

# Desarrollo y aplicación del primer test adaptativo informatizado (TAI) de Matemática para orientar trayectorias en la Universidad

EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN UNIVERSITARIA

Pilar Rodríguez<sup>1</sup>Gina Pérez<sup>2</sup>Mario Luzardo<sup>3</sup>

1 Centro Universitario Regional del Este, Udelar, Uruguay, prodriguez@cure.edu.uy.

2 Dirección de Investigación y Evaluación Educativa (DIEE), ANEP, Uruguay.

3 Facultad de Psicología y Centro Universitario Regional del Este, Udelar, Uruguay.

## RESUMEN

Los tests adaptativos informatizados (TAI) son pruebas construidas para evaluar constructos psicológicos o cognitivos y se responden a través de un dispositivo informático (computadora, notebook, tablet o celular), sin necesidad de una aplicación en particular. Su característica fundamental radica en que se va adaptando al nivel de desempeño progresivo que va manifestando la persona, es decir, a medida que el usuario brinda una respuesta, el test avanza hacia un nivel de desempeño superior si la respuesta es correcta y en caso contrario, hacia un nivel inferior. Para desarrollar un TAI se requiere de los siguientes elementos: un banco de ítems con propiedades psicométricas conocidas, es decir, parámetros estimados mediante Teoría de Respuesta al Ítem; un procedimiento para seleccionar progresivamente los mejores ítems; y un método de estimación de los niveles de rasgo (Olea y Ponsoda, 2003). Este desarrollo se concretó reuniendo la investigación acumulada por distintos grupos e instituciones. El banco de ítems calibrados y la estimación de los niveles de la habilidad se tomaron del proceso de creación y validación de pruebas de evaluación diagnóstica al ingreso a la Universidad (Rodríguez, 2016). El algoritmo que permite que la plataforma

informatizada seleccione los ítems progresivamente fue desarrollado por el Grupo de Psicología Matemática mediante un convenio entre la Facultad de Psicología y el CODICEN (Luzardo, Padula y Forteza, 2012). La creación del TAI, la utilización de la plataforma del Sistema de Evaluación de Aprendizajes (SEA) y el asesoramiento en su uso fue provista por la División de Investigación y Evaluación Educativa (DIEE) de ANEP-CODICEN y el Plan Ceibal. Este TAI surge para dar respuesta a las necesidades de conocer el nivel de competencias en matemática de los estudiantes de ingreso del Ciclo Inicial Optativo Ciencia y Tecnología (CIO CyT) del Centro Universitario Regional del Este (CURE), con el fin de orientarlos en los cursos de Matemática a los que les conviene inscribirse según su desempeño alcanzado. Por lo tanto, el objetivo de la prueba, además de clasificarlos en distintos niveles de desempeño, es brindar orientación sobre el curso que se le recomendaba tomar. La Comisión Responsable de este Ciclo decidió que aquellos que no obtuvieran suficiente en la prueba se les recomendara inscribirse en "Introducción a los Métodos Matemáticos" y a aquellos que lograran el puntaje suficiente podrían tomar "Matemática I".

La aplicación se realizó en forma presencial en las Sedes de Maldonado y Rocha, brindándose un informe personalizado de cada estudiante, al Coordinador del CIO CyT, que contenía el puntaje obtenido, una descripción de las competencias de cada estudiante y la recomendación de los cursos a tomar según su nivel diagnosticado.

Los docentes tutores brindaron orientación académica en el área de Matemática basándose en los informes personalizados de las competencias de sus estudiantes.

Con la introducción de un test adaptativo

informatizado previo al comienzo de los cursos se puede determinar el nivel de desempeño de los estudiantes que ingresan. A partir de esto, los docentes tutores pueden brindar orientación académica en el momento de inscribirse a los diferentes cursos. Esto redundará en la mejora de la calidad de esta orientación, personalizándola y adaptando las trayectorias a las necesidades de cada estudiante, con el fin de lograr una mejora en sus desempeños posteriores en matemática.

**Palabras clave:** test adaptativo informatizado, prueba matemática, orientación académica.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los tests adaptativos informatizados (TAI) son pruebas construidas para evaluar constructos psicológicos o cognitivos y se responden a través de un dispositivo informático (computadora, notebook, tablet o celular), sin necesidad de contar con una aplicación en particular en el dispositivo. Tienen como principal característica que se van adaptando al nivel de desempeño progresivo que va manifestando la persona, es decir, a medida que el usuario brinda una respuesta, el test avanza hacia un nivel de desempeño superior, si la respuesta es correcta, y en caso contrario, hacia un nivel inferior. Los elementos fundamentales para desarrollar un TAI son los siguientes: un banco de ítems con propiedades psicométricas conocidas, es decir, parámetros estimados mediante Teoría de Respuesta al Ítem (TRI); un procedimiento para seleccionar progresivamente los mejores ítems; y un método de estimación de los niveles de rasgo (Olea y Ponsoda, 2003).

Para Olea, Abad y Barrada (2010) la idea básica de un TAI consiste en presentar únicamente los ítems que resultan altamente informativos para estimar el nivel de cada sujeto en un determinado rasgo. El primer paso es contar con un banco de ítems calibrados. Para la creación de nuestro TAI que tiene como objetivo evaluar las competencias en matemática al ingreso a la Universidad se contó con un banco de ítems calibrado por TRI cuyas propiedades psicométricas se presentan en Rodríguez (2017).

Los ítems que se le van administrando al estudiante se van adaptando al nivel de competencia que va demostrando el evaluado, según sus respuestas a los ítems previos. Las estimaciones del nivel de rasgo obtenidas en los distintos tests serán comparables a través de la escala común obtenida por TRI (Olea, Abad y Barrada, 2010).

## 2. PROBLEMÁTICA PROPUESTA Y CONTEXTO

Este TAI surge para dar respuesta a la necesidad de conocer el nivel de competencias en matemática de los estudiantes de ingreso del Ciclo Inicial Optativo Ciencia y Tecnología (CIO CyT) del Centro Universitario Regional del Este (CURE), con el fin de orientarlos en los cursos de Matemática a los que les conviene inscribirse según el desempeño alcanzado. El CIO CyT es una propuesta de formación en el área científico-tecnológica que habilita el ingreso y el reconocimiento de trayectorias para titulaciones en esta área. Sin embargo, se permite el ingreso con cualquier orientación de bachillerato. Esto hace que sea una opción muy atractiva para aquellos estudiantes que quieren cursar una carrera científico-tecnológica, pero que no han realizado el bachillerato específico. Por este motivo, además de las documentadas dificultades de los estudiantes en matemática al ingreso a la Universidad (Rodríguez, Díaz y Correa, 2014), resulta necesario conocer las competencias de los estudiantes con el fin de orientar su trayectoria.

El objetivo de la prueba, además de clasificarlos en distintos niveles de desempeño, es brindar orientación sobre el curso de Matemática que se le recomendaría tomar. La Comisión Responsable de este CIO decidió que aquellos que no obtuvieran suficiente en la prueba se les recomendaría inscribirse en "Introducción a los Métodos Matemáticos" y a aquellos que lograran el puntaje suficiente podrían tomar "Matemática I". El curso "Introducción a los Métodos Matemáticos" surge como una propuesta del Grupo Académico de Matemática, conformado por la Comisión Coordinadora del Interior, para brindar apoyo en matemática a los estudiantes de ingreso.

El desarrollo de este TAI se concretó reuniendo la investigación acumulada por distintos grupos e instituciones. El banco de ítems calibrados y la estimación de los niveles de la habilidad se tomaron del proceso de creación y validación de pruebas de evaluación diagnóstica al ingreso a la Universidad (Rodríguez, 2016 y 2017). El algoritmo que permite que la plataforma informatizada seleccione los

ítems progresivamente fue desarrollado por el Grupo de Psicología Matemática mediante un convenio entre la Facultad de Psicología y el CODICEN (Luzardo, Padula y Forteza, 2012). La creación del TAI, la utilización de la plataforma del Sistema de Evaluación de Aprendizajes (SEA) y el asesoramiento en su uso fue provista por la División de Investigación y Evaluación Educativa (DIEE) de ANEP-CODICEN y el Plan Ceibal.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

El principal objetivo de la creación y aplicación de este TAI fue obtener información confiable e inmediata del nivel de competencia matemática de los estudiantes de ingreso. Las evaluaciones diagnósticas que se venían realizando a esta población eran pruebas fijas aplicadas en el Entorno Virtual de Aprendizajes y su aplicación no era controlada (Rodríguez et al., 2015 y Fernández, Figueroa y Rodríguez, 2016). Esto hacía que fueran útiles para caracterizar a la población y tomar decisiones globales en torno a las políticas educativas, pero que no fueran los suficientemente confiables para dar información precisa sobre el nivel de desempeño de cada estudiante en particular. El TAI resuelve estos problemas.

### **4. METODOLOGÍA**

El TAI de Matemática fue diseñado en la plataforma SEA. El Sistema de Evaluación de Aprendizajes (SEA) se construye y desarrolla en el Departamento de Evaluación de la División Investigación, Evaluación y Estadística (DIEE) de la Dirección Sectorial de Planificación Educativa de la ANEP.

El SEA propone la aplicación de pruebas en línea, una modalidad de evaluación que ha sido posible debido a la infraestructura tecnológica instalada por el Plan Ceibal en los centros educativos. Las pruebas se aplican con computadora. Este formato en línea para la aplicación de las pruebas, además de posibilitar la cobertura nacional, ha permitido obtener resultados al instante que brindan información sobre algunos aspectos del aprendizaje para reflexionar e intervenir sobre la enseñanza.

Desde 2014 se comienzan a desarrollar pruebas de evaluación basada en estándares para evaluar la competencia matemática de los estudiantes de ingreso a la Udelar, que se aplican por primera vez a la cohorte de estudiantes que ingresaron al siguiente año en los centros universitarios regionales (Rodríguez et al., 2015). La metodología utilizada para el desarrollo de las pruebas implicó la creación y establecimiento de estándares de contenido a través de grupos de expertos. Se calcularon los índices de dificultad e índices de discriminación de cada ítem así como la distribución de las respuestas. Se halló el alfa de Cronbach de las pruebas para conocer su fiabilidad. Para estudiar la validez se analizó la unidimensionalidad de las pruebas. Se realiza un análisis de componentes principales con rotación varimax para determinar si las dimensiones a priori son unidimensionales. Se calculan las curvas características de los ítems (CCI) y los parámetros de dificultad y discriminación de cada cuadernillo de Matemática. Para calibrar las pruebas nos basamos en la TRI y se utilizó el modelo logístico de 2 parámetros. Se equipararon los dos cuadernillos de Matemática mediante ítems de anclaje usando el método de media y desviación (Rodríguez, 2017). Con el objetivo de establecer el punto de corte se optó por el método propuesto por García et al. (2013). Se clasificó a los estudiantes según su habilidad en tres niveles de desempeño (insuficiente, suficiente y avanzado).

Los ítems calibrados fueron ingresados a la plataforma SEA para que estuvieran disponibles. El banco consta de 76 ítems de múltiple opción que admite una sola respuesta correcta. Los ítems fueron calibrados en la aplicación de la prueba de evaluación diagnóstica 2015,

que se realizó en los centros universitarios del Interior siguiendo el procedimiento ya descrito (Rodríguez, 2017).

Como el test adaptativo se ajusta al nivel de cada estudiante, la modalidad de aplicación es dinámica, ya que la secuencia de preguntas depende de las respuestas que el estudiante va dando. Dependiendo de que conteste correctamente una pregunta, la prueba le ofrece una pregunta de mayor o menor dificultad. Se trata de una herramienta especialmente adecuada para evaluar aprendizajes de una población muy heterogénea. La aplicación se realiza desde la plataforma docentes.sea.edu.uy. La prueba debe ser seleccionada por el docente que la va a aplicar. Luego los estudiantes pueden ingresar a alumnos.sea.edu.uy, donde previamente fueron cargados con su cédula como identificador. Se les presentará la prueba con la cual interactúan hasta que la misma les informa que ya han finalizado. Paralelamente el docente puede monitorear la actividad del alumnos y observar si ha comenzado o finalizado.

El procedimiento para seleccionar los mejores ítems adaptados a la habilidad o rasgo de cada estudiante es un algoritmo que en Uruguay solamente posee la plataforma SEA de ANEP y fue desarrollado por el Grupo de Psicología Matemática mediante un convenio entre la Facultad de Psicología y el CODICEN (Luzardo, Padula y Forteza, 2012). La estimación del rasgo es necesaria para el funcionamiento del algoritmo adaptativo y se realiza mediante máxima verosimilitud cuando hay variabilidad en las respuestas y cuando se presenta acierto o error se hace por estimación bayesiana. De esta forma, automáticamente, la plataforma estima el rasgo de cada estudiante inmediatamente después de la respuesta a un ítem y le despliega otro ítem adaptado a su nivel de rasgo. Así funciona hasta que se obtienen las iteraciones necesarias para estimar el rasgo total, y por lo tanto, calcular la puntuación del estudiante en el test.

El docente puede finalizar el operativo al comprobar que todos los estudiantes han terminado. Automáticamente se generan los resultados de la misma, por lo que el docente podrá ver el nivel de desempeño de cada uno de los estudiantes según los niveles TAI predeterminados, que en nuestro caso fueron los puntos de cortes obtenidos por el método de García et al. (2013). Los resultados se presentan en una escala con base 500. Los estudiantes que obtuvieron hasta 562 puntos quedan clasificados en el nivel Insuficiente, los que obtuvieron más de 562 y hasta 706 se encuentran en el nivel Suficiente y los que obtuvieron más de 706 puntos quedaron clasificados en el nivel Avanzado. En la siguiente ilustración se muestran los niveles del TAI, tal como aparece en la plataforma SEA.

Puntaje Inicial	Puntaje Final	Descripcion	Descripcion Pedagogica
-1000	562	Insuficiente	
562	706	Suficiente	
706	2000	Avanzado	

Ilustración 1: Escala con puntos de corte.

La aplicación del TAI de Matemática se realizó en forma presencial el viernes 10 de marzo en las Sedes de Maldonado y Rocha, utilizándose las salas de Informática de cada Sede y los notebook disponibles.

## 5. RESULTADOS

Los resultados se presentaron individualizados por estudiante. El informe contenía información personal del estudiante (nombre, cédula de identidad, carrera en la que se inscribió, sede en la que cursa) y además, una descripción de las competencias según su desempeño en la prueba. En la siguiente ilustración se presenta un ejemplo de estos informes.

### INFORME DEL TEST ADAPTATIVO INFORMATIZADO DE MATEMÁTICA 2017

**Carrera:** CIO CyT

**Sede:** Maldonado

**Nombre:** GXXXX, RXXXX

**CI:** xxxxxxxx – 0

**Puntaje:** 681.29

#### **Competencias:**

- Puede operar con fracciones y agrupar usando paréntesis.
- Resuelve sistema de ecuaciones y desigualdades.
- Resuelve problemas cuya solución conduce a un sistema de ecuaciones lineales.
- Simplifica expresiones racionales que contengan factoriales.
- Resuelve problemas de conteo utilizando números combinatorios.
- Conoce las propiedades de los números reales.
- Opera con ecuaciones equivalentes.
- Es capaz de identificar el límite de una función en un punto de su dominio.
- Puede calcular el cociente incremental en un punto.
- Conoce las propiedades de los ángulos.
- Reconoce y determina la ecuación cartesiana de la recta y los semiplanos que determina.
- Interpreta gráfico de funciones con cierta complejidad.
- Puede utilizar el teorema de Pitágoras.
- Puede interpretar tablas y gráficos.
- Es capaz de calcular la media y mediana.
- Puede resolver problemas usando las propiedades de la probabilidad.

#### **Recomendación:**

Tiene las competencias necesarias para afrontar las exigencias del curso de Matemática I.

Ilustración 2: Informe del desempeño y competencias de un estudiante.

La información sobre el desempeño de cada estudiante en la prueba se brindó mediante informes personalizados para cada estudiante, como se muestra en la Ilustración 2, que se enviaron al Coordinador del CIO CyT. Este, a su vez, derivó la información a los tutores responsables de orientar la trayectoria de los estudiantes. Cada tutor tiene a su cargo un grupo con menos de diez estudiantes.

## **5.1. La utilización de la información para la orientación**

Estos informes estuvieron a disposición de los docentes tutores el lunes 13 de marzo, día que comenzó la tutoría. Los docentes tutores son responsables de realizar la orientación académica acerca de las trayectorias a cursar para cada estudiante. En relación con la trayectoria en el área de matemática los docentes tutores se basaron en estos informes personalizados de las competencias de sus estudiantes para orientarlos, definiendo, en función del informe y de la disponibilidad del estudiante qué trayectoria es la más adecuada.

## **6. CONCLUSIONES Y CONTRIBUCIONES**

Con la introducción de un test adaptativo informatizado previo al comienzo de los cursos se pudo determinar el nivel de desempeño de los estudiantes de ingreso. A partir de esto, los docentes tutores pudieron brindar orientación académica con base en un instrumento válido y fiable. Esto redundó en la mejora de la calidad de esta orientación, personalizándola y adaptando las trayectorias a las necesidades de cada estudiante, con el fin de lograr una mejora en sus desempeños posteriores en matemática. En este caso el objetivo no era obtener un informe con el desempeño de la población evaluada, sino contar con informes personalizados, por eso no se presentan los resultados desagregados por nivel de desempeño en relación con toda la población o cruzada por otro tipo de variable. Sin embargo, es posible hacerlo porque la plataforma permite descargar las bases para realizar los análisis que se consideren convenientes.

Oportunidades como esta permiten repensar el ingreso a la educación universitaria como un proceso dentro del continuo de la formación de un estudiante hacia la profesionalización. Esta forma de pensar supone una innovación en nuestro sistema educativo, donde los diferentes ciclos implican grandes cambios para el estudiante.

Por otra parte, debemos destacar que esta experiencia puso en articulación diversos actores e instituciones, donde cada uno de ellos aportó sus capacidades, experiencias y recursos para el logro del objetivo. Consideramos que en la temática de evaluación de aprendizajes es la única forma posible de avanzar y obtener instrumentos fiables y válidos, que aporten información útil y valiosa para la mejora de la calidad de la educación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Dr. Andrés Peri, a cargo de la Dirección de Investigación y Evaluación Educativa (DIEE) de ANEP por su apoyo al proyecto desde el primer momento. La autorización del Plan Ceibal para el uso de la Plataforma SEA fue imprescindible, por eso reconocemos la colaboración de la Ing. Soledad Félix por Ceibal y el Ing. Jorge Roure de Sote 360. Una mención especial dedicamos al Dr. Tabaré Fernández por impulsar activamente el Programa de Evaluación Diagnóstica en la Comisión Coordinadora del Interior, que permitió la calibración de los ítems, el desarrollo y la continuidad de esta línea de trabajo. Al Dr. Carlos Iglesias, Coordinador del CIO CyT, por plantearnos desafíos interesantes y confiar en que podemos resolverlos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- García, P.E.; Abad, F.J.; Olea, J. y Aguado, D. (2013). A new IRT-based standard setting method: Application to elath-Listening. *Psicothema*, 25 (2), 238-244.
- Luzardo, M., Padula, D. y Forteza, D. (2012) *Validación y documentación del algoritmo del TAI de Ciencias y Matemática*. Informe técnico. Montevideo: DIII-ANEP.
- Olea, J. y Ponsoda, V. (2003). *Tests Adaptativos Informatizados*. Madrid: UNED.
- Olea, J.; Abad, F.; Barrada, J.(2010). Tests informatizados y otros nuevos tipos de tests. *Papeles del Psicólogo*, 31 (1), 97-107.
- Rodríguez, P., Díaz, M. y Correa, A. (2014). Los aprendizajes al ingreso en un Centro Universitario Regional. *Intercambios*, 2(1), 91-100.
- Rodríguez, P., Carreño, G., Fernández, T., Figueroa, V. y Lorda, N. (2015). *Evaluación diagnóstica 2015 en Matemática y Lectura. Primer informe de resultados*. Montevideo: CCI.
- Rodríguez, P. (2016). *Creación y establecimiento de estándares para la evaluación de la calidad de la educación superior: Un modelo adaptado a los centros universitarios de la Udelar* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:Educacion-Pcrodriguez>.
- Rodríguez, P. (2017). Creación, desarrollo y resultados de la aplicación de pruebas de evaluación basadas en estándares para diagnosticar competencias en Matemática y Lectura al ingreso a la Universidad. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 10(1), 89-107.