

# SOFTWARE, INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

## ANATRI 1.0: REPRESENTACIÓN DE FUNCIONES CARACTERÍSTICAS DE ÍTEMS DICOTÓMICOS Y POLITÓMICOS

Pedro M. Hontangas, Vicente Ponsoda\*, Julio Olea\* y Javier Revuelta\*

Universitat de València, \* Universidad Autónoma de Madrid

El programa ANATRI permite estudiar varios modelos de Teoría de la Respuesta al Ítem para ítems dicotómicos y politómicos. Los modelos para ítems dicotómicos incluidos son los denominados como de 1, 2, 3 y 4 parámetros, en sus versiones normal y logística. Los modelos para ítems politómicos son el modelo de respuesta graduada, el modelo de crédito parcial y el modelo de respuesta nominal. El usuario selecciona el modelo y especifica los parámetros de uno o varios ítems. Mediante el programa se obtienen las curvas características de los ítems y, en su caso, las funciones de regresión asociadas a las diversas segmentaciones. Permite analizar en profundidad las propiedades particulares de los ítems, con lo que se facilita la didáctica de los diferentes modelos.

*ANATRI 1.0: representation of dichotomous and polytomous item characteristic functions.* The ANATRI program helps the user in studying dichotomous and polytomous Item Response Theory models. Normal and logistic versions for the 1-, 2-, 3- and 4-parameter models are included. Three polytomous models (Partial Credit, Nominal Response and Graded Response) are also available. The user chooses the model and specifies its parameters for one or more items. Items characteristic (or operating characteristic) curves are depicted. A deep analysis of just one item is also possible. This option allows a better understanding of peculiarities of each model.

La Teoría de la Respuesta al Ítem (TRI) es en la actualidad la teoría dominante en la investigación psicométrica. En nuestro país en los últimos años han ido apareciendo sucesivos manuales en castellano que la difunden (v.gr. Muñiz,

1990, 1996; Santisteban, 1990; Tomás, Oliver y Meliá, 1992, López Pina, 1995; Martínez Arias, 1995), habiendo logrado más relevancia en los planes de estudio y en la formación de los psicólogos. Aunque cabe esperar que paulatinamente se vaya abriendo paso en las actividades de evaluación de los profesionales (quizás cuando lo sean las recientes generaciones de estudiantes de Psicología), por el momento su impacto es todavía muy escaso.

---

Correspondencia: Pedro M. Hontangas  
Facultad de Psicología  
Universitat de València  
46010 Valencia (Spain)  
E-mail: pedro.m.hontangas@uv.es

La complejidad matemática de la TRI es una de las razones que explican su escasa utilización fuera del marco de la investigación universitaria.

En este artículo se describe una parte de un proyecto más amplio cuyo objetivo es elaborar un paquete informático que presente de manera didáctica los principales aspectos de la TRI, teniendo utilidades docentes e investigadoras de diversa índole. En este trabajo se presenta solamente el módulo de representación de las funciones características de los ítems, si bien se encuentran en desarrollo, entre otros aspectos, los módulos relativos al análisis de las funciones de información, a la descripción de patrones de respuesta y estimación de la habilidad de los sujetos, a la representación de curvas características del test y a la generación de datos simulados.

Una de las primeras aportaciones a la didáctica de la TRI es el trabajo de Baker (1985), quien presenta un manual introductorio acompañado de un programa para realizar prácticas, inicialmente en ordenadores Apple II. Reconociendo la originalidad de su planteamiento, que constituye el punto de partida del presente proyecto, contiene sin embargo varias limitaciones. La principal es el reducido número de modelos que trata, pues se centra básicamente en el modelo logístico para ítems dicotómicos. Además, alguna de las opciones que incluye no resultan suficientemente flexibles. En un contexto similar, se pretende elaborar un programa que ofrezca al usuario más flexibilidad, de modo que pueda manipular y comparar diferentes modelos, métricas y valores de los parámetros, con varios ítems simultáneamente. El programa ofrece también la posibilidad de analizar un mayor número de modelos dicotómicos, así como algunos de los modelos de ítems politómicos más utilizados.

## Descripción del programa

### *Características generales*

ANATRI (Análisis de ítems desde la Teoría de la Respuesta al Ítem) ha sido desarrollado con el lenguaje VisualBasic v.3 y funciona en ordenadores con entorno gráfico o sistema operativo Windows. No necesita coprocesador matemático, aunque es recomendable porque incrementa la rapidez de las representaciones.

Tiene una estructura de menús y cuadros de diálogo de fácil manejo. Los dos principales menús dan acceso a diferentes modelos de ítems dicotómicos y politómicos; estos, a su vez, activan otras opciones más específicas. Se pueden representar hasta 10 ítems simultáneamente. El número se podría ampliar, aunque es preferible mantenerlo en esta cantidad porque la visualización resulta tanto más confusa cuantos más ítems se incluyen (en los modelos politómicos se llega a esta situación cuando se usan más de dos o tres ítems con un número elevado de categorías). Los valores de los parámetros se pueden introducir directamente desde el teclado o se pueden manipular con el ratón mediante un dial, ofreciendo suficiente flexibilidad y comodidad. La precisión utilizada es de dos decimales y en todos los casos se controla la introducción de valores no admisibles. Existen diversas opciones para estudiar las propiedades de ítems aislados, aunque se pueden analizar varios de ellos simultáneamente.

El programa está dotado de una breve ayuda sensible al contexto, en la que se describen las principales características de cada modelo. Además, durante la ejecución se presentan mensajes que indican al usuario lo que tiene que hacer y, en caso de cometer algún error, la manera de subsanarlo.

### *Descripción de los modelos dicotómicos*

El programa incluye una amplia gama de modelos para ítems dicotómicos (ta-

bla 1). Los modelos considerados son los denominados como de 1, 2, 3 y 4 parámetros, tanto en sus versiones normales como logísticas (Lord, 1952; Rasch, 1960; McDonald, 1967; Birnbaum, 1968; Barton y Lord, 1981). Alguno de los modelos incluidos no tiene aplicación práctica (v.gr., el modelo de 4 parámetros carece de métodos adecuados para estimar los parámetros), aunque se han incorporado por su interés teórico y pedagógico. En el cálculo de la función de distribución del modelo normal se emplea el al-

goritmo de aproximación de Hastings (Cook, Craven y Clarke, 1982). Para apreciar mejor la equivalencia entre modelos, las curvas características pueden representarse en métrica normal o en métrica logística.

El proceso de elaboración de un gráfico consiste en asignar valores a los parámetros definidos en cada modelo. El rango de valores permitido está entre 0 y 4 para el parámetro de discriminación (a), entre -4 y 4 para el parámetro de dificultad (b), entre 0 y g para el parámetro de pseudo-azar (c), entre c y 1 para el parámetro de descuido (g) y entre -5 y 5 para el parámetro de habilidad (se ofrece un rango de representación algo mayor que la dificultad para facilitar la visualización de funciones con valores extremos). Las curvas características se identifican con números y colores diferentes.

El menú de opciones ofrece las siguientes posibilidades:

- \* Elección del modelo (normal o logístico).
- \* Mostrar los valores de los parámetros de los ítems representados.
- \* Ofrecer una breve descripción de cada modelo.
- \* Estudio detallado de un ítem. El programa calcula la probabilidad de acierto que corresponde al nivel de habilidad que se especifique. También muestra sus asíntotas, la probabilidad que corresponde a los valores b-0.5 y b+0.5, y los niveles de habilidad asociados a P(b)-0.125 y P(b)+0.125. Estos recursos permiten apreciar el cambio de las probabilidades y las habilidades en rangos cercanos a b cuando se varían los restantes parámetros de los ítems, algo especialmente interesante, por ejemplo, para facilitar la comprensión del parámetro de discriminación.

MODELOS LOGISTICOS	
1 parámetro	$P_i(\theta_j) = \frac{e^{D(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{D(\theta_j - b_i)}}$
2 parámetros	$P_i(\theta_j) = \frac{e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}$
3 parámetros	$P_i(\theta_j) = c_i + (1 - c_i) \frac{e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}$
4 parámetros	$P_i(\theta_j) = c_i + (g_i - c_i) \frac{e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{D a_i(\theta_j - b_i)}}$
MODELOS NORMALES	
1 parámetro	$P_i(\theta_j) = \int_{-\infty}^{\theta_j - b_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$
2 parámetros	$P_i(\theta_j) = \int_{-\infty}^{a_i(\theta_j - b_i)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$
3 parámetros	$P_i(\theta_j) = c_i + (1 - c_i) \int_{-\infty}^{a_i(\theta_j - b_i)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$
4 parámetros	$P_i(\theta_j) = c_i + (g_i - c_i) \int_{-\infty}^{a_i(\theta_j - b_i)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$
<p><math>P_i(\theta_j)</math>... probabilidad de acertar el ítem i con un nivel de habilidad <math>\theta_j</math>  <math>\theta_j</math>... nivel de habilidad del sujeto  <math>a_i</math>... discriminación del ítem i  <math>b_i</math>... dificultad del ítem i  <math>c_i</math>... adivinación del ítem i  <math>g_i</math>... descuido del ítem i  <math>e</math>... base de los logaritmos naturales (2,718)  <math>D</math>... constante de escalamiento (1,702)  <math>\pi</math>... razón entre circunferencia y diámetro (3,142)</p>	

Tabla 1. Modelos dicotómicos

*Descripción de los modelos politómicos*

ANATRI incluye tres tipos de modelos unidimensionales de rasgo latente para respuestas (nominales y ordinales) a ítems politómicos, es decir, aquellos con k categorías de respuesta (siendo k>2): el modelo de respuesta graduada de Samejima (1969), el modelo de crédito parcial de Masters (1982) y el modelo de respuesta nominal de Bock (1972). Las características de cada uno se describen brevemente en las tablas 2, 3 y 4.

En el modelo respuesta graduada se pueden representar ítems que tienen hasta 7 categorías de respuesta. Admite la posibilidad de seleccionar un modelo normal o un modelo logístico y el ajuste de su métrica. Los parámetros que deben especificarse son: un parámetro de discriminación (común a las k-1 curvas asociadas a las diferentes segmentaciones entre categorías) y k-1 parámetros de dificultad en orden creciente. La representación consta de dos partes: a) En un primer gráfico se muestran las k-1 curvas características (pudiéndose solicitar adicionalmente que se dibujen las líneas que indican su localización); b) En un segundo gráfico se presenta, para cada nivel de habilidad, la probabilidad de contestar a cada una de las categorías individualmente.

$P_{ik}(\theta_j) = P_{ik}^*(\theta_j) - P_{ik+1}^*(\theta_j)$
<p>Logístico: <math display="block">P_{ik}^*(\theta_j) = \frac{e^{D a_i(\theta_j - b_{ik})}}{1 + e^{D a_i(\theta_j - b_{ik})}}</math></p>
<p>Normal: <math display="block">P_{ik}^*(\theta_j) = \int_{-\infty}^{a_i(\theta_j - b_{ik})} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz</math></p>
<p><math>P_{ik}(\theta_j)</math>... probabilidad de responder en la alternativa k del ítem i con un nivel de habilidad <math>\theta_j</math></p>
<p><math>P_{ik}^*(\theta_j)</math>... probabilidad de responder en la alternativa k o por encima del ítem i con un nivel de habilidad <math>\theta_j</math></p>
<p><math>\theta_j</math>... nivel de habilidad del sujeto</p>
<p><math>a_i</math>... discriminación del ítem i</p>
<p><math>b_{ik}</math>... parámetros de dificultad del ítem i</p>

Tabla 2. Modelo de respuesta graduada

$P_{ik}(\theta_j) = \frac{e^{\left[\sum_{s=0}^k (\theta_j - b_{is})\right]}}{\sum_{k=0}^m e^{\left[\sum_{s=0}^k (\theta_j - b_{is})\right]}}$
<p><math>P_{ik}(\theta_j)</math>... probabilidad de superar la etapa k del ítem i con un nivel de habilidad <math>\theta_j</math></p>
<p><math>\theta_j</math>... nivel de habilidad del sujeto</p>
<p><math>b_{is}</math>... dificultad en la etapa s del ítem i</p>

Tabla 3. Modelo de crédito parcial

En el modelo de crédito parcial se admiten ítems que se pueden descomponer en 6 etapas como máximo para alcanzar la solución, debiendo definir de nuevo el parámetro de discriminación y los k-1 parámetros de dificultad asociados con la transición de una categoría a la siguiente. La representación gráfica incluye las curvas para cada una de las categorías de respuesta.

Por último, en el modelo de respuesta nominal se pueden analizar ítems hasta con 6 categorías de respuesta, debiendo asignar valores numéricos congruentes con el modelo para los parámetros de discriminación e interceptales (en ambos casos, tantos como categorías). Se representan las curvas de las categorías y se proporciona una tabla con los valores que corresponden a los puntos de corte.

$P_{ik}(\theta_j) = \frac{e^{(c_{ik} + a_{ik}\theta_j)}}{\sum_{k=1}^m e^{(c_{ik} + a_{ik}\theta_j)}}$
<p><math>P_{ik}(\theta_j)</math>... probabilidad de responder a la categoría k del ítem i con un nivel de habilidad <math>\theta_j</math></p>
<p><math>\theta_j</math>... nivel de habilidad del sujeto</p>
<p><math>a_{ik}</math>... discriminación del ítem i en la categoría k</p>
<p><math>c_{ik}</math>... interceptal del ítem i en la categoría k</p>

Tabla 4. Modelo de respuesta nominal

*Disponibilidad del programa*

Las personas interesadas en el programa pueden obtener una copia gratuita, junto a un

breve manual de funcionamiento, enviando un disco formateado y sobre franqueado a Pedro M. Hontangas Beltrán, Facultad de Psicología, Universidad de Valencia, Avda. Blasco Ibáñez, 21, 46.011 - Valencia.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por un beca de la DGICYT (PS95-0046).

## Referencias

- Baker, F.B. (1985). *The basics of ítem response theory*. Portsmouth, NH : Heinemann.
- Barton, M.A. y Lord, F.M. (1981). An upper asymptote for the three parameter logistic ítem response model. *Research Bulletin*. Princeton NJ: Educational Testing Services.
- Birnbaum, A. (1968). Some latent trait models and their use in inferring a examinee's ability. En F.M. Lord y M. Novik, *Statistical theories of mental test scores*. Reading Mass: Addison-Wesley.
- Bock, R.D. (1972). Estimating ítem parameters and latent ability when responses are scored in two o more nominal categories. *Psychometrika*, 37, 29-51.
- Cook, D., Craven, A.H. y Clarke, G.M. (1982). *Basic statistical computing*. Edward Arnold: London.
- López Pina, J.A. (1995). *Teoría de la respuesta al ítem: fundamentos*. Barcelona: PPU.
- Lord, F.M. (1952). A theory of tests scores. *Psychometric Monographs*, 7.
- Martínez Arias, R. (1995). *Psicometría: teoría de los tests psicológicos y educativos*. Madrid: Síntesis.
- Masters, G.N. (1982). A Rach model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47, 149-174.
- McDonald, R.P. (1967). Non-linear factor Análisis. *Psychometric Monographs*, 15.
- Muñiz, J. (1990). *Teoría de la respuesta a los ítems*. Madrid: Pirámide.
- Muñiz, J. (1996). *Psicometría*. Madrid: Universitat.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhage, The Danish Institute for Educational Research.
- Samejima, F. (1969). Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometrika Monographs*, 17.
- Santisteban, C. (1990). *Psicometría: teoría y práctica en la construcción de tests*. Madrid: Norma.
- Tomás, J.M., Oliver, A. y Meliá, J.L. (1992). *Teoría de la respuesta al ítem: fundamentos, modelos y aplicaciones*. Valencia: Cristóbal Serrano.

Aceptado el 23 de julio de 1997

