

# 180

variables predictoras  
en el aprovechamiento  
académico en Los  
cursos de precálculo  
de La universidad  
de Puerto Rico en  
Bayamón

Edward A. Caro López<sup>1</sup>

## RESUMEN

---

EL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS de la Universidad de Puerto Rico en Bayamón (UPR-B) ofrece tres versiones diferentes de un primer curso de precálculo para los distintos programas académicos de la Institución. El curso Mate 1001 fue diseñado para estudiantes en programas técnicos conducentes a grados asociados. El primer curso de la secuencia diseñada para los estudiantes del Departamento de Administración de Empresas (ADEM) es Mate 3011. Finalmente, el curso de Mate 3171 es el curso clásico de precálculo 1 que toman los estudiantes de Ciencias Naturales, Ingeniería, Electrónica y Ciencias de Cómputos, entre otros.

Establecemos una ecuación de regresión no lineal para estimar la probabilidad de aprobar uno de los tres cursos en discusión, a base de las variables independientes que mayormente se han utilizado por otros investigadores en Puerto Rico. Se determina el significado estadístico y el peso de cada variable independiente en la estimación de las probabilidades de aprobación. Se establecen parámetros mínimos para satisfacer las distintas probabilidades de aprobación para cada curso.

Utilizamos el modelo estadístico no lineal “probit” para el análisis de una base de datos de 5,862 expedientes de estudiantes de nuevo ingreso y se estudia el aprovechamiento académico en estos cursos en los primeros semestres académicos. El período que se estudia comprende los años 1995 - 2001.

Palabras claves: regresión no lineal, variables dicótomas, “probit”, probabilidad de aprobación

## ABSTRACT

---

THE DEPARTMENT OF MATHEMATICS of the University of Puerto Rico at Bayamón (UPR-B) offers three versions of a first pre-calculus course, each oriented to different academic programs of the Institution. The course Math 1001 was designed for students in two years technical degree programs; on the other hand Math 3011 is the first course for the Business oriented students. Finally, the course Math 3171 is the classic first pre-calculus course given to Natural Sciences, Engineering and Computer Science students, among others.

We establish a non-linear regression equation to estimate the probability of passing any of the three courses mention earlier, base on independent variables previously use by other researchers in Puerto Rico. The statistical significance and weight of each independent variable is determined for the estimation of the passing any of the courses.

We use the statistical non-linear model “probit” to analyze a data of 5,862 files

**of freshman students and we study the academic performance in such courses in the first semesters at UPR-B. The period we study includes the years 1995-2001.**

**Key Words: non linear-regression, dummy variables, “probit”, probability of success**

**Milenio, Vol. 12, 2008**

**ISSN 1532-8562**

## **INTRODUCCIÓN**

EL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS de la Universidad de Puerto Rico en Bayamón (UPR-B) ofrece tres versiones diferentes de un primer curso de precálculo para los distintos programas académicos de la Institución. El curso MATE 1001 fue diseñado para estudiantes en programas técnicos conducentes a grados asociados. El primer curso de la secuencia diseñada para los estudiantes del Departamento de Administración de Empresas (ADEM) es MATE 3011. Finalmente, el curso de MATE 3171 es el curso clásico de precálculo 1 que toman los estudiantes de Ciencias Naturales, Ingeniería, Electrónica (bachillerato) y Ciencias de Cómputos, entre otros.

En este estudio, aprobar un curso se define como el evento de obtener una calificación de A, B ó C. A partir de 1995, las tres versiones de los cursos antes mencionados reflejaron una reducción de aproximadamente diez puntos porcentuales en la tasa de retención. La mortandad de estos tres cursos ha fluctuado entre 60 y 80% durante la pasada década. En el período de 1995 al 2001 las tasas de retención de estos cursos fueron: de 16% para MATE 1001, 42% para MATE 3011 y 32% para MATE 3171.

A raíz de estos datos es evidente que existe un serio problema de aprovechamiento en esos cursos. El problema es complejo pues hay muchas variables que impactan la probabilidad de aprobar un curso dado. Hay variables de ejecución académica, como son el promedio de escuela secundaria y las puntuaciones en el examen de entrada a la universidad; y variables de índole social como el ingreso familiar y la escolaridad de la madre y el padre, por mencionar sólo algunas. Ante tan seria situación nos daremos a la tarea de identificar variables que sean estadísticamente significativas (si alguna) y su peso en la predicción de la aprobación de algunos de estos cursos.

En este primer estudio utilizamos las variables más comúnmente incluidas por otros investigadores en otros recintos, las cuales nos permiten establecer parámetros para determinar probabilidades de aprobación de uno de estos cursos. Además, utilizamos variables sobre las cuales podamos ejercer algún control en nuestro recinto en el establecimiento de políticas de matrícula de los estudiantes aceptados.

Sin pretender una solución al problema, debemos ir en busca de tratamientos para aliviar la situación e ir analizando el efecto de éstos. Con este

propósito en mente pretendemos lograr los siguientes objetivos en este trabajo.

- Identificar variables que correlacionen con el evento de aprobar los cursos antes mencionados.
- Estimar una ecuación de regresión múltiple no lineal para determinar el peso de cada variable independiente sobre la probabilidad de aprobar un curso.
- Analizar el efecto de las variables independientes del modelo sobre la probabilidad de aprobar alguno de estos cursos.
- Establecer parámetros basados en las variables de mayor influencia que predigan una tasa de retención adecuada en términos de la tasa de retención real.
- Efectuar recomendaciones de posibles tratamientos correctivos a base de los perfiles académicos de los estudiantes aceptados.

## METODOLOGÍA

Utilizamos una base de datos de 5,862 expedientes académicos de estudiantes de nuevo ingreso que tomaron algún primer curso de precálculo durante primer semestre. El período analizado abarca los años 1995-2001. Analizamos la información desde una perspectiva individual, separando los datos por curso. Al subdividir el conjunto de datos, obtuvimos los siguientes subconjuntos de datos: MATE 1001 (818 expedientes), MATE 3011 (1,364 expedientes) y MATE 3171 (3,680 expedientes). Las variables incluidas para cada estudiante fueron las siguientes:

- APTV - Puntuación de aptitud verbal en el C.E.E.B.
- APTM - Puntuación de aptitud matemática en el C.E.E.B.
- APRM - Puntuación de aprovechamiento matemático en el C.E.E.B.
- PROMES - Promedio de graduación de la escuela secundaria
- GÉNERO - Femenino, masculino
- PROGADM - Programas de admisión, clasificados en grupos
- CURSO - Curso de precálculo matriculado
- NOTA - Calificación alfabética obtenida
- AÑO - Año en que tomó el curso

A continuación comparamos el perfil académico de ingreso de los estudiantes en cada curso. En la Tabla 1 aparecen los promedios ( $\mu$ ) y las desviaciones estándar ( $\sigma$ ) (entre paréntesis) de las variables académicas de los estudiantes matriculados en los tres cursos en el período bajo estudio.

Tabla 1. Comparación de Variables Académicas de Estudiantes de Nuevo Ingreso Matriculados en Cada Curso

	$\mu_{APRM}$ ( $\sigma_{APRM}$ )	$\mu_{APTM}$ ( $\sigma_{APTM}$ )	$\mu_{APTV}$ ( $\sigma_{APTV}$ )	$\mu_{PROMES}$ ( $\sigma_{PROMES}$ )
MATE1001	545.05 (76.57)	555.26 (75.59)	506.23 (69.08)	2.97 (0.41)
MATE 3011	580.67 (74.68)	590.67 (75.01)	558.58 (63.80)	3.45 (0.40)
MATE 3171	596.34 (70.84)	608.07 (73.72)	573.15 (65.24)	3.46 (0.39)

Para estimar la probabilidad de que un estudiante  $i$  apruebe uno de los cursos en discusión utilizamos el modelo estadístico “probit”<sup>2</sup>. Para la utilización de este modelo definimos la variable dicotoma

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{si el estudiante } i \text{ aprueba el curso} \\ 0, & \text{de lo contrario.} \end{cases}$$

Sea  $P_i$  la probabilidad de que el estudiante  $i$  apruebe un curso, esto es,

$$P_i = P(y_i = 1) \quad . \text{Entonces } 1 - P_i \text{ es la probabilidad de que el estudiante } i \text{ fracase en el mismo.}$$

Tenemos entonces que la variable  $y_i$  tiene distribución binomial con  $E(y_i) = P_i$ ,  $\sigma^2(y_i) = P_i(1 - P_i)$  y función de

$$\text{densidad } f(y_i) = P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i}, y_i = \{1,0\}$$

Sea  $C_i$  la calificación a obtenerse en un curso y suponga que está correlacionada con las variables  $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$  de manera que

$$C_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_n x_{in}. \text{ Deje que } \beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n)^T \text{ y } x_i^T = (1, x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in})$$

En el modelo “probit”  $P_i = F(C_i) = F(x_i^T \beta)$ , donde  $F(C_i)$  es la función de densidad acumulada de una variable aleatoria normal estandarizada de manera que

$$P_i = F(C_i) = P(z \leq C_i) = \int_{-\infty}^{C_i} \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} dz = P(z \leq \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in})$$

El vector de parámetros de regresión  $\beta$  del modelo se determina utilizando métodos de verosimilitud máxima <sup>2</sup>. Podemos escribir la función de densidad como

$$f(y_i) = P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i} = F(x_i^T \beta)^{y_i} [1 - F(x_i^T \beta)]^{1-y_i}$$

La función que se utiliza para determinar el vector  $\beta$  se llama función de verosimilitud y es el producto de probabilidades individuales a partir de las  $n$  observaciones de las muestras, definida por

$$\mathfrak{S} = \prod_{i=1}^n P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i} = \prod_{i=1}^n F(x_i^T \beta)^{y_i} [1 - F(x_i^T \beta)]^{1-y_i}$$

Queremos determinar el vector  $\beta$  tal que el valor de la función sea máximo.<sup>3</sup> Para ello, se toma el logaritmo natural en ambos lados de la ecuación

y se determina el valor de  $\beta$  que maximiza a  $\ln(\mathfrak{S})$ , pues el logaritmo natural es una función estrictamente creciente y, por lo tanto, es equivalente a maximizar la función  $\mathfrak{S}$ . Para determinar  $\beta$  se utilizan métodos de aproximación numérica como el de Newton - Raphson.

Definimos las siguientes variables dicótomas

$$D_{(PROGADM)_j} = \begin{cases} 1, & \text{si el estudiante } i \text{ pertenece al programa} \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$j = 1, \dots, 6$$

para identificar a los estudiantes de un programa académico  $i$ . La variable dicótoma

$$D_{GÉNERO} = \begin{cases} 1, & \text{si es una estudiante} \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

clasifica por género al conjunto de datos y, por último, la variable dicótoma

$$D_{98} = \begin{cases} 1, & \text{si el estudiante se matriculó en 1998} \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

identifica a los estudiantes del 1998. Este fue el único año en que los estudiantes que no satisficieron un parámetro mínimo en APRM tomaron un curso preparatorio de forma compulsoria durante el verano previo a su primer semestre académico.

Con la inclusión de estas variables dicótomas queremos investigar si estas características tienen algún efecto sobre la probabilidad de aprobar alguno de los tres cursos en discusión.

La ecuación de regresión múltiple para estimar la probabilidad de aprobar alguno de los tres cursos en discusión está dada por:

$$P(PAS)_i = P(z \leq c + \alpha_1 Z_{APRM} + \alpha_2 Z_{APTM} + \alpha_3 Z_{APTV} + \alpha_4 Z_{PROMES} + \sum_{j=1}^6 \beta_j Z_{DPROGADM} + \gamma Z_{GÉNERO} + \delta_1 Z_i + \rho Z_{D98} + u_i)$$

donde:

- $P(PAS)_i$ . representa la probabilidad de aprobar para el estudiante  $i$ .
- $Z_{APRM}$ ,  $Z_{APTM}$ ,  $Z_{APTV}$ ,  $Z_{PROMES}$ ,  $Z_{GÉNERO}$ ,  $Z_i$  representan las transformaciones Z de las distintas puntuaciones en discusión.
- $Z_{DPROGADM}$  representa la transformación Z de las variables dicótomas que incorporan al análisis el efecto sobre  $P(PAS)_i$  de las condiciones no observables que imperan en cada departamento de los seis programas académicos en que se les clasificó.
- $Z_{D98}$  es la correspondiente transformación Z de la variable dicótoma para la edición de precálculo de 1998.
- $u_i$  es un vector que mide el error de estimación.

Las variables independientes APRM y APTM arrojaron un coeficiente de correlación de 0.731 en el conjunto total de datos, por lo que se efectuó un análisis por separado para cada variable. La primera resultó ser de mayor peso sobre la estimación de la probabilidad de aprobar cualquiera de los tres cursos, por lo cual se seleccionó para continuar con el estudio. Luego de estimar las ecuaciones de la regresión de cualquiera de los precálculos de manera individual, se obtuvo los coeficientes que se incluyen en la Tabla 2.

**Tabla 2. Coeficientes “probit” para Estimar la Probabilidad de Aprobar Algún Curso de Precálculo en UPR-Bayamón: 1995 - 2001**

	MATE1001	MATE3011	MATE3171
APRM	0.3580 (0.0000)	0.6515 (0.0000)	0.6126 (0.0000)
APTV	0.0685 (0.2732)	0.0256 (0.5430)	0.0372 (0.1979)
PROMES	0.2757 (0.0000)	0.2974 (0.0000)	0.4027 (0.0000)
GÉNERO	-0.1019(0.1277)	0.1094 (0.0106)	0.0361 (0.2359)
D98	0.0640 (0.1885)	0.1436 (0.0002)	0.0298 (0.1902)

VARIABLES PREDICTORAS...

TIEMPO	-0.0367 (0.5249)	-0.0050 (0.8989)	0.0234 (0.3656)
ADEM	NA	NA*	NA
CN	NA	NA	0.0680 (0.0452)
ELECT	-0.0742 (0.2193)	NA	0.0377 (0.2623)
INGE	NA	NA	0.0783 (0.0204)
TECINGE	0.0747 (0.2163)	NA	NA
SICI	NA	NA	-0.0766 (0.0331)
$R^2 - McFadden$	0.09	0.19	0.21
$n$	746	1224	3239
% clasificaciones correctas	84%	63%	67%

Los valores entre paréntesis corresponden a los niveles de significancia de los respectivos coeficientes. El tamaño de las muestras utilizados en la simulación está representado por  $n$ ; NA indica que los estudiantes del departamento no toman el curso; y NA\* indica que estos estudiantes son los únicos que toman ese curso.

### Análisis de los coeficientes de regresión estimados

Luego de separar el conjunto de datos por cursos, debemos notar la diferencia en comportamiento de las distintas variables de acuerdo con el curso seleccionado. Analizamos las distintas variables independientes tomando en consideración los distintos cursos. La estandarización de las variables predictoras tiene el efecto de expresarlas todas en una misma métrica: desviaciones estándares a partir de la media. Por lo tanto, cuanto mayor sea su coeficiente de regresión ( $\beta_i$ ), tanto mayor será su importancia relativa.

- La variable D98 sólo es significativa en la estimación de la ecuación de regresión para la probabilidad de aprobar MATE 3011 y con signo positivo. Para los estudiantes de ADEM, tomar un curso de matemática preparatoria compulsorio en el verano previo al primer semestre que el estudiante habrá de cursar, aumenta su probabilidad de éxito académico.

- El coeficiente de la variable género es estadísticamente significativo en la estimación de la ecuación de regresión de MATE1001 y MATE 3011. En el primero, con signo negativo y, en el segundo, con signo positivo por lo que las estudiantes están en desventaja probabilística para aprobar el curso MATE 1001 contrario al caso de MATE 3011.

- Las variables TIEMPO y APTV no son significativas en la estimación de la ecuación de regresión de ninguno de los tres cursos.

- Las variables APRM y PROMES son significativas y con signo positivo



en la estimación de la ecuación de regresión de todos los cursos. Además, son las de mayor peso entre todas las significativas y con signo positivo. De hecho, la variable APRM es la de mayor influencia en la probabilidad de aprobar cualquiera de los cursos.

•El coeficiente de la variable SICI es significativo al 97% y negativo en la estimación de la ecuación de regresión de MATE 3171 y asimismo el de INGE es significativo al 98% y positivo en la misma estimación. Lo anterior establece que un estudiante matriculado en este curso tendría mayor probabilidad de aprobar el curso si pertenece al Programa de Traslado de Ingeniería que la esperada si perteneciera al Departamento de Ciencia de Cómputos. De hecho, calculando las dos probabilidades para un estudiante promedio, la diferencia en puntos porcentuales sería de 5.3 puntos, aproximadamente. Existen condiciones no observables imperantes en los departamentos a las cuales podemos responsabilizar por la diferencia en las probabilidades de aprobación.

•Los coeficientes de determinación poblacional ( $R^2$ ) de McFadden obtenidos indican que la combinación lineal de las variables utilizadas explican aproximadamente el 20% de la variación de la variable dependiente. Lo anterior sugiere la existencia de otras variables para explicar la variación en la variable dependiente. Es natural pensar que variables como escolaridad de los padres, ingreso económico familiar, profesor que dicta el curso, cantidad de créditos matriculados, cantidad de horas que el estudiante dedica a estudiar para el curso y las que dedica a trabajar, entre otras, pudieran influenciar en el aprovechamiento académico. Sin embargo, sobre estas variables tenemos poco o ningún control en el momento de matricular a los estudiantes en estos cursos. Por otro lado, el modelo tuvo un alto por ciento de clasificaciones correctas de expedientes como podemos ver en la última fila de la Tabla 2. Una clasificación se considera correcta si habiendo estimado la probabilidad de aprobar el curso obtenemos un evento similar al observado en la data.

## ANÁLISIS DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS Y SUS EFECTOS SOBRE LA PROBABILIDAD DE APROBAR

### MATE 1001

El curso MATE 1001 (4 créditos) fue originalmente concebido como un curso de matemáticas técnicas para estudiantes de grado asociado. Ha terminado siendo un curso de precálculo con la misma rigurosidad de MATE 3171 y con mayor cantidad de temas a discutir. Sin embargo, el perfil académico de los estudiantes que toman estos dos cursos es muy distinto. La tasa de retención de este curso en el periodo bajo estudio es de 16.2%. Las variables significativas de signo positivo para la probabilidad de aprobar este curso son APRM y PROMES. Podemos establecer parámetros mínimos en

VARIABLES PREDICTORAS...

términos de estas dos variables que permiten predecir la probabilidad de que un estudiante pueda aprobar este curso. Al tomar la tasa de retención real en este período como la probabilidad de que cualquier estudiante seleccionado al azar apruebe el curso, establecemos parámetros para probabilidades plausibles. La ecuación de regresión para este curso se reduce a

$$P(PAS)_i = P(z \leq -1.077 + 0.3580Z_{APRM} + 0.0685Z_{APTV} + 0.2756Z_{PROMES} - 0.0742Z_{DELECT} + 0.0747Z_{DTECINGE} - 0.1019Z_{DGENERO} - 0.0367Z_t + 0.0640Z_{D9})$$

Al sustituir el valor promedio para cada variable, con excepción de APRM o PROMES, la ecuación colapsa a:

$$P(PAS)_i = P(z \leq -0.2484 + 0.6515Z_{APRM} + 0.145(1.55))$$

$$o P(PAS)_i = P(z \leq -0.2484 + 0.2975Z_{PROMES} + 0.145(1.55))$$

En la Tabla 3, indicamos los parámetros mínimos que un estudiante debe cumplir con relación a las variables en discusión para aprobar el curso con distintas probabilidades.

**Tabla 3. Parámetros mínimos a satisfacer para distintas probabilidades seleccionadas**

	P = 30%	P = 35%	P = 40%	P = 45%
APRM	664	692	721	747
PROMES	3.79	3.99	4.2	mayor que 4

En las Tabla 4 y Tabla 5 indicamos las probabilidades de aprobar el curso para distintas puntuaciones en las variables discutidas

**Tabla 4. Probabilidades de aprobar el curso para distintos valores de APRM**

APRM	700	675	650	625	600	575	550	525	500
P(PAS)	36.3%	31.9%	27.8%	24.2%	20.6%	17.4%	14.7%	12.1%	9.9%

**Tabla 4. Probabilidades de aprobar el curso para distintos valores de PROMES**

PROMES	4.00	3.75	3.50	3.25	3.00	2.75	2.50	2.25
P(PAS)	35.2%	29.1%	23.6%	18.7%	14.5%	11.1%	8.23%	5.9%

Presumimos que una probabilidad de 30% de retención como meta inicial es adecuada para establecer parámetros mínimos para los estudiantes a matricularse en el curso. Ésta representa un aumento en 13.8 puntos porcentuales en comparación con la real.

**Recomendaciones para MATE 1001**

- Todo estudiante con una puntuación mayor o igual a 660 en APRM o con PROMES mayor o igual a 3.75, podrá matricularse en MATE1001 en su primer semestre académico.
- Como la variable de APRM es la de mayor peso, presumimos que debemos mejorar las destrezas que se miden en el examen del CEEB. Por esta razón, recomendamos que los estudiantes que no satisfagan el requisito mínimo de APRM se matriculen en el curso MATE 3001 y lo aprueben con una puntuación mínima de 75% para poderse matricular en el curso MATE 1001 en su segundo semestre.
- La relevancia y necesidad de los temas discutidos en el curso MATE 1001 deben ser evaluados. El curso pudiera no ser adecuado para estudiantes de grados asociados.

**MATE 3011**

Este curso discute menos temas que MATE 3171 y con menor profundidad (en la misma cantidad de tiempo). Por tal razón es más llevadero para los estudiantes. La tasa de retención de este curso en el período estudiado es de 42% y es la más alta de todos los cursos en discusión. Sin embargo, entendemos que también debemos tratar de aumentar la retención en el mismo. Para la probabilidad del evento de aprobar este curso las variables significativas y de signo positivo son APRM, PROMES Y D98. Al igual que para MATE 1001, establecemos parámetros para probabilidades plausibles. En este caso la ecuación de regresión se reduce a:

$$P(PAS)_i = P(z \leq -1.077 + 0.3580Z_{APRM} + 0.0685Z_{APTV} + 0.2756Z_{PROMES} - 0.0742Z_{DELECT} + 0.0747Z_{DTECINGE} - 0.1019Z_{DGENERO} - 0.0367Z_t + 0.0640Z_{D98})$$

Al sustituir el valor promedio para cada variable, con excepción de APRM o PROMES, la ecuación colapsa a

$$P(PAS)_i = P(z \leq -0.6131 + 0.6126Z_{APRM})$$

o

$$P(PAS)_i = P(z \leq -0.6131 + 0.4028Z_{PROMES})$$

En la Tabla 6 indicamos los parámetros mínimos que un estudiante debe cumplir para las variables en discusión para aprobar el curso con distintas probabilidades.

Tabla 6. Parámetros Mínimos a Satisfacer para Distintas Probabilidades Seleccionadas

	P = 45%	P = 50%	P = 55%	P = 60%
APRM	594	609	624	637
PROMES	3.61	3.78	3.96	4.12

En la Tabla 7 y Tabla 8 indicamos las probabilidades de aprobar el curso para distintas puntuaciones en las variables discutidas.

Tabla 7. Probabilidades de Aprobar el Curso para Distintos Valores de APRM

APRM	700	675	650	625	600	575	550	525	500
P(PAS)	76.4%	69.9%	62.6%	54.4%	46.4%	38.6%	31.2%	24.2%	18.4%

Tabla 8. Probabilidades de Aprobar el Curso para Distintos Valores de PROMES

PROMES	4.00	3.75	3.50	3.25	3.00	2.75	2.50	2.25
P(PAS)	56.4%	49.6%	41.3%	34.5%	27.8%	22.1%	16.9%	12.5%

Evaluamos el efecto de la variable D98 sobre la probabilidad de aprobar este curso en conjunto con las variables APRM y PROMES. Para ello, dejamos que el valor  $D98 = 1 \Rightarrow Z_{D98} = 1.55$ . Las ecuaciones de regresión para cada variable se convierten a

$$P(PAS)_i = P(z \leq -0.2484 + 0.6515Z_{APRM} + 0.145(1.55))$$

o

$$P(PAS)_i = P(z \leq -0.2484 + 0.2975Z_{PROMES} + 0.145(1.55))$$

Se parte de la premisa que una tasa de retención de 55% es adecuada. Ésta representa un aumento de 13 puntos porcentuales en comparación con la real. Tenemos que, si un estudiante tomara un curso preparatorio en el verano previo al curso de MATE 3011, los parámetros mínimos para tener una probabilidad de 55% de aprobar serían APRM = 598 o PROMES = 3.66 Recomendaciones para MATE 3011

- Todo estudiante con puntuación en APRM mayor o igual que 625 o con PROMES mayor o igual que 3.95 podrá matricularse en MATE 3011 durante su primer semestre.
- Todo estudiante que no cumpla con los requisitos de la primera recomendación deberá tomar MATE 3001 como curso preparatorio; y aprobarlo con puntuación mayor o igual que 75% para entonces matricularse en MATE 3011 en su segundo semestre académico.
- Para los estudiantes con puntuación  $600 \leq APRM < 625$  o con  $3.66 \leq PROMES < 3.95$  podrán tomar MATE 3001 durante el verano previo a su aceptación para cumplir con el requisito de la segunda recomendación.

### MATE 3171

Este es el curso en que se matricula la mayor cantidad de estudiantes. Además, el perfil de los estudiantes en el mismo es altamente heterogéneo. Es el curso clásico de precálculo que toman los estudiantes de Ciencias Naturales y Departamentos afines. La tasa de retención en el período bajo estudio es de 32%. Para el evento de aprobar el curso las variables significativas y de signo positivo son APRM, PROMES y APTM. La ecuación de regresión en este caso está dada por:

$$\begin{aligned}
 P(PAS)_i = & P(z \leq -0.6131 + 0.6126Z_{APRM} + 0.0372Z_{APTV} \\
 & + 0.4028Z_{PROMES} + 0.0362Z_{GÉNERO} + 0.0234Z_{TIEMPO} + 0.0298Z_{D98} \\
 & + 0.0680Z_{DCN} + 0.0377Z_{DELECT} + 0.0783Z_{DINGE} - 0.0766Z_{DSICI}
 \end{aligned}$$

Al sustituir el valor promedio para cada variable, con excepción de APRM, PROMES o APTM, la ecuación colapsa a:

$$\begin{aligned}
 P(PAS)_i = & P(z \leq -0.6131 + 0.6126Z_{APRM} ) \\
 \text{o} \\
 P(PAS)_i = & P(z \leq -0.6131 + 0.4028Z_{PROMES} )
 \end{aligned}$$

En la Tabla 9 indicamos los parámetros mínimos que un estudiante debe cumplir para las variables en discusión para aprobar el curso con distintas probabilidades.

Tabla 9. Parámetros mínimos a satisfacer para distintas probabilidades

seleccionadas

	P = 45%	P = 50%	P = 55%
APRM	652	667	682
PROMES	3.92	4.05	4.18

En las Tablas 10-12 indicamos las probabilidades de aprobar el curso para distintas puntuaciones en las variables discutidas.

**Tabla 10. Probabilidades de Aprobar el Curso para Distintos Valores de APRM**

APRM	700	675	650	625	600	575	550	525	500
P(PAS)	54.4%	47.2%	40.5%	33.7%	27.8%	22.1%	17.4%	15.6%	9.9%

**Tabla 11. Probabilidades de Aprobar el Curso para Distintos Valores de PROMES**

PROMES	4.00	3.75	3.50	3.25	3.00	2.75
P(PAS)	49.6%	38.6%	28.4%	19.8%	12.9%	7.9%

Consideramos que una probabilidad de aprobación de 45% es adecuada para establecer parámetros mínimos. Ésta representa un aumento de 13 puntos porcentuales comparado con la retención real.

**RECOMENDACIONES PARA MATE 3171**

- Todo estudiante con puntuación en APRM mayor o igual a 650 o PROMES mayor o igual a 3.9 podrá tomar MATE 3171 en su primer semestre académico
- Los estudiantes que no cumplan con los requisitos en la primera recomendación deben tomar MATE 3001 en su primer semestre como curso preparatorio. Este curso lo deberán aprobar con calificación de 75% o más para permitirles matricularse en MATE 3171 en su segundo semestre.

**RECOMENDACIONES GENERALES**

- Se deberán crear secciones separadas de MATE 3001 para los estudiantes que tomen el curso como preparatorio en los cuales sólo se permita matricular a estos estudiantes.
- Se debe otorgar una calificación de aprobado (A) o no aprobado (NA) para este curso. La nota de aprobación será de 75%.
- Dado que este curso cobrará mayor importancia debido a su carácter predictor, deberá ser coordinado, con exámenes departamentales y apoyo académico especial.

- Se debe designar un coordinador bonificado para este curso.
- Deben otorgarse fondos para contratar tutores dedicados exclusivamente a los estudiantes matriculados en estos cursos.
- Debe evaluarse estadísticamente el efecto de MATE 3001 sobre el aprovechamiento en el primer curso de precálculo de los estudiantes que lo aprueben.
- Los estudiantes que no aprueben MATE 3001 deberán ser referidos a sus consejeros académicos y/o los consejeros profesionales para una evaluación sobre selección de programas de estudio.

Como observación final debemos recalcar que los hallazgos y recomendaciones de este estudio impactan dos aspectos académicos: primero, la política de matrícula en estos cursos a base del perfil académico de los estudiantes aceptados; segundo, la selección de tratamientos y el análisis estadístico del efecto de éstos sobre el aprovechamiento de los estudiantes en su primer curso de precálculo.

Este primer trabajo motiva inmediatamente una extensión de la investigación, por medio de la inclusión de otras variables tanto académicas como no-académicas para analizar su efecto sobre los coeficientes de  $R^2 - McFadden$ , en espera de un aumento en éstos y, por ende, una mejor explicación de la variación en la variable dependiente.

## NOTAS

---

- 1 Mi más profundo agradecimiento a la Oficina de Sistemas de Información, en particular, a la Sra. Marcia Rodríguez y el Sr. Gilberto Calderón por su continuo apoyo en la preparación de las bases de datos utilizadas en esta investigación.
- 2 Para una presentación del tema véase a JOHNSTON y DINARDO, *Econometrics Methods*, 1997, capítulo 13.
- 3 Para una discusión sobre el tema véase a GRIFFITHS ET AL., *Learning and Practicing Econometric.*, capítulo 23; y a JUDGE ET AL., *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, capítulo 19.



## BIBLIOGRAFÍA

---

GRIFFITHS, WILLIAM E., HILL R. CARTER Y GEORGE G. JUDGE. *Learning and Practicing Econometrics*, New York, John Wiley and Sons, Inc.1993.

JOHNSTON, JACK Y JOHN DINARDO. *Econometric Methods*, New York, McGraw-Hill, 1997.

JUDGE, GEORGE G., HILL R. CARTER, WILLIAM E. GRIFFITHS, H. LUTKEPOHL Y T-C LEE. *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, John Wiley and Sons, Inc., 1982.