a dos horas y reduciendo su número a la mitad.

4.1. Discusión y líneas futuras

El estudio realizado surgió con la idea de validar nuestro modelo de asignatura. Sin embargo, durante la realización del mismo hemos advertido la falta de una metodología estadística apropiada para la evaluación de las distintas metodologías docentes, como complemento a la información basada en encuestas realizadas por los alumnos, o en nuestra propia percepción de la asignatura.

Creemos que el método propuesto para el estudio del efecto de las prácticas sobre el aprendizaje del alumno podría ser aplicable a distintas materias.

Además, constatar el posible efecto positivo de la realización de prácticas en el aprendizaje del alumno puede justificar la propia existencia de las prácticas, aun cuando el examen final cubriese todos los objetivos de conocimientos a adquirir por parte de los alumnos.

Consideramos que la metodología propuesta, con las pertinentes adaptaciones, podría valer como método general para evaluar de manera cuantitativa el efecto de posibles cambios en las metodologías docentes sobre el aprendizaje del alumno.

Referencias

- [1] Wold, H. "Partial Least Squares," in Samuel Kotz and Norman L. Johnson, eds., *Encyclopedia of Statistical Sciences*, Vol. 6, New York: Wiley, 1985.
- [2] Seber, G.A.F.; Lee, A.J. *Linear Regression Analysis*. New York: Wiley, 2003

