

AMPLIACIÓN DEL MODELO DE RASCH: OBTENCIÓN DE MEDIDAS CON DATOS NO CATEGÓRICOS

Pedro Alvarez Martínez (palvarez@unex.es)

ECONOMÍA APLICADA.
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS.
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
AVDA DE ELVAS S/N 06006 BADAJOZ ESPAÑA

RESUMEN

El presente trabajo trata de la aplicación del modelo de Rasch construyendo variables o constructos que no están definidos por respuestas humanas a test o encuestas, sino que son medidas con unidades físicas, químicas, monetarias, etc. El objetivo es demostrar la consolidación de distintas medidas en un constructo global sacando provecho de las independientes medidas físicas. El procedimiento requiere cifrar las medidas físicas a una escala común unidimensional aplicando el modelo de Rasch, mediante la transformación de datos no categóricos en categóricos.

Se presentan tres casos en los que los datos no categóricos corresponden a tres tipologías distintas. Cuando los datos son generados por instrumentos de medidas experimentales precisos y expresados en unidades de distinta naturaleza: medida de la contaminación atmosférica; cuando los datos son de naturaleza distinta: medida del desarrollo humano; y cuando los datos están expresados en la misma unidad de medida: medida del consumo alimenticio, hábitos alimenticios.

PALABRAS CLAVE: Constructo. Datos no categóricos. Modelo de Rasch. Contaminación atmosférica. Desarrollo humano. Consumo alimenticio.

INTRODUCCIÓN

La variable latente o constructo teórico que el modelo de Rasch trata de medir es un referente unificador o marco de referencia común. El modelo de Rasch no solo se puede aplicar a datos que son respuestas humanas a tests o encuestas, sino también a datos generados por agentes medidos en unidades lineales y la medida no son de personas sino de objetos inanimados. Hay constructos que están definidos por diferentes ítems expresados en distintas unidades, por ejemplo, el índice de masa corporal, es un constructo basado en medidas lineales simultáneas de peso y altura.

Una característica clave de estos constructos es la amalgama de medidas no categóricas o conteo que conceptualmente están relacionados con la hipótesis del marco de referencia unificador. Sus unidades independientes, que no están relacionadas, son categorizadas con rango de escala uniforme y transformadas en unidades comunes “logits” con la medida de Rasch.

Mientras que la conversión de medidas no categóricas a un rango de escala común de categorías es lógicamente posible, surge una cuestión acerca de la falta de sentido. Si varios agentes son medidos originalmente en unidades científicas de naturaleza fundamentalmente diferente, no es tan obvio interpretarlos como “raw scores” o rangos. Uno legítimamente piensa en una situación similar a la de cómo sumar peras con naranjas. Afortunadamente la falta de sentido de estas medidas se deriva de su relación probabilística con un dominante constructo teórico- su convergencia empírica a un invariante, estructura unidimensional.

Si los agentes tienen a priori una relación conceptual con un abstracto, constructo hipotético, entonces su reformulación empírica como categorías ordenadas libera a estos agentes de su anterior restricción métrica (Álvarez 2005).

Describiendo estos agentes en términos de rango de categorías uniformes, tal que altos valores de agentes serían equivalentes a altas categorías, y bajo valores a bajas categorías o niveles, agentes y dimensiones que no estaban relacionados adquieren ahora un orden común. Valores categóricos intermedios se obtienen por interpolación.

Mediante esta manipulación numérica, la escala de cantidades pueden ser expresadas en un rango de escala de mayor a menor.

La racionalidad para el cambio no categórico en medidas continuas a una escala ordenada de categorías es un convencimiento fundamental que estas medidas estén relacionadas con un constructo global, y un deseo por comprender mejor las interrelaciones en este constructo. Por otra parte, un marco común numérico, ofrece útiles ventajas. Por ejemplo, cifrar variables no categóricas en un rango de escala común y estimar después parámetros de modelo unidimensional, subordina numéricamente las disparidades entre variables en sus relaciones ordenadas a un constructo común.

Los resultados de este planteamiento en establecer una magnitud lineal (con mayor o menor intensidad) de forma que tenga sentido su posición en la escala y proporcionar una unidad común para sus medidas. Dado que el rango de escala se aplica a un constructo abstracto igualmente para todos los agentes, un sencillo conteo establece una correspondencia biunívoca entre los elementos de un conjunto. Ya que todos los agentes están presentes, cada uno alcanza un máximo y un mínimo en el constructo y tendrán el mismo número de valores intermedios entre estos extremos.

Mediante una operación de conteo, se puede establecer una correspondencia biunívoca entre los valores de los agentes y su presencia en el constructo, mientras que su transformación con el modelo de Rasch establece una métrica uniforme.

¿Como se lleva a cabo este procedimiento? Una forma de asignar cifras a datos no categóricos es como a continuación se detalla: La magnitud más pequeña para cada agente se le asigna la categoría o nivel mínimo de presencia "1". A continuación se asigna la categoría o nivel más alto de presencia, $(1+\max)$, a la magnitud más grande de cada agente. De forma que, una presencia de $(n+3)$ del constructo para un agente coincide con una presencia de $(n+3)$ para otro ítem, aunque sus cantidades originales en la escala obviamente difieren. Lógicamente, una presencia de $(n+7)$ para un agente implica más presencia que $(n+3)$ de otro agente en el constructo. Aunque la escala origen para la cantidad $(n+7)$ puede ser menor que la que da origen a $(n+3)$, las categorías obliga a los diferentes agentes a una estructura uniforme.

En general, se trata de que las escalas del agente A que signifique más presencia que del agente B donde $B < A$, se puedan comparar en términos de raw score, independientemente de sus unidades originales. Aplicando el modelo de Rasch transforma estas distinciones categóricas entre agentes en intervalos iguales de unidades comunes.

Se presentan tres casos en los que los datos no categóricos corresponden a tres tipología distintas:

- a) Los datos han sido generados por instrumentos de medida experimentales precisos y expresados en unidades de medidas de distinta naturaleza, por ejemplo, la contaminación atmosférica.
- b) Los datos son de naturaleza distintas, por ejemplo, el desarrollo humano.
- c) Los datos están expresados en la misma unidad de medida, por ejemplo, gastos en el consumo alimenticio.

FORMULACIÓN DE RASCH PARA LA MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

La contaminación atmosférica es contemplada como un constructo (Álvarez y Ramiro, 1993) definido por determinados ítems que recogen datos que han sido generados por aparatos precisos de medición y están expresados en unidades de medidas de distinta naturaleza.

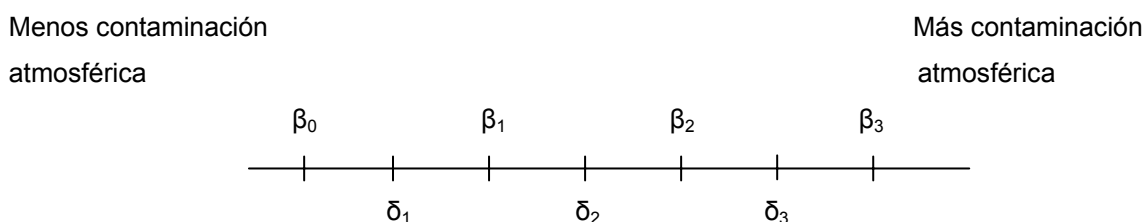
Como cualquier otra variable latente X_{ni} puede ser considerada como una línea recta a lo largo de la cual los ítems δ_i (agentes contaminantes) y las localizaciones urbanas, β_n , son ubicados (Wright, y Stone, 1979). La línea va de menos contaminación atmosférica a más para cualquier localización urbana y operacionalmente está definida por cinco agentes contaminantes previamente seleccionados. Cuanto más a la derecha esté situado un punto mayor es la contaminación.

Una forma de establecer la ubicación apropiada de la localización urbana a lo largo de la línea en términos de los ítems, representando simultáneamente la contaminación de los puntos de muestra relacionados con los agentes contaminantes, es como sigue: por ejemplo, X_{01} , X_{02} , X_{03} y X_{04} , quiere decir que los agentes contaminantes δ_1 , δ_2 , δ_3 y δ_4 han sido medidos en la localización urbana β_0 . En este marco de referencia, cualquier agente contaminante tiene alguna probabilidad de aparecer en cualquier localización urbana, y el problema de medida es representar sus diferencias lineales en forma probabilística aditiva, igual escala de intervalo.

Si en una localización urbana β_n se ha detectado todos los agentes contaminantes δ_i , entonces β_n se ubicará a la derecha de estos δ_i . Por el contrario, si los agentes no son detectados, entonces β_n se ubicará a la izquierda de todos los δ_i .

En la figura 1, la localización β_0 no sobrepasa a ningún agente; la localización β_1 solo sobrepasa al agente δ_1 ; la localización β_2 sobrepasa a los agentes δ_1 y δ_2 ; y la localización β_3 sobrepasa a los tres agentes. Por tanto, β_0 es la localización con la menor contaminación atmosférica y β_3 es la localización con la mayor contaminación atmosférica. El agente δ_1 no afecta a la localización β_0 y sí afecta a las localizaciones β_1 , β_2 y β_3 . El agente δ_2 no afecta a las localizaciones β_0 y β_1 y sí afecta a las localizaciones β_2 y β_3 . Finalmente, el agente δ_3 no afecta a las localizaciones β_0 , β_1 y β_2 y sí afecta a la localización β_3 . Por consiguiente, δ_1 es más frecuente que el δ_2 , y éste más frecuente que el δ_3 .

Figura 1



Las mediciones de los agentes contaminantes se han llevado a cabo en 60 localizaciones urbanas y transformadas en categorías (Álvarez, Morán y Wright, 1993) como se indica en la tabla 1.

Tabla 1

Conversión de las medidas de los contaminantes en categorías

SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO (ppm)	CO (ppm)	Ruidos (dB)	Escala de las categorías
0	0	0	0	(50 - 58,33]	0
0.1	(0 - 0.12]	(0 - 0.56]	(0 - 8.4]	(58.33 – 66.66]	1
0.2	(0.12 – 0.24]	(0.56 – 1.12]	(8.4 – 16.8]	(66.66 – 74.99]	2
0.3	(0.24 – 0.36]	(1.12 – 1.68]	(16.8 – 25.2]	(74.99 – 83.32]	3
0.4	(0.36 – 0.48]	(1.68 – 2.24]	(25.2 – 33.6]	(83.32 – 91.65]	4
0.5	(0.48 – 0.60]	(2.24 – 2.80]	(33.6 – 42]	(91.65 - 100]	5

Los datos han sido procesados con el programa Winsteps (Wright y Linacre, 2002). Los resultados de la Tabla 2 muestran la contaminación de las localizaciones urbanas, y que corresponde fundamentalmente al tráfico rodado. Las localizaciones más contaminadas son encrucijadas donde se ubican varios semáforos. Las menos contaminadas son los parques. Las medidas obtenidas son utilizadas en un Sistema de Información Geográfica (GIS) obteniéndose mapas de distribución de la contaminación atmosférica (Moral, Álvarez y Canito 2005).

Tabla 2

Resultados tras aplicar el modelo de Rasch. De las 60 localizaciones solo se muestran las primeras y las últimas localizaciones urbanas contaminadas.

Number (β_n)	Location	Raw score	Measure
51	Plaza Dragones	24	74.9
8	Venero	22	68.4
28	Puente Viejo	20	64.5
34	Plaza Minayo	19	62.8
43	Puente S. Roque	19	62.8
9	Cruce Olivenza	18	61.2
52	Plz. Constitución	18	61.2
18	Cruce Sevilla	17	59.7
20	Hotel Río	16	58.1
...
36	Plaza Soledad	9	45.6
39	Isidro Pacense	9	45.6
54	Fco. Luján	9	45.6
1	E. II.II.	8	43.3
4	Avda. Sinfor.	8	43.3
44	Parque Legión	8	43.3
45	Plaza Huelva	8	43.3
47	Antonio Cuéllar	8	43.3
56	Plaza Conquistad.	8	43.3

El ruido y el NO₂ son los agentes contaminantes que más influyen.

Tabla 3

Influencia de cada agente contaminante según su medida.

Pollutant	Raw score	Measure
Noise	175	114.5
NO ₂	164	131.3
NO	153	139.8
CO	125	152.3
SO ₂	123	175.4

FORMULACIÓN DE RASCH PARA LA MEDIDA DEL DESARROLLO HUMANO

El constructo desarrollo humano X_{ni} puede ser considerado como una línea recta a lo largo de la cual se ubican los ítems δ_i que definen el desarrollo y los países, β_n . La línea va de menos desarrollo a más para cualquier país, y operacionalmente está definida por tres indicadores (ítems): Tasa de alfabetismo adulto, esperanza de vida al nacer y producto interior bruto per capita ajustado en dólares (Morán y Álvarez, 2001).

Una forma de establecer la ubicación apropiada de los países a lo largo de la línea en términos de los ítems, representando simultáneamente el desarrollo de los países relacionados con los indicadores, es como sigue: por ejemplo, X_{01} , X_{02} y X_{03} , quiere decir que los indicadores δ_1 , δ_2 y δ_3 han sido contemplado en el país β_0 .

Si un país β_n ha superado el nivel de un determinado indicador δ_i , entonces β_n se ubicara a la derecha de estos δ_i . Por el contrario, si los niveles no son superados, entonces β_n se ubicara a la izquierda de todos los δ_i .

En la Figura 2, el país β_0 no ha alcanzado ninguno de los niveles de los indicadores; el país β_1 solo alcanza el nivel establecido por el indicador δ_1 ; el país β_2 alcanza los niveles de los indicadores δ_1 y δ_2 ; y el país β_3 alcanza los niveles de los tres indicadores. Por tanto, β_0 es el país con menor desarrollo y β_3 es el país con mayor desarrollo. El nivel del indicador δ_1 no es alcanzado por el país β_0 y sí es alcanzado por los países β_1 , β_2 y β_3 . El nivel del indicador δ_2 no es alcanzado por los países β_0 y β_1 y sí por los países β_2 y β_3 . Finalmente, el nivel del indicador δ_3 no es alcanzado por los países β_0 , β_1 y β_2 y sí por el país β_3 . Por consiguiente, δ_1 es la más frecuente que el δ_2 , y éste más frecuente que el δ_3 .

Figura 2



Esta representación muestra que el país β_0 es el de menor desarrollo y el país β_3 es el de mayor desarrollo. El país β_2 está más desarrollado que los países β_0 y β_1 y menos que β_3 .

Los datos originales han sido transformados en 10 categorías y procesados por el programa Winsteps.

A continuación se muestra la tabla del orden de medida del desarrollo de los indicadores y de los países

Tabla 4

ESTADISTICA DE LOS INDICADORES: ORDEN DE MEDIDA

ENTRY NUM	RAW		MEASURE	ERROR	INFIT		OUTFIT		PTBIS	INDICADORES
	SCORE	COUNT			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
3	705	125	52.2	.4	1.00	.0	1.05	.4	.80	PIB GNP/persona
1	735	125	51.2	.4	.46	-4.1	.49	-4.0	.92	Esperanza de vida
2	862	125	46.6	.4	1.35	2.6	1.24	1.7	.79	Alfabetismo adulto
MEAN	767.	125.	50.0	.4	.93	-.5	.92	-.6		
S.D.	68.	0.	2.5	.0	.37	2.7	.32	2.4		

Los niveles más compartidos son los correspondientes al alfabetismo adulto. Este indicador es más homogéneo entre los países que el de la esperanza de vida y el PIB

Tabla 5

ESTADISTICAS DE LOS PAISES: ORDEN DE MEDIDA

ENTRY NUM	RAW		MEASURE	ERROR	INFIT		OUTFIT		PTBIS	COUNTRIES
	SCORE	COUNT			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
125	27	3	74.4	6.7	MAXIMUM	ESTIMATED	MEASURE			Norvege
126	27	3	74.4	6.7	MAXIMUM	ESTIMATED	MEASURE			Canada
128	27	3	74.4	6.7	MAXIMUM	ESTIMATED	MEASURE			Suisse
129	27	3	74.4	6.7	MAXIMUM	ESTIMATED	MEASURE			Suede
130	27	3	74.4	6.7	MAXIMUM	ESTIMATED	MEASURE			Japon
108	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	Hong Kong
112	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	USA
115	26	3	70.8	4.9	.54	-.4	.46	-.5	.64	Spagne
116	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	Belgique
119	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	Allemagne, Rep. Feder.
120	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	Finlande
122	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	Danemark
123	26	3	70.8	4.9	.73	-.2	.64	-.3	.33	France
127	26	3	70.8	4.9	.54	-.4	.46	-.5	.64	Pays Bas
96	25	3	66.8	3.7	.87	-.1	.95	.0	-.65	Singapour
111	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Israel
113	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Autriche
114	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Irlande
117	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Italie
118	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Nouvelle Zelande
121	25	3	66.8	3.7	.12	-.9	.17	-.9	.98	Royaume Uni

Modelos de Rasch en Administración de Empresas

88	23	3	62.3	2.8	3.24	2.7	4.04	3.6	-.99	Koweit
95	23	3	62.3	2.8	.15	-1.0	.15	-1.0	.64	Portugal
103	23	3	62.3	2.8	.93	-.1	.92	-.1	.86	Costa Rica
105	23	3	62.3	2.8	.34	-.8	.44	-.7	.98	URSS
106	23	3	62.3	2.8	.34	-.8	.44	-.7	.98	Tchecoslovaquie
92	22	3	60.7	2.6	1.71	.9	1.64	.8	.80	Cuba
94	22	3	60.7	2.6	.56	-.5	.67	-.4	.99	Trinite-et-Tobago
90	21	3	59.3	2.5	1.09	.1	1.16	.2	.94	Roumanie
91	21	3	59.3	2.5	.09	-1.1	.09	-1.1	.94	Mexique
93	21	3	59.3	2.5	.09	-1.1	.09	-1.1	.94	Panama
77	20	3	58.0	2.4	2.91	2.4	3.30	2.9	-.99	Emirats Arabes Unis
81	20	3	58.0	2.4	.48	-.6	.45	-.7	.86	Maurice
83	20	3	58.0	2.4	.48	-.6	.45	-.7	.86	Sri-lanka
75	19	3	56.7	2.3	.26	-.9	.28	-.9	.99	Ecuateur
76	19	3	56.7	2.3	.26	-.9	.28	-.9	.99	Iraq
78	19	3	56.7	2.3	.26	-.9	.28	-.9	.99	Thailande
79	19	3	56.7	2.3	.26	-.9	.28	-.9	.99	Paraguay
80	19	3	56.7	2.3	.04	-1.2	.05	-1.2	.98	Brasil
82	19	3	56.7	2.3	1.13	.2	1.08	.1	.80	Coree Rep. Pop. Dem.
84	19	3	56.7	2.3	1.13	.2	1.08	.1	.80	Albanie
66	18	3	55.6	2.3	.71	-.4	.73	-.3	.17	Chine
67	18	3	55.6	2.3	1.04	.1	1.02	.0	-.19	Jamahiriya A.Libyenne
69	18	3	55.6	2.3	.05	-1.2	.05	-1.2	.94	Liban
71	18	3	55.6	2.3	.39	-.8	.42	-.7	.98	Nicaragua
73	18	3	55.6	2.3	.05	-1.2	.05	-1.2	.94	Jordanie
74	18	3	55.6	2.3	.39	-.8	.42	-.7	.98	Perou
62	17	3	54.5	2.2	1.05	.1	1.12	.2	-.98	Syrienne, Rep. Arabe
63	17	3	54.5	2.2	.36	-.8	.34	-.8	.86	Rep. Dominicaine
64	17	3	54.5	2.2	3.94	3.7	4.02	3.8	-.82	Arabie Saoudite
19	7	3	42.8	2.7	4.95	4.6	4.51	4.1	.94	Ethiopie
22	7	3	42.8	2.7	.86	-.2	1.02	.0	.32	Angola
23	7	3	42.8	2.7	.86	-.2	.86	-.2	-.65	Bangladesh
24	7	3	42.8	2.7	.01	-1.1	.01	-1.1	.98	Nigeria
26	7	3	42.8	2.7	.73	-.3	.68	-.4	-.34	Liberia
16	6	3	41.0	2.9	.36	-.7	.39	-.7	.76	Red. Centrafricaine
25	6	3	41.0	2.9	1.92	1.0	1.84	1.0	-.94	Yemen, Rep. Arabe
11	5	3	39.0	3.1	.20	-.9	.22	-.9	.64	Burundi
12	5	3	39.0	3.1	1.05	.1	.97	.0	-.98	Bhoutan
13	5	3	39.0	3.1	.44	-.6	.41	-.7	.98	Mozambique
14	5	3	39.0	3.1	.44	-.6	.41	-.7	.98	Malawi
15	5	3	39.0	3.1	1.05	.1	.97	.0	-.98	Soudan
17	5	3	39.0	3.1	1.05	.1	.97	.0	-.98	Nepal
18	5	3	39.0	3.1	2.13	1.3	2.21	1.4	-.66	Senegal
7	4	3	36.7	3.3	3.88	3.4	3.88	3.5	-.87	Somalie
8	4	3	36.7	3.3	3.88	3.4	3.88	3.5	-.87	Mauritanie
9	4	3	36.7	3.3	3.17	2.6	3.45	3.0	-.38	Afganistan
10	4	3	36.7	3.3	.88	-.1	.89	-.1	-.65	Benin
2	3	3	34.1	3.6	2.28	1.6	2.23	1.5	-.94	Mali
4	3	3	34.1	3.6	.70	-.4	.71	-.4	.76	Sierra Leone
5	3	3	34.1	3.6	.17	-1.0	.16	-1.0	.00	Tchad
6	3	3	34.1	3.6	.70	-.4	.71	-.4	.76	Guinee
1	2	3	30.9	4.1	1.21	.3	1.10	.1	-.98	Niger
3	2	3	30.9	4.1	1.21	.3	1.10	.1	-.98	Burkina Faso
MEAN	15.	3.	53.1	2.8	.91	-.1	.92	-.1		
S.D.	7.	0.	10.1	.8	.99	1.2	1.00	1.2		

Tabla 6

PAISES QUE DESAJUSTAN

TABLE OF POORLY FITTING COUNTRIES (INDICATORS IN ENTRY ORDER)										
NUMBER	NAME	POSITION	MEASURE			INFIT (ZSTD)	OUTFIT			
48	Oman		50.3	5.7	A	5.8				
	RESPONSE:	1: 5 3 8								
	RESIDUAL:	-2 2								
19	Ethiopie		42.8	4.6	B	4.1				
	RESPONSE:	1: 1 7 2								
	RESIDUAL:	-2 2								
64	Arabie Saoudite		54.5	3.7	C	3.8				
	RESPONSE:	1: 6 5 9								
	RESIDUAL:	-2 2								
88	Koweit		62.3	2.7	D	3.6				
	RESPONSE:	1: 9 7 10								
	RESIDUAL:	-2								
7	Somalie 7		36.7	3.4	E	3.5				
	RESPONSE:	1: 2 1 4								
	RESIDUAL:	-2 2								
8	Mauritanie 8		36.7	3.4	F	3.5				
	RESPONSE:	1: 2 1 4								
	RESIDUAL:	-2 2								
9	Afganistan		36.7	2.6	G	3.0				
	RESPONSE:	1: 1 2 4								
	RESIDUAL:	2								
77	Emirats Arabes Unis		58.0	2.4	H	2.9				
	RESPONSE:	1: 8 6 9								
	RESIDUAL:	-2								

Tanto Omán como Arabia Saudita tienen un PIB por encima del que le corresponde (residual positivo) y son deficitarios en alfabetismo. El nivel de alfabetismo de Kuwait no está en consonancia con los niveles de esperanza de vida y PIB, está por debajo del que le corresponde a sus niveles de esperanza de vida y PIB.

Etiopia tiene un nivel de alfabetismo superior al que le corresponde por sus niveles de PIB y esperanza de vida; es deficitaria en esperanza de vida.

Tabla 7

INDICADORES QUE DESAJUSTAN

TABLE OF POORLY FITTING INDICATORS (COUNTRIES IN ENTRY ORDER)
 NUMBER - NAME - POSITION - MEASURE - INFIT (ZSTD) OUTFIT

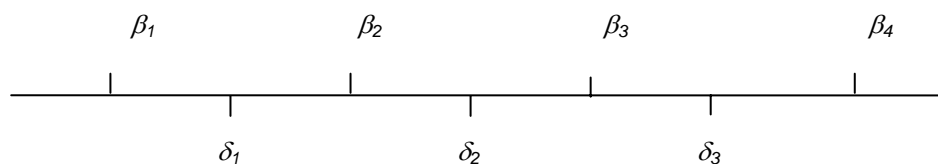
2	Literacy.					46.6		2.6	A	1.7							
	RESPONSE:	1:	1	1	1	3	2	3	1	1	2	2	3	2	4	4	2
	RESIDUAL:							-2	-2								
	RESPONSE:	16:	4	2	2	7	6	5	4	3	4	2	3	4	6	4	5
	RESIDUAL:					2											
	RESPONSE:	31:	4	4	6	3	8	3	4	7	4	8	6	6	8	6	4
	RESIDUAL:																
	RESPONSE:	46:	9	6	3	8	8	6	8	7	8	5	8	5	7	7	5
	RESIDUAL:		2		-2												
	RESPONSE:	61:	5	6	8	5	9	7	7	7	8	9	9	8	8	9	9
	RESIDUAL:		-2			-2											
	RESPONSE:	76:	9	6	9	9	8	9	9	9	9	8	9	8	7	9	10
	RESIDUAL:			-2											-2		
	RESPONSE:	91:	9	10	9	10	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	RESIDUAL:																
	RESPONSE:	106:	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	RESIDUAL:																
	RESPONSE:	121:	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	RESIDUAL:							X	X	X	X	X					

El indicador que desajusta es el alfabetismo adulto. Los países que desajustan tienen residuales negativos, son deficitarios, tienen menos que lo que le corresponde, la mayoría de ellos son países árabes con un PIB alto. Etiopía es el único que tiene un residual positivo, es decir, tiene un nivel de alfabetismo superior al que le hubiera correspondido.

FORMULACIÓN DE RASCH PARA LA OBTENCIÓN DE HÁBITOS DE CONSUMO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

Como cualquier otra variable, el consumo de productos alimenticios puede ser visualizado como una línea recta donde se ubican tanto los productos alimenticios δ_i como los hogares β_n . Más consumo es un punto en la línea más alejado; menos consumo es un punto en la línea menos alejado, como indica la figura 3, donde los hogares son los β_n y los productos alimenticios los δ_i (Álvarez, 2004)

Figura 3



Menor consumo

Mayor consumo

Esta representación gráfica muestra que el hogar β_1 no sobrepasa el nivel considerado para los tres productos alimenticios δ_1, δ_2 y δ_3 . El consumo del hogar β_2 sobrepasa solo al considerado por el producto alimenticio δ_1 y no de los productos alimenticios δ_2 y δ_3 . El consumo del hogar β_3 sobrepasa al considerado por los productos alimenticios δ_1 y δ_2 , y δ_3 . Por último, el consumo del hogar β_4 sobrepasa al considerado por los tres productos alimenticios. Por consiguiente, β_1 es el hogar con el mínimo consumo y β_4 es el hogar con el máximo consumo. El alimento δ_1 es el producto alimenticio más consumido por todos los hogares (el que se consume más frecuente) y el δ_3 es el que menos se consume, (el que menos frecuente, más raro, se consume).

Los datos, no categóricos, expresados en la misma unidad monetaria, son los correspondientes al gasto semanal de 21.155 hogares, para cada producto alimenticio, se han transformado en 10 categorías o niveles de consumo. Los datos mostrados en la Tabla 8 han sido procesados mediante el programa Winsteps. Una medida mayor indica mayor frecuencia de consumo, y a su vez, nos determina el hábito alimenticio. El pan y cereales, pescado, carne, etc. son los más consumidos y los lácteos, verduras, etc. son los menos consumidos.

Tabla 8

Medidas del consumo de productos alimenticios

Productos Alimenticios	Medida	Error	INFIT	OUTFIT
Pan y cereales	48.1	0.1	0.3	-1.0
Pescado	49.1	0.1	0.5	0.1
Carne	49.3	0.1	-3.4	-8.3
Otros alimentos	49.7	0.1	-1.0	-2.1
Aceite y grasas	50.2	0.1	0.2	2.7
Café, té y cacao	50.2	0.1	2.3	9.9
Patatas	50.2	0.1	1.2	3.4
Frutas	50.4	0.2	-0.2	-4.5
Azúcar	50.6	0.2	0.0	-1.0
Lácteos, huevos y queso	50.8	0.3	0.0	-1.9
Verduras	50.8	0.4	0.0	-1.1

Una forma de obtener perfiles en los hábitos alimenticios es seleccionando los hogares de la muestra según la población a la que pertenezca.

Tabla 9

Medidas del consumo de productos alimenticios en ciudades con menos de 10,000 habitantes

Productos alimenticios	Medida	Error	INFIT	OUTFIT
Pan y cereales	48.0	0.1	0.3	-0.3
Pescado	48.8	0.1	-0.4	-1.1
Carne	48.9	0.1	-1.3	-4.4
Otros alimentos	49.8	0.1	-1.4	-3.3
Azúcar	50.0	0.3	0.2	0.6
Frutas	50.1	0.3	0.1	-2.1
Lácteos huevos y queso	50.2	0.4	0.1	-1.2
Aceite y grasas	50.2	0.2	0.3	1.1
Verduras	50.2	0.5	0.1	-0.6
Patatas	51.5	0.2	1.0	2.9
Café, té y cacao	52.2	0.2	2.6	6.0

Medidas del consumo de productos alimenticios en ciudades entre 10,001 y 100,000 habitantes

Productos alimenticios	Medida	Error	INFIT	OUTFIT
Pan y cereales	45.3	0.1	0.2	-0.4
Pescado	46.0	0.1	0.4	0.0
Otros alimentos	46.7	0.1	-0.2	-0.6
Carne	47.1	0.1	-3.1	-5.1
Café, té y cacao	47.3	0.2	0.8	6.5
Patatas	47.4	0.2	0.4	0.7
Aceite y grasas	47.6	0.2	0.2	2.7
Azúcar	48.7	0.3	-0.2	-1.3
Frutas	49.1	0.3	-0.6	-2.5
Lácteos, huevos y queso	60.3	0.9	-0.1	-1.2
Verduras	64.4	1.4	0.0	-0.8

Tabla 10

Tabla 11

Medidas del consumo de productos alimenticios en ciudades entre 100,001 y 500,000 habitantes

Productos alimenticios	Medida	Error	INFIT	OUTFIT
Pan y cereales	45.9	0.1	-0.6	-1.6
Pescado	46.4	0.1	1.0	1.5
Carne	47.3	0.1	-3.5	-5.1
Otros alimentos	47.6	0.1	0.1	0.0
Patatas	47.9	0.2	1.0	3.2
Aceite y grasas	48.6	0.3	0.3	0.8
Café, té y cacao	49.1	0.2	1.5	5.8
Verduras	52.0	0.9	0.0	-0.4
Azúcar	52.8	0.4	-0.2	-1.2
Frutas	54.2	0.3	-0.9	-2.6
Lácteos, huevos y queso	58.2	0.8	-0.1	-1.0

Tabla 12

Medidas del consumo de productos alimenticios en ciudades con más de 500,000 habitantes

Productos alimenticios	Medida	Error	INFIT	OUTFIT
Pan y cereales	43.9	0.2	1.2	0.8
Pescado	44.6	0.2	0.2	-0.2
Carne	45.5	0.3	-0.2	0.5
Otros alimentos	45.5	0.2	-2.7	-3.1
Aceite y grasas	46.5	0.4	-0.7	-0.1
Frutas	47.9	0.5	-0.4	-1.4
Café, té y cacao	47.9	0.3	1.3	3.7
Patatas	50.4	0.5	0.1	-0.9
Azúcar	53.0	0.9	-0.1	-1.5
Lácteos, huevos y queso	59.5	1.7	0.0	-0.6
Verduras	65.2	3.2	0.0	-0.3

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ P. Y RAMIRO, A. (1993). Measuring Pollution in Badajoz. Second Conference on Statistics, Earth and Space Sciences. *CHEMS-93: Chemometrics and Environmetrics Meeting*, Satellite, Bologna, Italia.

ALVAREZ, P. MORÁN, J. C. Y WRIGHT, B. D. (1993). *Quality of Life*. VII Objective Measurements Workshop. Atlanta, GA: Emory University.

ALVAREZ, P. (2004). How to measure food consumption habits. *XII International Objective Measurement Workshop*. James Cook University, Cairns, Australia.

Alvarez, P. (2005). Rasch Measurement in Health Sciences. Nicholas Bezruczko. *Several Noncategorical Measures Define Air Pollution Construct*. (pp 277-292). JAM Press. Maple Grove, Minnesota.

MORAL, F. J.; ALVAREZ, P. Y CANITO, J. L. (2006). Mapping and hazard assesment of atmospheric pollution in a medium sized urban area using Rasch model and geostatistics techniques. *Atmospheric Environment* Vol. 40 pp. 1408-1418.

WRIGHT, B. D. Y STONE, M. H. (1979). *Best Test of design*. Chicago: MESA Press.

WRIGHT, B. D. Y LINACRE, J. M. (2002). *Winsteps*. Chicago: MESA Press.