

Monográfico «Aprendizaje virtual de las matemáticas»**ARTÍCULO**

El papel de los exámenes formativos digitales en el aprendizaje virtual de matemáticas: un estudio de caso en los Países Bajos

Dirk T. Tempelaar

D.Tempelaar@MaastrichtUniversity.nl

Facultad de Económicas y Empresariales de la Universidad de Maastricht

Boudewijn Kuperus

B.Kuperus@MaastrichtUniversity.nl

Facultad de Económicas y Empresariales de la Universidad de Maastricht

Hans Cuypers

hansc@win.tue.nl

Universidad de Tecnología de Eindhoven

Henk van der Kooij

h.vanderkooij@uu.nl

Instituto Freudenthal, Universidad de Utrecht

Evert van de Vrie

Evert.vandeVrie@ou.nl

Universidad Abierta de los Países Bajos

André Heck

A.J.P.Heck@uva.nl

Universidad de Ámsterdam

Fecha de presentación: julio de 2011
Fecha de aceptación: noviembre de 2011
Fecha de publicación: enero de 2012

Cita recomendada

TEMPELAAR, DirkT.; KUPERUS, Boudewijn; CUYPERS, Hans; Van der KOOIJ, Henk; Van de VRIE, Evert; HECK, André (2012). «El papel de los exámenes formativos digitales en el aprendizaje virtual de matemáticas: un estudio de caso en los Países Bajos». En: «Aprendizaje virtual de las matemáticas» [monográfico en línea]. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 9, n.º 1, págs. 92-114 UOC. [Fecha de consulta: dd/mm/aa]. <<http://rusc.uoc.edu/ojs/index.php/rusc/article/view/v9n1-tempelaar-kuperus-cuypers-kooij-vrie-heck/v9n1-tempelaar-kuperus-cuypers-kooij-vrie-heck>>
ISSN 1698-580X

Resumen

La repetida evaluación diagnóstica y formativa es uno de los elementos clave del aprendizaje centrado en el alumno, ya que ofrece a los estudiantes un flujo continuo de información sobre su nivel de conocimientos en distintas materias y permite optimizar la posterior elección de actividades de aprendizaje. Cuando se integra en un sistema de aprendizaje virtual, la evaluación formativa puede convertir esta información en instantánea, lo que constituye un aspecto crucial para el retorno de información en un aprendizaje centrado en el alumno. Este estudio empírico sobre el papel de la evaluación formativa en el aprendizaje virtual de matemáticas se centra en la ventaja de integrar estas evaluaciones en un sistema nacional o estatal de exámenes. Estos exámenes proporcionan a los estudiantes una información crucial para su aprendizaje personal; suministran a los profesores los datos necesarios para llevar a cabo la planificación docente; y ofrecen a los encargados de elaborar los planes de estudio la información necesaria sobre las fortalezas y las debilidades de los estudiantes de cada programa y la necesidad de solucionar cualquier deficiencia. En último lugar, ofrecen información sobre la calidad de la enseñanza a escala nacional o estatal y son un medio para controlar su desarrollo a través del tiempo. Daremos ejemplos de todas estas ventajas según los datos del proyecto nacional ONBETWIST, que forma parte del programa de aprendizaje virtual holandés «Los exámenes y el aprendizaje basado en exámenes».

Palabras clave

evaluación intermedia, cursos puente, matemáticas, educación internacional heterogénea, reforma de los programas de matemáticas

The Role of Digital, Formative Testing in e-Learning for Mathematics: A Case Study in the Netherlands

Abstract

Repeated formative, diagnostic assessment lies at the heart of student-centred learning, providing students with a continuous stream of information on the mastery of different topics and making suggestions to optimize the choice of subsequent learning activities. When integrated into a system of e-learning, formative assessment can make that steering information instantaneous, which is a crucial aspect for feedback in student-centred learning. This empirical study of the role of formative assessment in mathematics e-learning focuses on the important merit of integrating these assessments into a system of state or national testing. Such tests provide individual students with crucial feedback for their personal learning, teachers with information for instructional planning, and curriculum designers with information on the strengths and weaknesses in the mastery states of students in the program and the need to accommodate any shortcomings. Lastly, they provide information on the quality of education at state or national level

and a means to monitor its development over time. We shall provide examples of these merits based on data from the national project ONBETWIST, part of the Dutch e-learning program Testing and Test-Driven Learning.

Keywords

interim assessment, bridging education, mathematics, heterogeneous international education, mathematics program reforms

Introducción

Según un reciente metaanálisis global de estudios empíricos sobre educación (Hattie, 2008), el retorno de información es uno de los mecanismos pedagógicos más efectivos. El retorno puede tener fuentes muy distintas y en un entorno de aprendizaje centrado en el alumno, la destreza o falta de destreza de los estudiantes para realizar una tarea específica es una parte importante de este retorno de información. La evaluación formativa es un medio para evaluar de forma repetida el nivel de un estudiante con el objetivo de establecer la siguiente etapa de aprendizaje, y su importancia está ampliamente documentada tanto en el aprendizaje tradicional (Donovan *et al.*, 2005; Pellegrino *et al.*, 2001) como en el aprendizaje virtual (Juan *et al.*, 2011). Recientemente, ha habido cierto interés en combinar sistemáticamente la evaluación formativa con el uso de exámenes a escala nacional o estatal. En Estados Unidos, se denomina «evaluación intermedia» (Beatty, 2010). Según el National Research Council de Estados Unidos, las evaluaciones intermedias «valoran los conocimientos del alumno respecto a los mismos objetivos curriculares que se valoran en las evaluaciones anuales a gran escala, pero se realizan con mayor frecuencia y están diseñadas para que los profesores puedan recabar un mayor número de datos sobre el rendimiento de los alumnos para la planificación docente. A menudo, las evaluaciones intermedias están explícitamente diseñadas con el mismo formato que los exámenes estatales y no solo pueden utilizarse para orientar la docencia, sino también para predecir los resultados del estudiante en los exámenes estatales, proporcionar datos sobre un programa o un sistema determinado, u ofrecer información diagnóstica sobre un alumno en particular. Sin embargo, los investigadores subrayan la distinción entre evaluaciones intermedias y evaluaciones formativas porque, en general, estas últimas suelen integrarse en actividades docentes e incluso pueden no ser reconocidas como evaluaciones por los alumnos...» (Beatty, 2010, pág. 6).

Los procesos de evaluación continua son por lo menos tan esenciales en los cursos de matemáticas como en otras disciplinas (Donovan *et al.*, 2005; Taylor, 2008; Trenholm *et al.*, 2011). Aparte de los exámenes que evalúan el progreso y de los que evalúan el rendimiento, ambos reconocidos como importantes herramientas de evaluación, en la enseñanza de matemáticas, los exámenes formativos funcionan como evaluaciones de «transición» o de «asignación», especialmente en el primer año de educación universitaria (Taylor, 2008). En su estudio comparativo sobre distintas experiencias a largo plazo de enseñanza de matemáticas en línea, Trenholm *et al.* (2011) presentan cuatro casos prácticos, que indican, todos ellos, que la evaluación continua es uno de los factores de éxito. Sin embargo, si-

que habiendo pocos estudios empíricos sobre los efectos de la evaluación formativa en la enseñanza de matemáticas (Wang *et al.*, 2006).

En los Países Bajos, SURF, una organización holandesa que trabaja en colaboración con instituciones de educación superior e institutos de investigación para lograr innovaciones en materia de TIC, puso en marcha el programa nacional «Los exámenes y el aprendizaje basado en exámenes» para estimular el diseño y el uso de evaluaciones intermedias, entre otras cosas. Parte de este programa es el proyecto ONBETWIST (<http://www.onbetwist.org/>), centrado en el aprendizaje de matemáticas, tanto en la etapa de transición de la escuela secundaria a la universidad como en el primer año de universidad, mediante herramientas virtuales y con el apoyo de evaluaciones intermedias. El proyecto ONBETWIST se basa en programas anteriores, como NKBW (<http://www.nkbw.nl/>) y TELMME (www.telmme.tue.nl), ambos gestionados por SURF, y S.T.E.P. (www.transitionalstep.eu/) y MathBridge (<http://www.math-bridge.org/>) de la Unión Europea. Todos ellos se centran principalmente en el diseño y el uso de herramientas virtuales de matemáticas para facilitar la transición de la escuela secundaria a la universidad, por ejemplo para estudiantes internacionales que se han educado en sistemas cuyas premisas difieren notablemente de las del plan de estudios de la universidad. En resumen, el principal objetivo de estas iniciativas es ofrecer cursos puente cuando los conocimientos previos de los estudiantes son demasiado heterogéneos para iniciar inmediatamente una enseñanza universitaria ordinaria. Pueden encontrarse reseñas de algunas de estas iniciativas en Brants *et al.* (2009), Rienties *et al.* (2011) y Tempelaar *et al.* (2008). En nuestro trabajo complementario, Tempelaar *et al.* (2011), documentamos los resultados de un curso puente en el contexto del proyecto NKBW para una universidad holandesa. Esta universidad es un exponente característico de la internacionalización europea de la educación superior, ya que los estudiantes de otros países representan más del 70% del total. Aunque la mayoría no proceden de países situados a una gran distancia, la educación secundaria que han recibido es muy heterogénea. Los sistemas de enseñanza secundaria, incluso en países vecinos como los Países Bajos, Alemania y Bélgica, son muy distintos entre sí y generan una gran diversidad en los conocimientos y las aptitudes matemáticas de los estudiantes potenciales. A causa de esta heterogeneidad, que ofrece la posibilidad de demostrar las ventajas de la evaluación intermedia, es necesario tender puentes entre la escuela secundaria y la educación universitaria. Mientras que nuestro artículo complementario se centra en las clases de refresco, concretamente en el diseño de un curso de verano voluntario de matemáticas, este artículo investiga el uso de exámenes formativos digitales con objetivos diagnósticos en la misma población de estudiantes internacionales. El contexto empírico de este estudio se refiere al uso de exámenes de acceso elaborados en el marco de los proyectos NKBW y ONBETWIST (la versión completa de los exámenes puede encontrarse en la base de datos de preguntas abiertas ONBETWIST, disponible en <http://moodle.onbetwist.org/>), en los que los sujetos del estudio empírico fueron seleccionados en una universidad que se caracteriza por un alumnado con fuerte orientación internacional y clases numerosas.

El objetivo de este trabajo es sumarse al escaso número de estudios empíricos existentes sobre los efectos de la evaluación formativa en la enseñanza de matemáticas, centrándose en su papel en el primer año de educación universitaria, donde la evaluación, aparte de su función para determinar el progreso y el rendimiento, desempeña un importante papel adicional de transición o asignación.

El curso de verano de matemáticas (Universidad de Maastricht)

Dado que el curso puente suele llevarse a cabo antes de la evaluación intermedia, es necesario realizar una breve introducción para comprender su impacto en el resultado de los exámenes. El curso voluntario de matemáticas se estructura alrededor de una guía adaptada de autoaprendizaje basada en tests: el módulo universitario de álgebra ALEKS (Assessment and LEarning in Knowledge Spaces). Esta tecnología utiliza una infraestructura informática basada en servidor y constituye un recurso útil para complementar el aprendizaje individualizado a distancia. El sistema ALEKS (véase también Doignon *et al.*, 1999; Falmange *et al.*, 2004; Tempelaar *et al.*, 2006) combina exámenes de diagnóstico con una guía práctica de autoaprendizaje virtual en varias materias propias de la enseñanza superior. Además, ofrece un módulo de instrucción a los profesores para que puedan supervisar el progreso del alumno tanto en la modalidad de evaluación como en la de aprendizaje.

La modalidad de evaluación de ALEKS se inicia con un test inicial para determinar los conocimientos del estudiante. Tras esta evaluación, ALEKS proporciona un informe gráfico en el que se indica su nivel en todas las áreas curriculares. El informe también hace recomendaciones sobre las áreas o conceptos que exigen estudio adicional; clicando en cualquiera de estos conceptos o unidades, se accede de forma inmediata al módulo de aprendizaje. Véase la figura 1 para una muestra de este informe.



Figura 1. Muestra parcial de un informe de aprendizaje de ALEKS

Entre las características de este módulo de evaluación destacan las siguientes: todos los problemas requieren que el estudiante produzca una información auténticamente matemática, todos los ejercicios son generados algorítmicamente y todas las preguntas se originan a partir de un repertorio cuidadosamente diseñado de ítems, lo que garantiza una cobertura exhaustiva de la materia. La evaluación es adaptativa: la elección de una nueva pregunta se basa en el agregado de respuestas a todas las preguntas previas. Como resultado, el nivel de un estudiante puede evaluarse a partir de un pequeño subconjunto de todas las preguntas posibles (en general de 15 a 25). Tanto los principios del curso de verano como el uso de la guía interactiva de autoaprendizaje ALEKS se describen con mayor detalle en Tempelaar *et al.* (2011). Un aspecto relevante para este estudio es que el curso de verano no forma parte del plan de estudios; al ofrecerse antes de iniciar el programa, la participación sólo puede ser voluntaria. En consecuencia, pueden distinguirse tres grupos de estudiantes: los que no participaron en el curso de verano (*NoSC*), los que aprobaron el curso de verano (*SCPass*) y los que se matricularon en el curso de verano pero no alcanzaron el nivel requerido (*SCFail*). Para diferenciar entre los participantes que aprobaron el curso de verano y los que lo suspendieron, se utilizó un nivel de dominio del 55% de las lecciones contenidas en el módulo ALEKS.

Participantes

Este estudio se basa en la investigación de cinco cohortes, aproximadamente del mismo tamaño, compuestas por estudiantes de primer curso de una Facultad de Económicas y Empresariales del sur de los Países Bajos (años académicos 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012). Los programas que ofrece esta facultad difieren de la educación universitaria europea en dos aspectos importantes: una enseñanza centrada en el alumno y basada en la resolución de problemas y una fuerte orientación internacional (los programas se ofrecen en inglés y atraen a una gran cantidad de estudiantes de otros países). De los 3.900 estudiantes de estas cinco cohortes, el 71% eran originarios de otros países (mayoritariamente europeos, y sólo algo más del 50% de países de habla alemana) y el 29% eran holandeses. De estos, el 36,7% eran mujeres y el 63,3%, hombres. La edad media de los estudiantes era de 20,12 años, con un rango de 17-31 años, aunque la mayoría no tenían más de 20: la edad media era de 19,82 años. Todos estaban matriculados en un programa de económicas y empresariales.

Una gran mayoría de estos estudiantes (3.014) realizaron por lo menos un examen diagnóstico de acceso. Una pequeña minoría participó en el curso de verano voluntario: un total de 622 estudiantes, 267 de los cuales aprobaron y 335 suspendieron (no superaron el nivel de dominio del 55% de ALEKS).

El curso de verano acabó a finales de agosto y los estudios internacionales de Empresariales y Económicas dieron comienzo a principios de setiembre. Ambos programas se iniciaron con dos cursos integrados de ocho semanas (medio semestre) basados en la resolución de problemas, cada uno con una carga de estudio del 50%. El primer curso es una introducción a la teoría organizativa y el marketing. El segundo curso, llamado Métodos Cuantitativos I o QM1, es una introducción a las

matemáticas y la estadística. La primera actividad del curso QM1 es realizar un test inicial de matemáticas. El contenido del curso QM1 tiene en cuenta que la gran heterogeneidad en el dominio de las matemáticas, debida a que los alumnos han sido educados en distintos sistemas nacionales y con distintos niveles de conocimientos, exige un alto grado de repetición. La mayoría de los temas que se tratan son una repetición de los contenidos propios de los dos últimos cursos de la escuela secundaria holandesa (cursos 11-12), es decir, un nivel básico de matemáticas, con alguna sesión dedicada a nuevas materias. No existe solapamiento entre QM1 y el curso de verano, ya que el contenido de este abarca los temas que se enseñan en los niveles de 7 a 10 de la enseñanza secundaria.

La principal causa de la heterogeneidad en el dominio de las matemáticas es el nivel alcanzado en la escuela secundaria. En general, los países europeos distinguen dos niveles: el básico y el avanzado. El 28,1% de los participantes en este estudio habían estudiado secundaria en el sistema nacional holandés, llamado VWO (educación preuniversitaria), y habían cursado matemáticas en uno de los niveles básicos (A1 o A1,2) o en uno de los niveles avanzados (B1 o B1,2). El nivel más bajo, A1, prepara a los estudiantes para acceder a licenciaturas de Arte y Humanidades, pero no les capacita para realizar estudios de Ciencias Sociales, como Empresariales o Económicas, por lo que, en este caso, sólo existía la posibilidad de haber cursado el nivel básico superior: DutchA12 (18,6%). Los dos niveles restantes son avanzados: DutchB1 (4,5%, preparación para realizar estudios de Biología) y DutchB12 (2,3%, preparación para realizar estudios técnicos). Debido a la reforma de la enseñanza de matemáticas en los Países Bajos, los estudiantes de nivel avanzado de las dos últimas cohortes (2010-2011 y 2011-2012) cursaron un nivel avanzado indiferenciado: DutchB (5,4%). Una mayoría de estudiantes (53,1%) se había formado en un país de habla alemana. Este sistema educativo también posee dos niveles de enseñanza de matemáticas, el nivel avanzado o *Leistungskurs*, y el nivel básico o *Grundkurs*. Los alumnos que cursan el nivel básico tienen la posibilidad de escoger matemáticas como una de las cuatro materias del examen final o *Abitur* (los alumnos de nivel avanzado están obligados a ello). Como consecuencia, hay un nivel avanzado: GermanLK (13,9%) y dos niveles básicos: GermanGKA (25,0%) y GermanGKnA (13,8%) (los alumnos de esta última categoría son los que optan por no examinarse de matemáticas en el examen final). También en este caso, en las dos últimas cohortes, aparece una categoría nueva aunque muy reducida de estudiantes a causa de la reforma de la enseñanza de matemáticas en algunos estados alemanes: la fusión del nivel básico y del nivel avanzado en un único nivel indiferenciado: GermanUndif (0,8%). En comparación con otras universidades europeas, existe una proporción relativamente alta de estudiantes que han hecho el bachillerato internacional (IB) (6,9%). En el bachillerato internacional puede cursarse un nivel avanzado (HL) y dos niveles básicos (SL y StudiesSL), lo que genera las categorías IBMathHL (1,5%), IBMathSL (5,1%) e IBMathSSL (0,3%, excluido de este estudio por su reducido tamaño). El resto de los estudiantes (11,9%) han sido educados en un sistema que no pertenece ni a los Países Bajos ni a los países de habla alemana. Para esta última categoría, se pidió a los participantes que clasificaran su nivel de matemáticas de acuerdo con dos categorías: nivel avanzado (*major*) o nivel básico (*minor*). Los resultados en esta categoría son OthMathMajor (6,2%) y OthMathMinor (5,7%).

Evaluaciones intermedias

En este estudio investigamos el papel de dos evaluaciones intermedias. Ambas están diseñadas para utilizarse en la transición de la escuela secundaria a la universidad y, por esta razón, se denominan evaluaciones de acceso en los dos proyectos para los que fueron diseñadas. Mantendremos, pues, esta convención.

El primer examen de acceso, llamado NKBW, se concibió en el marco del proyecto SURF NKBW. Estos exámenes, diseñados conjuntamente por representantes de la enseñanza secundaria y terciaria, se basan en una opinión compartida sobre los conocimientos que deben tener los futuros estudiantes al finalizar la escuela secundaria y acceder a la universidad. Es decir, son a la vez exámenes de entrada y de salida. Han sido diseñados para evaluar los distintos niveles de matemáticas que se alcanzan en la educación secundaria; en este caso, el examen corresponde al nivel básico superior. El examen contiene 16 preguntas y abarca cuatro grandes temas: conocimientos de álgebra (*AlgebraicSkills*), logaritmos y exponenciales (*Log&power*), ecuaciones (*Equations*) y diferenciación (*Differentiation*). En este estudio, nos centramos principalmente en los conocimientos algebraicos, puesto que, al parecer, las deficiencias en este ámbito son determinantes en los resultados académicos del primer año de universidad, y es una materia que no suele incluirse en la mayoría de cursos de refresco que se imparten al inicio de los estudios universitarios. Los cursos de refresco, en general, incluyen contenidos del último ciclo de la escuela secundaria, mientras que el álgebra se enseña en el primer ciclo o incluso en la enseñanza primaria. El álgebra es una parte importante del curso de verano. Los exámenes de acceso NKBW se implantaron en el año 2009 y las cohortes de 2009-2010 y de 2010-2011 han tenido la oportunidad de realizarlos.

El otro examen de acceso, llamado 3TU, es el diseñado por los socios del proyecto TELMME: las tres universidades politécnicas holandesas. Este examen se basa en el nivel avanzado de matemáticas adquirido en la educación secundaria, por lo que las preguntas correspondientes a la diferenciación e integración fueron eliminadas del cuestionario. Las categorías restantes evalúan los conocimientos de álgebra, logaritmos y exponenciales, y ecuaciones, con un total de 14 ítems. Elaboradas para estudiantes con un nivel más alto, las preguntas poseen un nivel de dificultad ligeramente superior que los ítems del examen NKBW y están más orientadas al dominio de competencias, mientras que la comprensión conceptual es algo más prominente en el NKBW. El examen 3TU se administró a las cinco cohortes de estudiantes de primer año de la Universidad de Maastricht, lo que ofrece una base más amplia para analizar su evolución en el tiempo.

Resultados

Formación previa y exámenes de acceso 3TU y NKBW

La figura 2 indica la evolución de las calificaciones de álgebra (*AlgebraicSkills*) en los exámenes diagnósticos de acceso según la formación previa recibida. En este apartado nos centraremos básica-

mente en los conocimientos de álgebra, ya que son una parte esencial de este proyecto. Sin embargo, el análisis de las calificaciones totales arroja resultados similares, con patrones idénticos, aunque ligeramente inferiores.

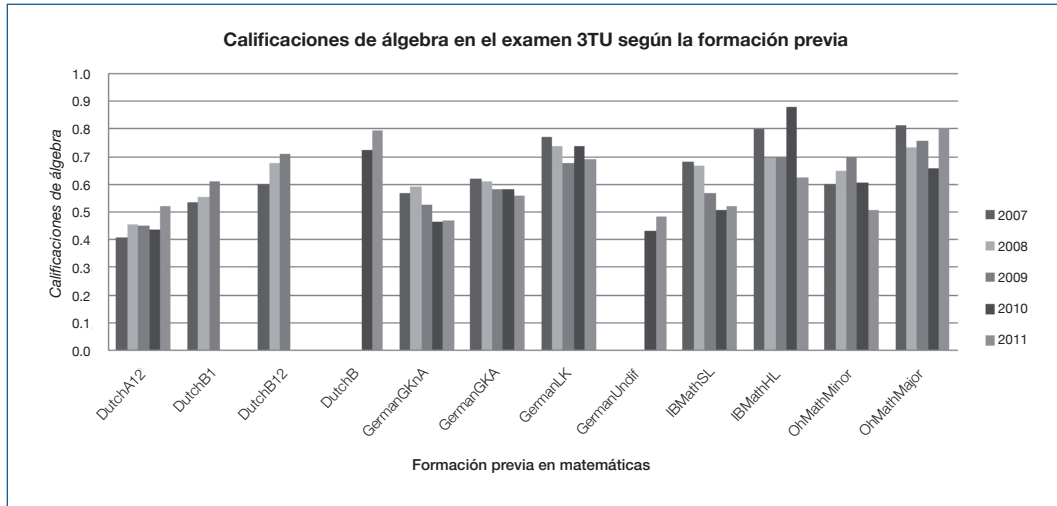


Figura 2. Calificaciones de álgebra (*AlgebraicSkills*) en el examen de acceso 3TU según la formación previa en matemáticas

Cuando se realizaron por primera vez los exámenes de acceso, en 2007, nos sorprendió detectar un rendimiento inferior a la media en los estudiantes nacionales (holandeses) en comparación con los estudiantes de otros países. Por ejemplo, los estudiantes holandeses con el nivel más alto de matemáticas, DutchB12, no llegaban a una puntuación del 60%, frente al 62% de los estudiantes alemanes con un nivel básico (GermanGKA) y al 77% de los que tenían una formación de nivel avanzado (GermanLK). Huelga decir que las puntuaciones obtenidas por los estudiantes holandeses de niveles menos avanzados eran incluso inferiores: 41% para DutchA12 y 53% para DutchB1. De hecho, se situaban en la parte más baja de todos los tipos de enseñanza previa. Sin embargo, dada la razón de ser de nuestro proyecto nacional de transición, no era un resultado tan sorprendente. De hecho, daba sentido al proyecto, ya que ilustraba las deficiencias de la escuela secundaria holandesa para preparar el acceso a la universidad, especialmente en materia de conocimientos algebraicos, no sólo en sentido absoluto, sino también en sentido relativo, cuando se comparaban los estudiantes holandeses con los estudiantes de otros países.

Desde 2007, han tenido lugar varios acontecimientos dignos de mención. La reforma educativa en el campo de las matemáticas ha mejorado el rendimiento de los estudiantes de nivel avanzado año tras año, tanto en el nivel B1 como en el nivel B12. La fusión de ambos niveles en una única vía, DutchB, ha sido otro paso adecuado para mejorar los conocimientos de álgebra: los estudiantes de esta vía unificada lograron unas puntuaciones del 72% y el 79%, muy superiores a las alcanzadas hasta entonces, y más próximas a las de los estudiantes alemanes de nivel avanzado (74%, GermanLK). Sin embargo, la puntuación de los estudiantes holandeses de nivel básico permaneció en la cota más baja.

En los tres tipos de bachillerato internacional, se observan datos radicalmente distintos. Las calificaciones de los niveles avanzados son relativamente altas y estables (se observa una mayor va-

riabilidad en IBMathHL, aunque quizá ello se deba simplemente al carácter variable de la muestra, a causa del tamaño reducido de este grupo, 15 por término medio). La categoría OthMathMajor parece mostrar una puntuación menor, pero, al ser una categoría residual, es un dato difícil de interpretar. Sin embargo, el grado de conocimientos entre los estudiantes de nivel básico indica una disminución en el tiempo tanto para los estudiantes alemanes como para los que han cursado el bachillerato internacional, con datos más marcados para los grupos GermanGKnA e IBMathSL. Como consecuencia, el nivel de conocimientos en todas las vías de enseñanza básica de las matemáticas es preocupantemente bajo –entre el 40% y el 50%– y coincide con los niveles existentes en los Países Bajos en su momento. En contraste con los resultados obtenidos gracias a la reforma educativa holandesa, la reforma que se ha llevado a cabo en Alemania (unificación de las distintas vías para diseñar un sistema indiferenciado) parece no haber sido tan eficaz: las calificaciones no son en ningún caso superiores, sino más bien inferiores, que las obtenidas por los estudiantes que siguen el nivel básico que aún está vigente en otros estados. Sin embargo, este grupo es, hasta cierto punto, demasiado reducido para confiar en sus resultados.

La valoración de la reforma educativa alemana también depende del tipo de examen de acceso que se aplique: al realizar el NKBW, más basado en la comprensión de conceptos que en la simple adquisición de conocimientos, los alumnos del sistema indiferenciado alemán obtuvieron una puntuación a medio camino entre los niveles básicos y los avanzados (60% frente a 59% y 69%). Además, la reforma educativa holandesa se valora de otro modo: el nuevo grupo DutchB obtiene una puntuación similar, o incluso ligeramente inferior, a la obtenida el año anterior por los estudiantes de nivel avanzado. Además de estar más orientado a los conceptos, el nuevo examen de acceso NKBW es mucho más fácil que el 3TU (las puntuaciones son uniformemente más elevadas) y menos discriminativo entre el nivel básico y el avanzado: véase la figura 3.

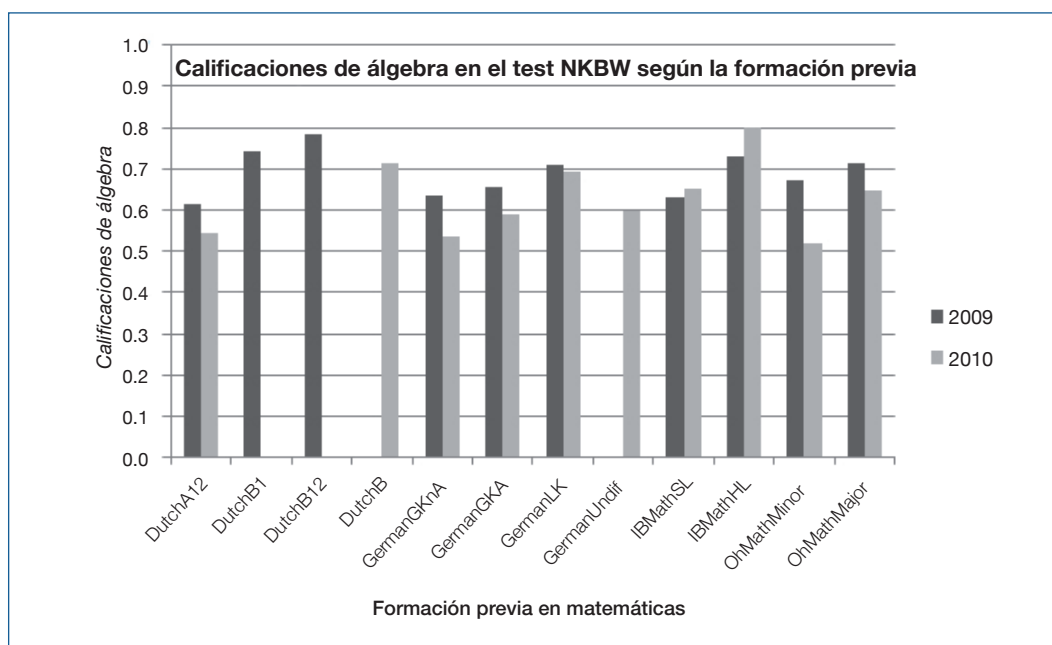


Figura 3. Calificaciones de álgebra (*AlgebraicSkills*) en el test de acceso NKBW según la formación previa en matemáticas

Las puntuaciones obtenidas en dos preguntas del examen de acceso 3TU ilustran las diferencias en la enseñanza de matemáticas de distintos países con relación al dominio de competencias algebraicas muy elementales. Véanse las figuras 4 y 5, donde también se incluyen las preguntas.

AlgebraicSkillsNo2: $\frac{x^2 - x}{x^2 - 2x + 1}$ equivale a: a. $\frac{x}{1-x}$ b. $\frac{1}{2x-1}$ c. $\frac{-x}{-2x+1}$ d. $\frac{x}{x-1}$

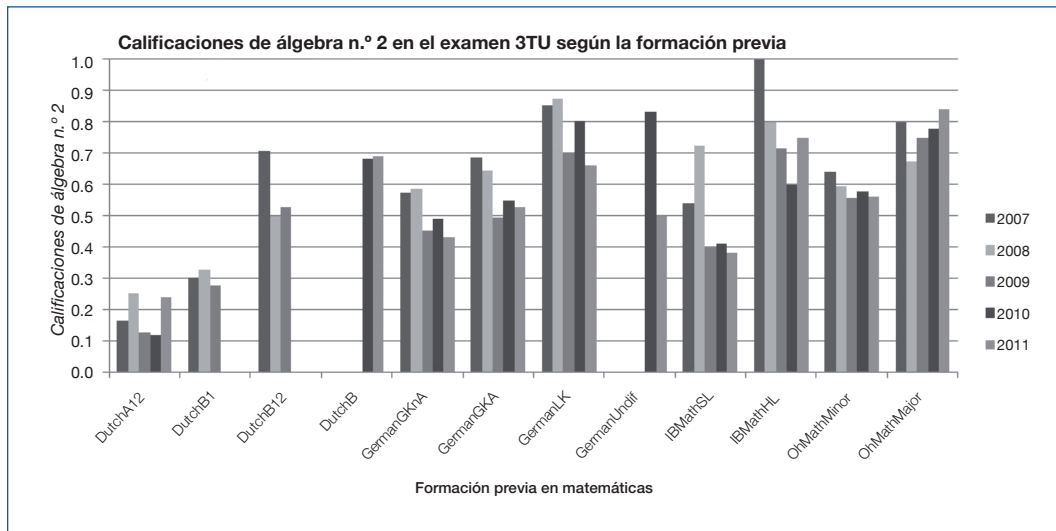


Figura 4. Calificaciones de álgebra n.º 2 (*AlgebraicSkillsNo2*) en el examen de acceso 3TU según la formación previa en matemáticas

AlgebraicSkillsNo3: $\frac{x}{x+1} + \frac{x}{x-1}$ equivale a: a. $\frac{2x}{2x-2}$ b. $\frac{2x^2}{x^2-1}$ c. $\frac{2x^2}{1-x^2}$ d. $\frac{2x}{x^2-1}$

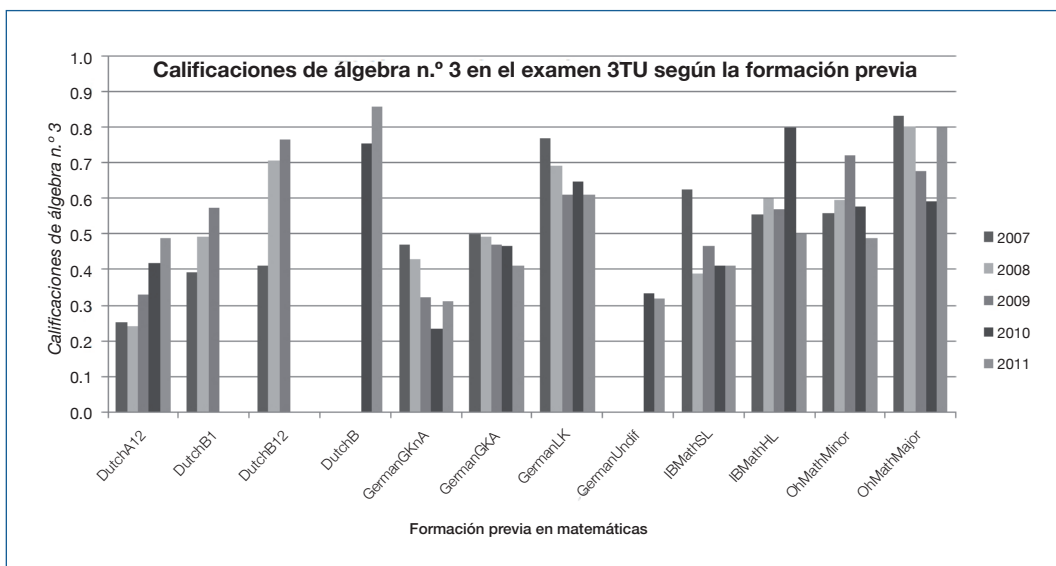


Figura 5. Calificaciones de álgebra n.º 3 (*AlgebraicSkillsNo3*) en el examen de acceso 3TU según la formación previa en matemáticas

Aunque, en alguna combinación de grupos y años académicos, las puntuaciones obtenidas en *AlgebraicSkillsNo3* no van más allá del mero nivel de adivinanza, por lo menos se observa una mejora en el dominio de las matemáticas a lo largo del tiempo, especialmente en los estudiantes holandeses, que en 2007 eran los peores. En contraste, las puntuaciones obtenidas en *AlgebraicSkillsNo2* en el nivel básico holandés son incluso más bajas que el ratio de adivinanza y no dan indicios de mejorar con el tiempo: los alumnos siguen estando fuertemente atraídos por la tercera opción, aparentemente siguiendo la estrategia de eliminar los términos al cuadrado que aparecen a la vez en el numerador y en el denominador. Además de ilustrar las notables diferencias entre los sistemas educativos europeos y el sistema holandés, ambas preguntas, pero especialmente la primera, también demuestran las importantes diferencias de conocimientos entre los alumnos de nivel básico y los de nivel avanzado. Es un aspecto especialmente destacable, puesto que el álgebra suele incluirse en el primer ciclo de la escuela secundaria tanto para los estudiantes de matemáticas de nivel básico como avanzado.

Participación en el curso de verano y exámenes de acceso 3TU y NKBW

Dado que el curso puente de matemáticas que ofrece este programa se lleva a cabo durante el verano, la participación es voluntaria, lo que permite comparar los resultados obtenidos en los exámenes de acceso en tres categorías: alumnos que han aprobado el curso de verano, alumnos que han suspendido el curso de verano, y alumnos que no se han matriculado al curso de verano. Las figuras 6 y 7 presentan las calificaciones obtenidas en el apartado de álgebra en ambos exámenes y, como material de referencia, las calificaciones obtenidas en otros dos temas del examen de entrada NKBW. En la figura 6 puede verse claramente como el hecho de haber aprobado el curso de verano tiene efectos notables en el resultado. El verdadero efecto es incluso mayor de lo que indica la figura, ya que los estudiantes con una formación previa de nivel básico están sobrerrepresentados en el grupo de alumnos del curso de verano, mientras que los estudiantes con una formación de nivel avanzado están sobrerrepresentados en el grupo de no participantes (de acuerdo con el objetivo del curso de verano). Parte de esta sobrerrepresentación es visible en las puntuaciones de los participantes que no aprobaron el curso de verano: en tres de las cinco cohortes, su nivel de conocimientos es significativamente menor que el de los no participantes, lo que indica que inicialmente estos alumnos tomaron la decisión correcta al matricularse al curso puente, pero que no fueron capaces de materializar esta decisión.

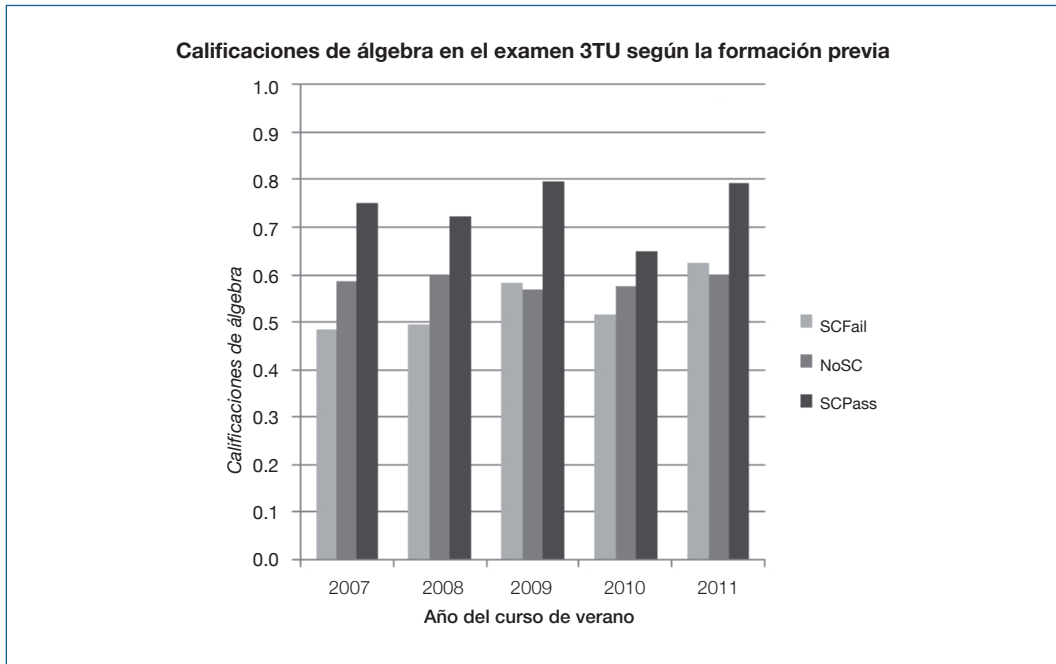


Figura 6. Nivel de álgebra (*AlgebraicSkills*) en el examen de acceso 3TU según la participación en el curso de verano

El primer panel de la figura 7 confirma la impresión de que los efectos son más débiles cuando se considera el apartado de álgebra (*AlgebraicSkills*) del examen de acceso NKBW. El segundo panel indica que las preguntas de la sección de logaritmos y exponenciales (*Logs&Powers*) están fuertemente afectadas por el curso puente. Y el tercer panel se añade para verificar la adecuación de este tipo de comparaciones. El tercer panel contiene los ítems del apartado de diferenciación (*Differentiation*), que no se incluyeron en el curso de verano. Para que las comparaciones entre los tres grupos sean válidas, no se espera ningún impacto del curso puente en este tercer panel, tal como se observa en este caso.

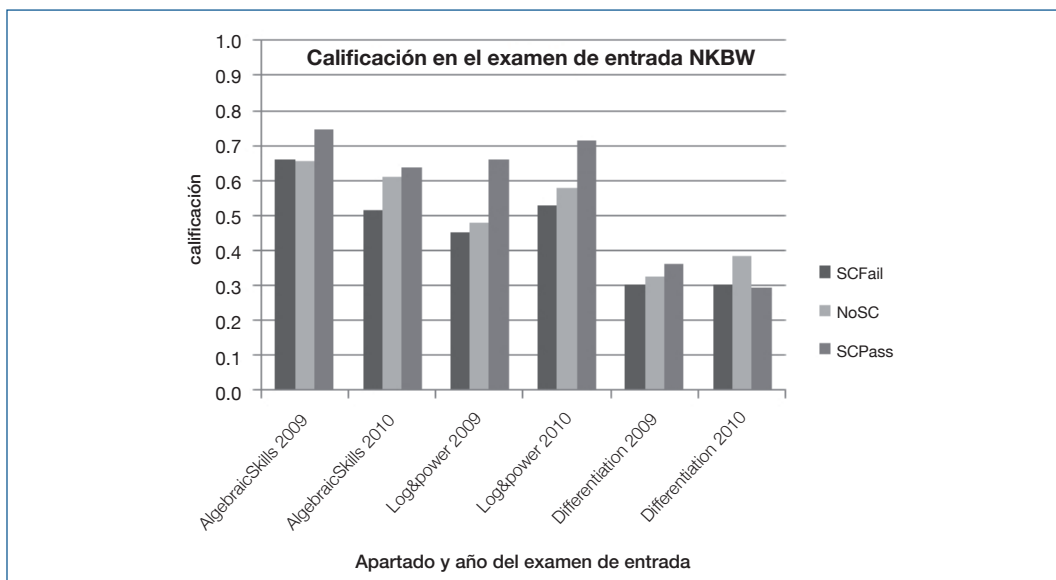


Figura 7. Nivel de álgebra (*AlgebraicSkills*), logaritmos y exponenciales (*Logs&Powers*) y diferenciación (*Differentiation*) en el examen de entrada NKBW, según la participación en el curso de verano

¿La participación en el curso de verano ayuda a los estudiantes a mejorar su rendimiento académico, además de permitirles obtener mejores puntuaciones en exámenes puramente formativos como los dos exámenes de entrada? La respuesta es claramente afirmativa, tal como demuestran las figuras 8 y 9. La figura 8 presenta las calificaciones del examen final en dos apartados: matemáticas y estadística (máxima puntuación: 20). Los efectos de haber participado y aprobado el curso de verano son sustanciales en ambas secciones, aunque también en este caso se espera que los verdaderos efectos sean mayores que los visibles, dado que los estudiantes más débiles están sobrerrepresentados en el curso de verano. Las diferencias en la calificación del examen final de matemáticas entre los alumnos que han aprobado el curso de verano y los que no han participado en el mismo son estadísticamente significativas (1%) en todos los años académicos, excepto en 2008 y 2011. Las diferencias en la calificación del examen final de estadística son estadísticamente significativas (1%) en los años académicos 2007 y 2009.

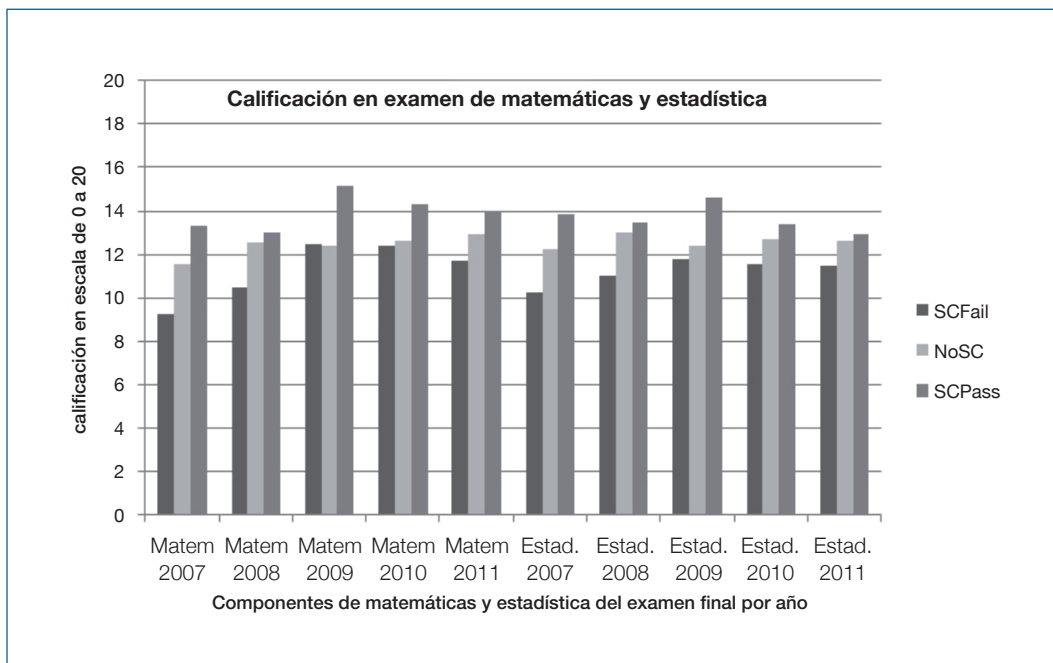


Figura 8. Calificación en el examen final de matemáticas y el examen final de estadística, según la participación en el curso de verano

Los mayores efectos son visibles en la figura 9, que presenta los índices de aprobados del curso QM. Dado que la mayoría de estudiantes de la región obtienen una puntuación del 55% (exigida para aprobar), los efectos de la participación en el curso de verano son más fuertes en los índices de aprobados que en la puntuación absoluta. Las diferencias en los índices de aprobados entre los alumnos que han aprobado el curso de verano y los que no han participado en el mismo son estadísticamente significativas (1%) en todos los años académicos, excepto en 2008, en que el nivel de significación se situó en el 10%.

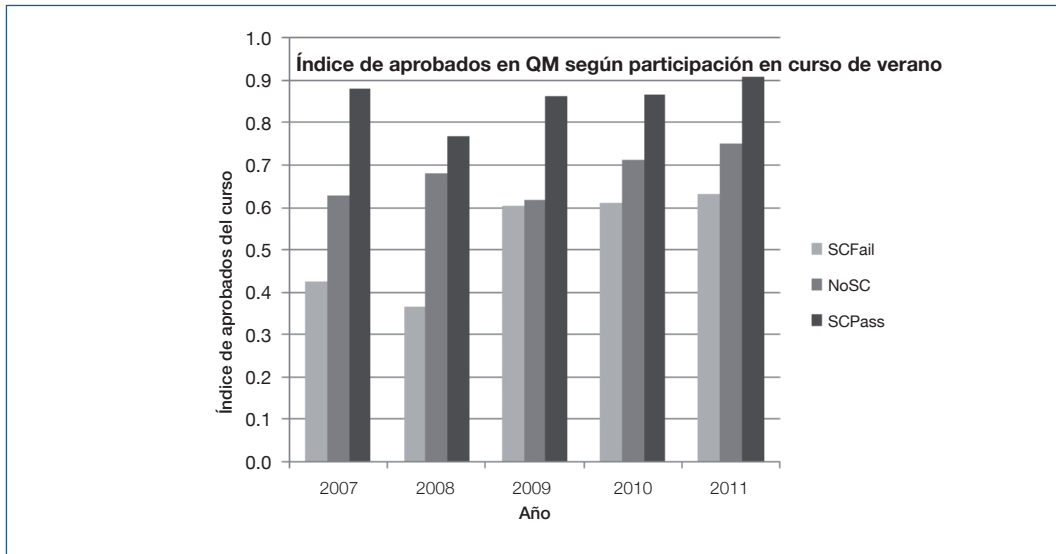


Figura 9. Índice de aprobados en QM, según la participación en el curso de verano

Formación previa y participación en el curso de verano, y examen de acceso 3TU

Para poder desentrañar los efectos combinados de la formación previa en matemáticas y la participación en el curso de verano, es necesario analizar las repercusiones del curso puente separadamente para cada tipo de formación previa. La figura 10 presenta los resultados de una muestra de este análisis.

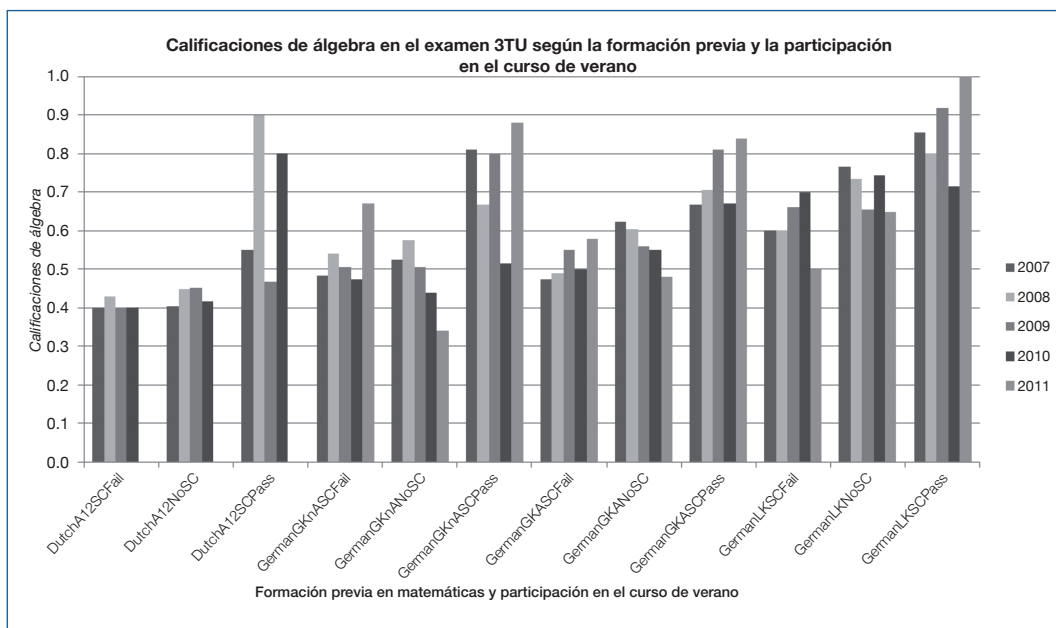


Figura 10. Calificación de álgebra (*AlgebraicSkills*) en el examen de entrada 3TU, según la formación previa y la participación en el curso de verano

Dado que sólo una minoría de estudiantes participaron en el curso puente, la comparación se limita a aquellas categorías previas que tenían un número suficiente de estudiantes (cinco) en cada uno de los grupos: no participantes en el curso de verano (*NoSC*), participantes suspendidos (*SCFail*) y participantes aprobados (*SCPass*). Las categorías de formación previa que satisfacen esta limitación son DutchA12, GermanGKnA, GermanGKA y GermanLK. Salvo este último grupo, los demás pertenecen a los niveles básicos de enseñanza de matemáticas. Los estudiantes alemanes están sobrerrepresentados, en parte porque muchos dejan sus estudios al finalizar la escuela secundaria y entran en la universidad tras una interrupción de dos o más años. Estos estudiantes, aunque tengan una formación de nivel avanzado, consideran el curso de verano como una posibilidad de refrescar conocimientos. Para las cuatro categorías de formación previa, la figura 10 presenta tres columnas correspondientes a los alumnos que suspendieron el curso de verano, a los alumnos que no participaron en el mismo y a los que lo aprobaron. Tal como era de esperar, observamos que la puntuación obtenida en el examen de entrada demuestra tanto el efecto de la formación previa como el efecto de la participación en el curso de verano. El efecto correspondiente al curso de verano parece ser más débil en los alumnos con una formación avanzada de matemáticas, lo que no resulta sorprendente: a parte de refrescar conocimientos, estos alumnos no obtienen demasiados beneficios de su participación en el curso de verano. Los efectos más significativos aparecen en los estudiantes con una formación previa de nivel básico. A parte de estas diferencias sistemáticas, existe una gran variabilidad de muestreo, a causa del reducido tamaño de la muestra, que dificulta la interpretación de datos desagregados.

Análisis de clústeres de las puntuaciones obtenidas en el examen de acceso 3TU

Otra manera muy distinta de analizar los datos obtenidos en los exámenes de acceso es examinar grupos de estudiantes con patrones similares de puntuación en distintos ítems del test. Realizamos esta observación mediante el análisis de clústeres: la figura 11 contiene una representación gráfica de los resultados de este análisis.

El análisis se lleva a cabo conjuntamente para todas las veces que se ha realizado el examen añadiendo las cinco cohortes. En este análisis, cada estudiante es asignado a uno de los tres clústeres; los clústeres se calculan para maximizar y minimizar la variación entre sí. El análisis de clústeres puede repetirse por cada grupo de formación previa; en este caso, nos limitaremos a los resultados del análisis aplicado conjuntamente a todos los grupos. En la mayoría de estos análisis, da buenos resultados distinguir tres clústeres distintos, que casi siempre son fáciles de interpretar. Como puede verse en la figura 11, los clústeres representan a los estudiantes que han obtenido mayor puntuación, los que han obtenido menor puntuación y un grupo de estudiantes con una puntuación intermedia. Este grupo es, con diferencia, el más interesante, especialmente porque en algunos ítems estos estudiantes tienen la misma puntuación que los de nivel alto, y en otros su puntuación se acerca más a los de nivel bajo. En la figura 11, los estudiantes del clúster medio obtienen puntuaciones similares a los del clúster alto en ítems pertenecientes al apartado de álgebra (*AlgebraicSkills*), con un tercer ítem (que

se analiza posteriormente) como excepción potencial. En cambio, obtienen la misma puntuación, o incluso menor, que los estudiantes de nivel bajo en los ítems correspondientes al apartado de logaritmos y exponenciales (*Log&power*). Vuelven a obtener una puntuación más elevada en el apartado de ecuaciones (*Equations*), especialmente en el tercer ítem, que les exige encontrar los ceros para una ecuación estándar de segundo grado. Los patrones de desviación se presentan en el segundo ítem, que actúa como una pregunta trampa: se pide el número de ceros de un polinomio de tercer grado en el que coinciden dos ceros. Y la última pregunta, en la que además de resolver una ecuación, los estudiantes han de saber cómo encontrar una línea tangente. En resumen, los estudiantes del clúster medio actúan al mismo nivel que los estudiantes del clúster alto cuando las preguntas pueden resolverse mediante una aplicación directa de las estrategias de solución estándar que han aprendido en la escuela secundaria, pero retroceden al nivel del clúster bajo cuando estas se desvían del patrón habitual de los ejercicios realizados en clase.

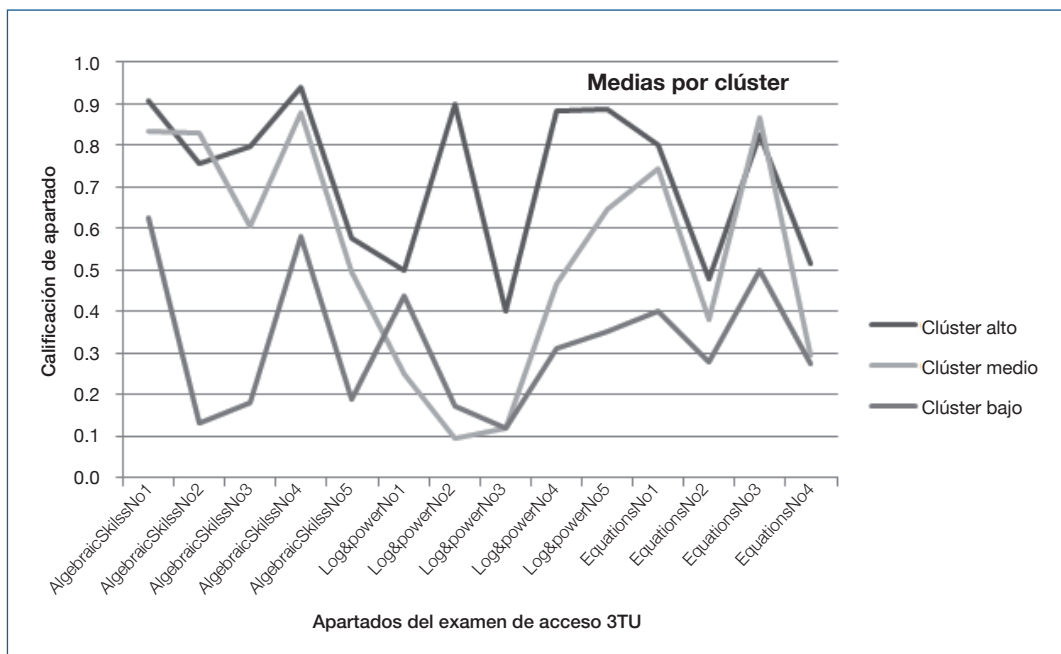


Figura 11. Agrupaciones de estudiantes en los clústeres alto, medio y bajo según los exámenes 3TU realizados a lo largo de cinco años

Conclusiones y discusión

El uso repetido de exámenes formativos de diagnóstico es un elemento clave de cualquier programa de enseñanza virtual de matemáticas, ya que ofrece el retorno de información necesario para el óptimo seguimiento del aprendizaje individual. El uso de evaluaciones «intermedias» para este propósito ofrece otras ventajas adicionales. En primer lugar, permite identificar las fortalezas y las debilidades de las distintas formaciones previas para los programas que atraen a un gran número de estudiantes internacionales que se han educado en sistemas escolares muy distintos. En segundo lugar, cuando

la heterogeneidad del flujo de entrada se concilia implementando cursos de transición, se desactivan adecuadamente los efectos de la educación previa y de los cursos de refresco. Finalmente, permite distinguir distintos clústeres de estudiantes con varios niveles de matemáticas. Por otro lado, además de ofrecer una información importante a cada estudiante, proporciona datos de gran relevancia para la planificación didáctica, diseño de planes de estudio, implementación de cursos puente, distribución de grupos homogéneos e incluso normas de admisión. Los análisis estadísticos deductivos indican que los estudiantes de primer año que utilizan estas evaluaciones formativas y participan en el curso de verano (basado en esta estrategia de evaluación formativa) obtienen resultados sustancialmente mejores (con significación estadística) que los estudiantes que no participan en el mismo.

Tanto los alumnos como los profesores valoran muy positivamente la posibilidad de acceder a una evaluación formativa en línea. Sin embargo, resulta difícil evaluar el desarrollo del aprendizaje y la asignación a un curso independientemente de los logros obtenidos. Como en muchos otros programas, la evaluación formativa en línea se introduce paralelamente a los exámenes en línea en forma de cuestionarios de bajo perfil. La consideración positiva de la evaluación formativa no puede separarse, pues, de la apreciación de los cuestionarios de bajo perfil ni de la disponibilidad de herramientas en línea para prepararlos.

Las futuras investigaciones deberán centrarse en dos temas. En primer lugar, los exámenes formativos, especialmente los de acceso, ofrecen un retorno esencial con relación al nivel de matemáticas de alumnos con distinta formación previa. Debido a la reciente reforma educativa que se ha llevado a cabo en la escuela secundaria de Holanda, la monitorización longitudinal del nivel de matemáticas en futuros estudiantes procedentes de distintos sistemas de educación secundaria seguirá ejerciendo una importante función. En segundo lugar, las futuras investigaciones deberán centrarse en el papel que pueden desempeñar los exámenes formativos tanto para ofrecer un retorno de información continuo e instantáneo a los estudiantes, como para lograr que la educación sea un proceso más adaptativo, con el objetivo –en ambos casos– de optimizar el proceso de aprendizaje.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Dutch SURF la financiación del proyecto ONBETWIST como parte del programa «Los exámenes y el aprendizaje basado en exámenes», que ha permitido realizar este estudio de investigación.

Bibliografía

- BEATTY, A. (ponente) (2010). *Best Practices for State Assessment Systems Part I: Summary of a Workshop*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- BRANTS, L.; STRUYVEN, K. (2009). «Literature review on online remedial education: A European perspective». *Industry and Higher Education*. Vol. 23, nº 4, págs. 269-276.

- DOIGNON, J. P.; FALMAGNE J. C. (1999). *Knowledge spaces*. Berlín: Springer.
- DONOVAN, M. S.; BRANSFORD, J. D. (eds.) (2005). *How Students Learn: Mathematics in the Classroom*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- FALMANGE, J.; COSYN, E.; DOIGNON, J.; THIÉRY, N. (2004). *The assessment of knowledge, in theory and in practice*. [Fecha de consulta: 1 de diciembre de 2010].
<http://www.aleks.com/about_aleks/Science_Behind_ALEKS.pdf>
- HATTIE, J. (2008). *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Londres: Routledge.
- JUAN, A. [et al.]. (2011). «Teaching Mathematics Online in the European Area of Higher Education: An instructors' point of view». *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. Vol. 42, nº 2, págs. 141-153.
- PELLEGRINO, W.; CHUDOWSKY, N.; GLASER, R. (eds.) (2001). *Knowing What Students Know: The Science and Design of Educational Assessment*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- RIENTIES, B. [et al.] (2011). «Describing the current transitional educational practices in Europe» [artículo presentado]. *Interactive Learning Environments*.
- TAYLOR, J. A. (2008). «Assessment in First year university: A model to manage transition». *Journal of University Teaching & Learning Practice*. Vol. 5, nº 1.
- TEMPELAAR, D. T.; RIENTIES, B. (2008). «Remediating summer classes and diagnostic entry assessment in mathematics to ease the transition from high school to university». *Proceedings of Student Mobility and ICT: Can E-LEARNING overcome barriers of Life-Long Learning*. Maastricht: FEBA ERD Press. Págs. 9-17.
- TEMPELAAR, D. T. [et al.] (2006). «An online summer course for prospective international students to remediate deficiencies in math prior knowledge: The case of ALEKS». En: M. Seppälä; O. Xambo; O. Caprotti (eds.). *Proceedings of WebALT2006*. Technical University of Eindhoven: Oy WebALT Inc. Págs. 23-36.
<http://webalt.math.helsinki.fi/webalt2006/content/e31/e157/e161/6_zDR2j2uQcB.pdf>
- TEMPELAAR, D. T. [et al.] (2011). «Mathematics bridging education using an online, adaptive e-tutorial: preparing international students for higher education». En: A. A. Juan; M. A. Huertas; S. Trenholm; C. Steegmann (eds.). *Teaching Mathematics Online: Emergent Technologies and Methodologies*. IGI Global.
- TRENHOLM, S. [et al.] (2011). «Long-Term Experiences in Mathematics E-Learning in Europe and the USA». En: A. A. Juan; M. A. Huertas; S. Trenholm; C. Steegmann (eds.), *Teaching Mathematics Online: Emergent Technologies and Methodologies*. Hershey, PA: IGI Global. Págs. 236-257.
- WANG, K. H.; WANG, T. H.; WANG, W. L.; HUANG, S. C. (2006). «Learning styles and formative assessment strategy: enhancing student achievement in Web-based learning». *Journal of Computer Assisted Learning*. Vol. 22, nº 3, págs. 207-217.

Sobre los autores

Dirk T. Tempelaar

D.Tempelaar@MaastrichtUniversity.nl

Facultad de Económicas y Empresariales de la Universidad de Maastricht

Es catedrático del Departamento de Economía Cuantitativa de la Facultad de Economía y Empresariales de la Universidad de Maastricht (Países Bajos). Su principal actividad académica se centra en los métodos cuantitativos: cursos introductorios de matemáticas y estadística para estudiantes de Empresariales, Económicas y Humanidades. Ha diseñado cursos preparatorios de matemáticas y estadística dirigidos a futuros estudiantes y cursos de refresco en línea que se han realizado cada verano desde 2003. Ha participado activamente en varios proyectos nacionales y europeos asociados al aprendizaje en línea de matemáticas. Coordina la unidad de investigación de efectos del proyecto SURF *Onbetwist*.

Maastricht University School of Business & Economics

Tongersestraat 53 - Room A2.20

6211 LM Maastricht

Países Bajos

Boudewijn Kuperus

B.Kuperus@MaastrichtUniversity.nl

Facultad de Económicas y Empresariales de la Universidad de Maastricht

Es estudiante del máster de Econometría e investigación de operaciones en la Universidad de Maastricht y profesor auxiliar de Estadística. Tras iniciar la carrera de Economía, realizó estudios de Biomedicina y Psicología, lo que le permitió obtener varios años de experiencia y disponer de una segunda licenciatura. Recientemente ha vuelto a interesarse por las matemáticas y la economía.

Maastricht University School of Business & Economics

Tongersestraat 53 - Room A2.20

6211 LM Maastricht

Países Bajos

Hans Cuypers

hansc@win.tue.nl

Universidad de Tecnología de Eindhoven

Es profesor asociado de Matemáticas de la Universidad de Tecnología de Eindhoven. Dirige el grupo de Matemática discreta. Además de sus investigaciones en la teoría de conjuntos y la geometría discreta y finita, también está interesado en las matemáticas aplicadas a la informática, especialmente en los documentos matemáticos interactivos. Bajo su dirección, se ha desarrollado el software MathDox, un sistema abierto para presentar documentos matemáticos y ejercicios interactivos. Ha participado activamente en varios proyectos nacionales y europeos dedicados al aprendizaje virtual de matemáticas, y es coordinador general del proyecto SURF *Onbetwist*.

Technische Universiteit Eindhoven

Den Dolech 2

5612 AZ Eindhoven

Países Bajos

Henk van der Kooij

h.vanderkooij@uu.nl

Instituto Freudenthal, Universidad de Utrecht

Es miembro del Instituto Freudenthal para la educación de ciencias y matemáticas (Flsme) de la Universidad de Utrecht. Sus principales intereses son la enseñanza de las matemáticas en el último ciclo de la educación secundaria, la posibilidad de tender puentes entre la escuela secundaria y la educación superior, la evaluación de las competencias matemáticas y las matemáticas en el lugar de trabajo. Tras ejercer como profesor de un instituto de secundaria durante 15 años, ha pasado a encargarse del desarrollo de planes de estudio en Flsme. También ha sido director de los exámenes nacionales de ciencias naturales y matemáticas para la Junta Nacional de Exámenes de los Países Bajos. Coordina la unidad de diseño de exámenes del proyecto SURF *Onbetwist*.

Universiteit Utrecht

P.O. Box 80125

3508 TC Utrecht

Países Bajos

Evert van de Vrie

Evert.vandeVrie@ou.nl

Universidad Abierta de los Países Bajos

Es profesor de Matemáticas en la Universidad Abierta de los Países Bajos. Sus principales intereses son las matemáticas discretas y la criptografía, que forman parte del plan de estudios de la licenciatura de Informática. Participa en proyectos y actividades para ayudar a los estudiantes que acceden a la universidad con un conocimiento insuficiente de matemáticas. En la Universidad Abierta coordina los cursos de preparación de matemáticas. En los Países Bajos, ha participado en varios proyectos de este tipo en colaboración con otras universidades holandesas. Participa en *MathBridge*, un proyecto europeo que realiza cursos de refresco en línea de matemáticas y coordina la unidad de experimentos educativos del proyecto SURF *Onbetwist*.

Open Universiteit

P.O. Box 2960

6401 DL Heerlen

Países Bajos

André Heck

A.J.P.Heck@uva.nl

Universidad de Ámsterdam

Es profesor de Matemáticas de la Universidad de Ámsterdam y experto en el diseño de exámenes de matemáticas en el entorno Maple T.A. Autor del libro *Introduction to Maple*. A partir de esta experiencia, ha colaborado en varios proyectos nacionales dedicados a los exámenes en línea y al aprendizaje virtual de matemáticas, como los proyectos *WebSpijkeren* y *MathMatch*, y coordina la unidad de divulgación del proyecto SURF *Onbetwist*.

Universiteit van Amsterdam (UvA)

Spui 21

1012 WX Amsterdam

Países Bajos



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 3.0 España de Creative Commons. Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente y hacer obras derivadas siempre que reconozca los créditos de las obras (autoría, nombre de la revista, institución editora) de la manera especificada por los autores o por la revista. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/deed.es>.