

ESTUDIO DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO UNIVERSITARIO BASADO EN CURVAS ROC

Juana María Vivo Molina¹, María del Mar Sánchez de la Vega¹
y Manuel Franco Nicolás²

RESUMEN

En este trabajo se estudia el rendimiento académico universitario de los alumnos a través de las calificaciones de entrada a la Universidad. En particular, nos centramos en las licenciaturas en Economía (LE) y en Administración y Dirección de Empresas (LADE) de la Universidad de Murcia, utilizando como medida del rendimiento académico de los alumnos asignaturas de matemáticas de dichas titulaciones.

Para ello, se realiza el análisis de los datos mediante la técnica estadística curva ROC (Receiver Operating Characteristic); este método nos proporciona una medida que nos permitirá discriminar entre alumnos que obtendrán un buen rendimiento académico y alumnos que tendrán un mal rendimiento académico, así como comparar distintos parámetros de clasificación de dicho rendimiento académico universitario.

ABSTRACT

In this work, we study the university academic efficiency of the students through their califications to access at University. In particular, we concentrate in the Degrees in Economy and in Business Administration at University of Murcia, using the mathematical subjects of theses degrees as measure of the academic efficient of to predict the university academic efficiency of these students.

1 Departamento de Métodos Cuantitativos para la Economía. Universidad de Murcia.

2 Departamento de Estadística e I.O. Universidad de Murcia

E-mail: jmvivomo@um.es, marvega@um.es, mfranco@um.es

For that, we realize the data analysis by the statistical technical curve ROC (Receiver Operating Characteristic). This method gives a measurement to allows us the discrimination between students with better academics efficient and students with worse academic efficient, as well as to compare among different parameters of classification the university academic efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la calidad de la enseñanza constituye un término muy utilizado en todos los niveles educativos, así como en el ámbito político y social, tanto en el contexto nacional como internacional. En particular, el análisis de la calidad de la enseñanza contempla a la educación universitaria, dentro de la cual, resulta de interés el estado del rendimiento académico de los alumnos universitarios.

Dada la dificultad que supone ciertas asignaturas para la mayoría de los alumnos que acceden a una titulación universitaria, nos preguntamos si el éxito o fracaso en estas materias se podría predecir con la información académica preuniversitaria de estos alumnos. La respuesta de esta cuestión podría resultar de gran interés para intentar paliar situaciones en las que existen grandes dificultades para concluir con éxito los estudios elegidos, pues permitiría realizar un seguimiento y apoyo de los alumnos con mayor probabilidad de fracaso.

En este sentido, vamos a estudiar el rendimiento académico universitario de los alumnos que cursan las asignaturas de matemáticas en las Licenciaturas en Economía (LE) y en Administración y Dirección de Empresas (LADE), de la Universidad de Murcia. Para ello, se clasifica el rendimiento académico como:

- «**Éxito**», si el alumno aprueba en la primera o segunda convocatoria.
- «**Fracaso**», si el alumno no aprueba en estas dos convocatorias o no se presenta en el primer año de su matriculación en la asignatura.

La clasificación anterior de los alumnos se realiza mediante las calificaciones de entrada de los alumnos en la titulación, es decir, variables de tipo continuo sobre las notas obtenidas por estos estudiantes en Enseñanza Secundaria así como en las Pruebas de Acceso a la Universidad, y que detallamos a continuación:

- i) Nota Media obtenida en Enseñanza Secundaria (NOTASEC)
- ii) Nota de la parte General obtenida en Selectividad (NOTGENER)
- iii) Nota de la parte Específica obtenida en Selectividad (NES)
- iv) Calificación Ponderada de las notas obtenidas en Enseñanza Secundaria y Selectividad (CPESS).

En este estudio sobre el rendimiento académico universitario se consideran las siguientes asignaturas de matemáticas de ambas licenciaturas:

TABLA 1
RELACIÓN DE ASIGNATURAS DE MATEMÁTICAS EN LAS DOS LICENCIATURAS

ECONOMÍA	ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
<i>Métodos Cuantitativos para la Economía I</i> (MÉTODOS I)	<i>Métodos Cuantitativos para la Empresa I</i> (MÉTODOS I)
<i>Métodos Cuantitativos para la Economía II</i> (MÉTODOS II)	<i>Métodos Cuantitativos para la Empresa II</i> (MÉTODOS II)
<i>Introducción para la Economía Aplicada a la Economía</i> (INT. ESTADÍSTICA)	<i>Introducción a la Estadística Aplicada a la Empresa</i> (INT. ESTADÍSTICA)
<i>Estadística Económica I</i> (ESTADÍSTICA I)	<i>Estadística Aplicada a la Empresa I</i> (ESTADÍSTICA I)
<i>Estadística Económica II</i> (ESTADÍSTICA II)	<i>Estadística Aplicada a la Empresa II</i> (ESTADÍSTICA II)
<i>Técnicas de Optimización</i> (OPTIMIZACIÓN)	<i>Complementos de Métodos Cuantitativos</i> (COMPLEMENTOS)
<i>Sistemas Dinámicos</i> (DINÁMICOS)	

y el conjunto de datos utilizados en este análisis está formado por alumnos que se matriculan (en el curso inmediatamente siguiente a la superación de las Pruebas de Acceso a la Universidad) en las Licenciaturas en Economía y en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad de Murcia, en los cursos académicos 98-99. En particular, el rendimiento académico de los alumnos que cursan las asignaturas de matemáticas de primer y segundo curso, en ambas licenciaturas, no es alto (Vivo et al, (2001)), por lo que la dificultad de este grupo de materias nos proporciona una medida adecuada del rendimiento académico universitario en estas titulaciones.

Este trabajo lo hemos estructurado del modo siguiente: En la Sección 2, introducimos los conceptos básicos de las curvas ROC, para determinar los puntos de corte e indicadores de la bondad de la clasificación. En la Sección 3, mostramos los resultados del análisis de curvas ROC en la clasificación del rendimiento académico en las asignaturas de la Tabla 1. En la Sección 4, se muestran las conclusiones que se desprenden de este estudio.

2. CURVAS ROC

La metodología de la técnica ROC se desarrolló dentro de la Teoría de la Decisión, aplicándose en la resolución de problemas de detección de señales. Posteriormente, se

extendió a las áreas de psicología, psicofísica experimental y en radiología (Green y Swets (1966), Lusted (1971) y (1971b)).

Dentro del contexto de este estudio, el fundamento de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) es el siguiente: se considera un grupo de alumnos (de una de las dos licenciaturas mencionadas) y a partir de una variable continua X (NOTASEC, NOTGENER, NES o CPESS) se clasifica cada uno de estos estudiantes en una de las dos categorías (éxito o fracaso), en una de las asignaturas citadas de la correspondiente licenciatura.

En concreto, se trata de elegir un criterio o punto de corte x_0 en la variable X , que clasifique a los alumnos en dos poblaciones: alumnos con éxito y alumnos con fracaso, en la asignatura seleccionada, de forma que:

Si $X > x_0$ entonces «éxito»
Si $X \leq x_0$ entonces «fracaso»

No obstante, esta clasificación no es perfecta, pues puede existir un solapamiento entre la partición real en éxito o fracaso de los alumnos, y la obtenida a través del punto de corte de la variable predictora X , es decir es probable que se clasifique en «éxito» a alumnos con fracaso y en «fracaso» a alumnos con éxito, lo cual puede representarse en la siguiente tabla de doble entrada:

TABLA 2
TABLA DE PROBABILIDADES DE CLASIFICACIÓN PARA UN PUNTO DE CORTE X_0

		REALIDAD	
		ÉXITO	FRACASO
P R E D I C C I Ó N	ÉXITO	<u>VERDADERO POSITIVO</u> (a)	<u>FALSO POSITIVO</u> (c)
	FRACASO	<u>FALSO NEGATIVO</u> (b)	<u>VERDADERO NEGATIVO</u> (d)

siendo:

(a) *VERDADERO POSITIVO*, probabilidad de verdadero positivo, es decir, la probabilidad de clasificar como alumno con éxito un alumno que ha aprobado en una de las dos primeras convocatorias.

(b) *FALSO POSITIVO*, probabilidad de falso positivo, es decir, la probabilidad de clasificar como alumno con éxito un alumno que no aprueba en la primera o segunda convocatoria.

(c) *FALSO NEGATIVO*, probabilidad de falso negativo, es decir, la probabilidad de clasificar como alumno con fracaso a un alumno que no aprueba en la primera o en segunda convocatoria.

(d) *VERDADERO NEGATIVO*, probabilidad de verdadero negativo, es decir, la probabilidad de clasificar como alumno con fracaso a un alumno que no aprueba en la primera convocatoria o segunda convocatoria.

Asimismo, asociadas a esta Tabla 2, se utilizan las siguientes medidas para analizar este método de clasificación (Bland y Altman (1994)):

$\text{SENSIBILIDAD} = \frac{a}{a + b}$ probabilidad de que un alumno que haya aprobado en una de las dos primeras convocatorias sea clasificado como alumno con éxito.

$\text{ESPECIFICIDAD} = \frac{d}{c + d}$ probabilidad de que un alumno que no haya aprobado en una de las dos primeras convocatorias o no se haya presentado sea clasificado como alumno con fracaso.

En general, para cada punto de corte x_0 en la variable X obtenemos una clasificación en las que aumentan o disminuyen las probabilidades de verdadero/falso positivo/negativo. Por ello, utilizaremos la técnica de estadística curva ROC, para seleccionar el punto de corte óptimo x_0 , de manera que x_0 minimice alguna función de la frecuencia relativa de falsos positivos y frecuencia de falsos negativos para la variable X.

La representación gráfica de los pares ordenados (1-especificidad, sensibilidad) para distintos puntos de corte, es decir, (fracción de falsos positivos, fracción de verdaderos positivos), es lo que se denomina curva ROC, siendo el área bajo la curva (AUC) una medida de la bondad de la prueba o clasificación del rendimiento académico (Hanley y McNeil (1982), Deeks (2001), Metz (1978) y Zweig y Campbell (1993)). Puesto que, dicha área A se interpreta como la probabilidad de que ante un par de individuos (en nuestro caso) uno que tiene éxito y otro que fracasa en una cierta asignatura de matemáticas de cualquiera de las dos licenciaturas, el test lo clasifique correctamente. Este parámetro A verifica que:

$$0.5 \leq A \leq 1,$$

donde:

- Si $A=0.5$, el test no es válido, pues la proporción de verdaderos positivos sería igual a la proporción de falsos positivos, en este caso la curva sería igual a la diagonal de (0,0) a (1,1).
- Si $A=1$, el test es perfecto, existiría una región en la que, cualquier punto de corte, tiene sensibilidad y especificidad iguales a 1; en este caso la curva pasaría por el punto (0,1) donde la fracción de falsos positivos es 0, es decir, la especificidad es igual a 1 (100%) y la fracción de verdaderos positivos es 1 (100%).

Además, se puede comparar si la diferencia entre dos curvas ROC es significativa, a través de las áreas bajo dichas curvas. El contraste que se establece es el que a continuación se presenta:

$$H_0: A_1 - A_2 = 0$$

$$H_1: A_1 - A_2 \neq 0$$

siendo el estadístico utilizado en este test:

$$z = \frac{A_1 - A_2}{\sqrt{SE_1^2 + SE_2^2 - 2rSE_1SE_2}} \sim N(0,1) \quad (1)$$

donde:

r es el coeficiente de correlación

A_1 y A_2 son las áreas bajo las curvas ROC

SE_i es el error típico del área bajo la curva A_i , con $i=1,2$.

En el caso de que dichas áreas correspondan a dependientes calcularemos r mediante Hanley y McNeil (1983). Si por el contrario, se obtienen de muestras independientes tendremos que hacer $r=0$ en (1) del estadístico z .

3. APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO

En primer lugar, exponemos los resultados del análisis de curvas ROC en la clasificación del rendimiento académico en las asignaturas de matemáticas de LE y LADE a través de las variables predictoras NOTASEC, NOTGENER, NES y CPESS. Para ello, se ha utilizado el paquete estadístico MedCalc. Estos resultados los presentamos en dos tablas: los relativos a asignaturas en las que se pueden establecer cierto paralelismo entre ambas licenciaturas aparecen en la Tabla 3 y para las que las que no existe paralelismo se muestran en la Tabla 4.

TABLA 3
TABLA DE AUC Y CORRESPONDIENTE SE PARA ASIGNATURAS DE AMBAS LICENCIATURAS

ASIGNATURA	INDICADOR	LE		LADE	
		AUC	SE	AUC	SE
MÉTODOS I	CPESS	0.676	0.049	0.659	0.048
	NOTASEC	0.652	0.050	0.686	0.047
	NOTESP	0.621	0.051	0.590	0.050
	NOTGENER	0.681	0.049	0.593	0.050
MÉTODOS II	CPESS	0.675	0.050	0.695	0.050
	NOTASEC	0.686	0.050	0.715	0.049
	NOTESP	0.635	0.052	0.627	0.052
	NOTGENER	0.623	0.052	0.589	0.053
INT. ESTADÍSTICA	CPESS	0.654	0.051	0.663	0.050
	NOTASEC	0.677	0.050	0.636	0.051
	NOTESP	0.575	0.055	0.641	0.051
	NOTGENER	0.570	0.055	0.627	0.052
ESTADÍSTICA I	CPESS	0.729	0.059	0.849	0.069
	NOTASEC	0.725	0.060	0.845	0.069
	NOTESP	0.667	0.062	0.674	0.086
	NOTGENER	0.716	0.060	0.791	0.077
ESTADÍSTICA II	CPESS	0.792	0.092	0.855	0.081
	NOTASEC	0.803	0.090	0.868	0.078
	NOTESP	0.742	0.097	0.702	0.100
	NOTGENER	0.715	0.099	0.776	0.094

TABLA 4
TABLA DE AUC Y CORRESPONDIENTE SE, PARA ASIGNATURAS DE AMBAS LICENCIATURAS

ASIGNATURA	INDICADOR	AUC	SE
OPTIMIZACIÓN	CPESS	0.879	0.059
	NOTASEC	0.837	0.066
	NOTESP	0.863	0.062
	NOTGENER	0.829	0.067
DINÁMICOS	CPESS	0.815	0.067
	NOTASEC	0.793	0.069
	NOTESP	0.757	0.073
	NOTGENER	0.768	0.072
COMPLEMENTOS	CPESS	0.832	0.065
	NOTASEC	0.874	0.058
	NOTESP	0.664	0.078
	NOTGENER	0.709	0.076

Consideramos que son buenas clasificadoras aquellas variables para las que el valor del área bajo la curva es mayor que 0.7. Por lo que, a partir de la Tabla 3 y la Tabla 4, tenemos que:

1) En LE

Las variables de rendimiento académico de Enseñanza Secundaria no nos permite predecir el «éxito» o «fracaso» de un alumno en el caso de las asignaturas que hemos denotado por: Métodos I, Métodos II e Int. Estadística.

Sin embargo, se pueden considerar buenas predictoras para la clasificación del rendimiento académico para las materias: Estadística I, Estadística II, Optimización y Dinámicos.

Asimismo, para las asignaturas de esta titulación (LE), en la Tabla 5, obtenemos los puntos de corte y medias correspondientes a las variables que han resultado buenas clasificadoras.

TABLE 5
PUNTOS DE CORTE DE LAS VARIABLES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA QUE SON BUENAS CLASIFICADORAS

ASIGNATURA	INDICADOR	PUNTO CORTE	MEDIA
ESTADÍSTICA I	CPESS	6.71	6.42
	NOTASEC	7.33	7.28
	NOTGENER	6.42	5.78
ESTADÍSTICA II	CPESS	6.78	6.42
	NOTASEC	7.15	7.28
	NOTESP	6.23	5.31
	NOTGENER	6.42	5.78
OPTIMIZACIÓN	CPESS	7.02	6.42
	NOTASEC	7.04	7.28
	NOTESP	6.23	5.31
	NOTGENER	6.79	5.78
DINÁMICOS	CPESS	6.29	6.42
	NOTASEC	6.95	7.28
	NOTESP	6.23	5.31
	NOTGENER	6.42	5.78

2) En LADE

En este caso, las variables de Enseñanza Secundaria no son buenas clasificadoras del rendimiento académico para las asignaturas: Métodos I e Int. Estadística.

No obstante, si se pueden considerar buenas clasificadoras para las siguientes materias: Métodos II, Estadística I, Estadística II y Complementos.

En la Tabla 7, mostramos los puntos de corte y medias correspondientes a las variables que clasifican satisfactoriamente en esta titulación (LADE).

TABLA 6
PUNTOS DE CORTE DE LAS VARIABLES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA QUE SON BUENAS CLASIFICADORAS

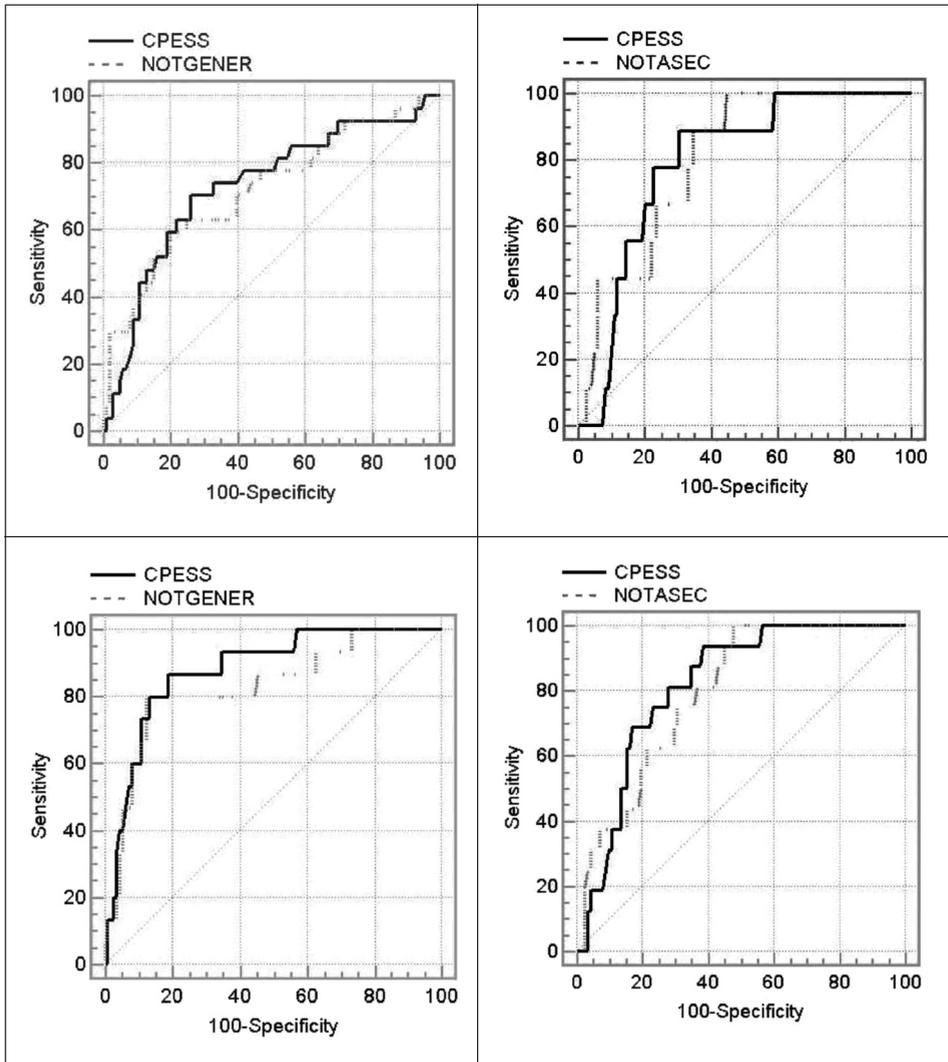
ASIGNATURA	INDICADOR	PUNTO CORTE	MEDIA
MÉTODOS II	NOTASEC	7.01	7.07
ESTADÍSTICA I	CPESS	6.22	6.29
	NOTASEC	7.25	7.07
	NOTGENER	6.56	5.80
ESTADÍSTICA II	CPESS	6.73	6.29
	NOTASEC	7.36	7.07
	NOTESP	6.40	5.20
	NOTGENER	5.92	5.80
COMPLEMENTOS	CPESS	6.73	6.29
	NOTASEC	7.38	7.07
	NOTGENER	6.57	5.8

3.1. Muestras dependientes

Se puede observar en la Tabla 5 que en determinadas asignaturas existen más de una variables clasificadora del rendimiento académico, por lo que nos podríamos preguntar si una de ellas es mejor que las restantes. Para ello, podemos utilizar (1) para muestras relacionadas, con el fin de comprobar si la diferencia de las áreas bajo la curva es estadísticamente significativa, obteniendo que:

- Para CPESS y NOTGENER no es estadísticamente significativa en Estadística I (dif=0.013, p-valor=0.751).
- Para CPESS y NOTASEC no es estadísticamente significativa en Estadística II (dif=0.011, p-valor=0.858).
- Para CPESS y NOTGENER no es estadísticamente significativa en Optimización (dif=0.050, p-valor=0.350).
- Para CPESS y NOTASEC no es estadísticamente significativa en Dinámicos (dif=0.023, p-valor=0.580).

TABLA 7
COMPARACIÓN DE AUC EN LE

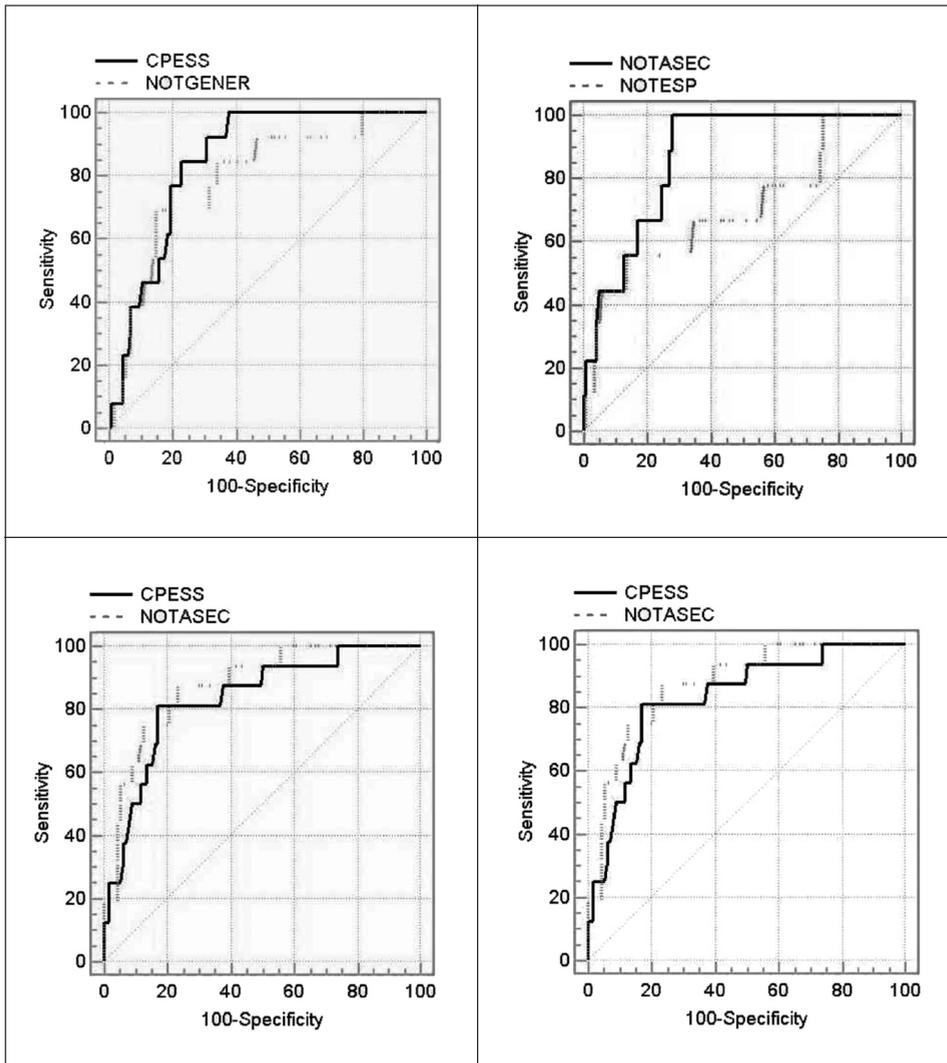


Del mismo modo que en LE, comparamos en LADE las áreas bajo la curva para analizar si dentro de la misma asignatura existen diferencias estadísticamente significativas, excepto para la materia Métodos II, donde sólo una variable de rendimiento académico ha resultado buena clasificadora. Así pues, tenemos:

- Para CPESS y NOTASEC no es estadísticamente significativa en Estadística I (dif=0.058, p-valor=0.410).

- Para NOTASEC y NOTESP no es estadísticamente significativa en Estadística II (dif=0.116, p-valor=0.081).
- Para NOTASEC y NOTGENER es estadísticamente significativa en Complementos (dif=0.165, p-valor=0.020). Sin embargo, la diferencia de áreas bajo la curva para CPESS y NOTASEC no es estadísticamente significativa en Complementos (dif=0.042, p-valor=0.258).

TABLA 8
COMPARACIÓN DE AUC EN LADE



3.2. Muestras independientes

En el caso de muestras independientes, comparamos si la diferencia entre dos curvas ROC es estadísticamente significativa, utilizando (1). Los resultados obtenidos a partir de la Tabla 3, los exponemos en la Tabla 9.

TABLA 9
RESULTADOS PARA ESTADÍSTICO Z Y P-VALORES CORRESPONDIENTES

A ₁	SE ₁	A ₂	SE ₂	z	p-valor
0,676	0,049	0,659	0,048	0,248	0,804
0,652	0,050	0,686	0,047	-0,495	0,620
0,621	0,051	0,590	0,050	0,434	0,664
0,681	0,049	0,593	0,050	1,257	0,209
0,675	0,050	0,695	0,050	-0,283	0,777
0,686	0,050	0,715	0,049	-0,414	0,679
0,635	0,052	0,627	0,052	0,109	0,913
0,623	0,052	0,589	0,053	0,458	0,647
0,654	0,051	0,663	0,050	-0,126	0,900
0,677	0,050	0,636	0,051	0,574	0,566
0,575	0,055	0,641	0,051	-0,880	0,379
0,570	0,055	0,627	0,052	-0,753	0,451
0,729	0,059	0,849	0,069	-1,322	0,186
0,725	0,060	0,845	0,069	-1,312	0,189
0,667	0,062	0,674	0,086	-0,066	0,947
0,716	0,060	0,791	0,077	-0,768	0,442
0,792	0,092	0,855	0,081	-0,514	0,607
0,803	0,090	0,868	0,078	-0,546	0,585
0,742	0,097	0,702	0,100	0,287	0,774
0,715	0,099	0,776	0,094	-0,447	0,655

Por consiguiente, las variables de rendimiento académico clasifican por igual en ambas licenciaturas.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados en la sección anterior podemos concluir que:
Para la licenciatura en Economía:

- (a) Para las asignaturas de «Métodos I», «Métodos II» e «Int.Estadística» ninguna de las variables de rendimiento académico de Enseñanza Secundaria son clasificadoras adecuadas de «alumno con éxito» o «alumno con fracaso».
- (b) En el caso de la asignatura «Estadística I» son buenas clasificadoras «Calificación Ponderada de las notas obtenidas en Enseñanza Secundaria», «Nota Media obtenida en Enseñanza Secundaria» y «Nota General obtenida en Selectividad», siendo los puntos de corte óptimos 6.71, 7.33 y 6.42, respectivamente; los cuales están por encima de sus correspondientes medias. Además, a partir del epígrafe 3.1, estas tres variables son clasificadoras similares.
- (c) En las asignaturas «Estadística II», «Optimización» y «Dinámicos» las cuatro variables de Enseñanza Secundaria consideradas son buenas clasificadoras a la hora de predecir el «éxito» o «fracaso» de un alumno, siendo sus respectivos puntos de corte óptimos (6.78, 7.15, 6.23, 6.42); (7.02, 7.04, 6.23, 6.79) y (6.29, 6.95, 6.23, 6.42), dichos puntos están por encima de sus respectivas medias, excepto NOTASEC en las asignaturas de «Estadística II» y «Optimización» y CPESS para la materia «Dinámicos». Además, las cuatro variables son clasificadoras similares.

Para la licenciatura en Administración y Dirección de Empresas:

- (a) Para las asignaturas de «Métodos I» e «Int.Estadística» ninguna de las variables son clasificadoras apropiadas de «éxito» o «fracaso» de un alumno de la licenciatura.
- (b) En la asignatura de «Métodos II» tenemos que la única variable que clasifica a los alumnos en «alumnos con éxito» y «alumnos con fracaso» es «Nota Media obtenida en Enseñanza Secundaria», cuyo punto de corte óptimo es 7.01 que está ligeramente por debajo de su media.
- (c) En el caso de la asignatura «Estadística I» obtenemos que son buenas clasificadoras «Calificación Ponderada de las notas obtenidas en Enseñanza Secundaria», «Nota Media obtenida en Enseñanza Secundaria» y «Nota General obtenida en Selectividad», siendo los puntos de corte óptimos 6.22, 7.25 y 5.92, respectivamente; los cuales están por encima de su correspondiente media, excepto CPESS que está por debajo. Por otro lado, estas tres variables son clasificadoras similares.
- (d) En la asignatura «Estadística II», las cuatro variables de Enseñanza Secundaria consideradas son buenas clasificadoras a la hora de predecir el «éxito» o «fracaso» de un alumno, siendo 6.73, 7.36, 6.40 y 5.92 sus respectivos puntos de corte óptimos, situándose por encima de sus medias. Además, clasifican de manera similar.
- (e) Para la asignatura «Complementos», las variables «Calificación Ponderada de las notas obtenidas en Enseñanza Secundaria», «Nota Media obtenida en Enseñanza Secundaria» y «Nota General obtenida en Selectividad» de evaluación del rendimiento académico son buenas clasificadoras para la predicción de «alumno con éxito» o «alumno con fracaso», y sus respectivos puntos de corte óptimos son: 6.73, 7.38 y 6.57, que están por encima de sus medias. Utilizando

(1), tenemos que NOTGENER no es tan buena clasificadora como CPESS y NOTASEC, siendo estas dos últimas similares.

Por último, obtenemos que las variables de rendimiento académico en Enseñanza Secundaria clasifican por igual en ambas licenciaturas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bland, J.M., Altman, D.G. (1994). Diagnostic tests 1: Sensitivity and specificity. *Br Med J*, 308, pp. 1552.
- [2] Deeks, J.J. (2001). Systematic reviews of evaluation of diagnostic and screening test. *Br Med J*, 323, pp. 157-162.
- [3] Green, D.M., Swets, J.A. (1966). Signal detection theory and psychophysics. *New York. John Wiley & Sons*.
- [4] Hanley J.A., McNeil B.J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC). *Radiology*, 143, pp. 29-36.
- [5] Hanley J.A., McNeil B.J. (1983). A method of comparing the areas under a receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology*, 148, pp. 839-843.
- [6] Lusted, L.B. (1971a). Decision making studies in patient management. *N Engl J Med*, 284, pp. 416-424.
- [7] Lusted, L.B. (1971b). Signal detectability and medical decision-making. *Science*, 171, pp. 1217-1219.
- [8] Metz, C.E. (1978). Basic principles of ROC analysis. *Seminars In Nuclear Medicine*, 8, pp. 283-298.
- [9] Vivo, J.M., Sánchez, M.M., Franco, M. (2001). Estudio de parámetros académicos en las asignaturas de Matemáticas de las Licenciaturas en Economía y en Administración y Dirección de Empresas en la Universidad de Murcia. *Actas de las X Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación*, pp. 515-524.
- [10] Zweig, M.H., Campbell, G. (1993). Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical Chemistry*, 39, pp. 561-577.

Fecha de recepción: 16 de septiembre de 2003.

Fecha de aceptación: 2 de octubre de 2004.