

UN MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES PARA DISEÑOS EN PANEL

Jesús ROSEL y Eduardo ELOSEGUI

Departamento de Psicología Básica, Metodología y Psicobiología. Universidad de Málaga

RESUMEN

Dentro del campo de la psicología social y la sociología de las actitudes, los datos obtenidos en diseños longitudinales en panel se han analizado principalmente mediante sistemas de ecuaciones estructurales a través de dos modelos distintos: a) por medio de modelos de variables latentes de primer orden, en los que varias variables latentes representan el contenido de cada variable observada en diferentes momentos, mientras otras variables latentes representan cada momento de medición (Jagodzinsky, Kühnel & Schmidt, 1987, 1988, 1990); b) otros modelos distintos analizan los mismos diseños por medio de "medidas verdaderas" de las variables observadas (Saris & Van den Putte, 1988). En este trabajo se realiza un análisis secundario de un diseño 4V3W, sobre actitudes hacia los trabajadores extranjeros, utilizando los dos modelos anteriores y un modelo de variable latente de segundo orden que significaría la actitud general hacia los trabajadores extranjeros, la cual afectaría a cada momento de medición y a cada variable latente de primer orden que representa cada variable observada; los resultados obtenidos indican que este último modelo se ajusta muy bien a los datos (pese a ser teórica y empíricamente menos parsimonioso que los anteriores). Las ventajas de un modelo de variable latente de segundo orden son que tiene más alcance explicativo, y que desde una perspectiva cognitivista se adecúa más al comportamiento del sujeto.

Palabras Clave: Ecuaciones estructurales, Diseños en panel.

ABSTRACT

A structural equation model for panel designs. In the fields of social psychology and sociology of attitudes, the data obtained from longitudinal panel designs have been analyzed mainly by structural equation systems of each model: a) using first level latent variable models, in which several latent variables represent the content of each variable observed at different times, while other latent variables represent each wave of measurement (Jagodzinsky, Kühnel & Schmidt, 1987, 1988, 1990); b) other models analyze the same designs by means of 'true scores' of observed variables (Saris & Van den Putte, 1988).

In this paper a secondary analysis is made of a 4V3W design, concerning attitudes towards guest workers using the two previously cited models as well as a second level latent variable model which represents the general attitude towards guest workers. This second level latent variable influences each measurement wave and each first level latent variable, representing each observed variable. Results indicate that this latter model fits the data very well (in spite of being theoretically and empirically less parsimonious than the former models). The advantages of a second level latent variable model are that it has greater scope for extension and, from a cognitive perspective, it is more suited to the behavior of the subject.

Key Words: Structural equations, Panel designs.

ANÁLISIS DE DISEÑOS EN PANEL
 MEDIANTE VARIABLES LATENTES

Los diseños longitudinales en panel se han analizado mediante diferentes sistemas por medio de ecuaciones estructurales: estos sistemas han evolucionado desde modelos de variables observadas, hasta modelos de variables latentes, sin relación o con relación en los errores de medición de las variables observadas, (Jöreskog, 1979a; Bentler, 1984; Plewis, 1985; Arnau & Guardia, 1990). Los modelos de variables latentes introducen un gran avance teórico y metodológico al postular que las variables observadas son indicadores de variables implícitas cuya fiabilidad y validez vienen dadas por las relaciones establecidas con las variables observadas y por

la adecuación del modelo estructural como un todo.

Dentro del ámbito de estudio de la sociología y de la psicología social de las actitudes, existe un debate sobre qué es más adecuado (teórica y metodológicamente): a) el uso de modelos de variables latentes de primer orden (ver Figura 1), en los que hay dos tipos de variables latentes, por un lado, unas variables latentes representan el estado general de las actitudes en cada momento; en tanto que otras variables latentes representan la medida verdadera de cada ítem aplicado en distintos momentos (Jagodzinski, Kühnel & Schmidt, 1987, 1988, 1990); b) desde otra perspectiva, los mismos datos son analizados con modelos de ecuaciones estructurales de medidas verdaderas (ver Figura 2), que serían

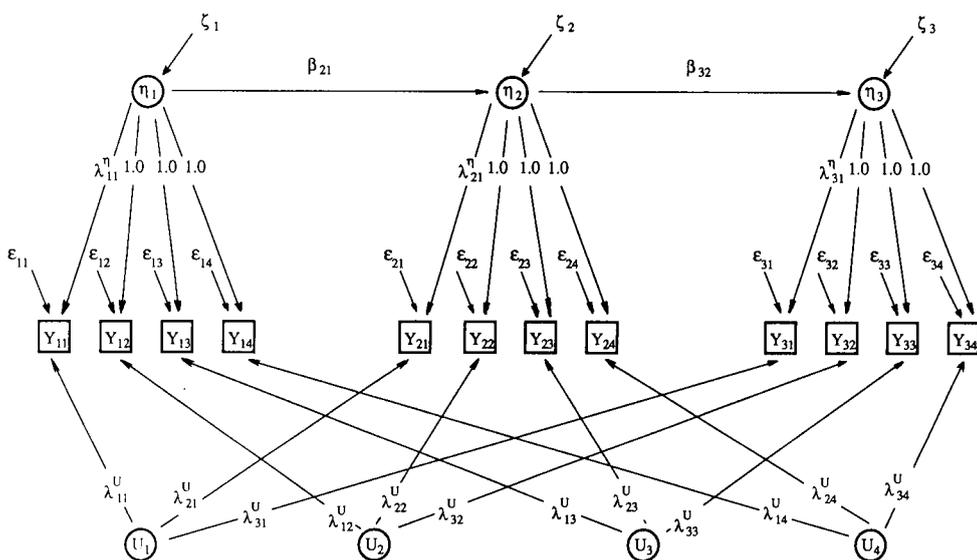


Figura 1. Modelo básico de variables latentes expuesto por Jagodzinski et al. (1987, p. 278). Los símbolos son: η_t = actitud latente en el momento t; ζ_t = residuales en el momento t; U_i = medida verdadera latente del ítem i; Y_{ti} = variables observadas (respuesta al ítem i en el momento t); λ^η = efecto de actitud latente temporal (η) sobre variable observada (Y); λ^U = efecto de la medida verdadera sobre la variable observada; ϵ_{ti} = error de medición de la variable observada i en el momento t.

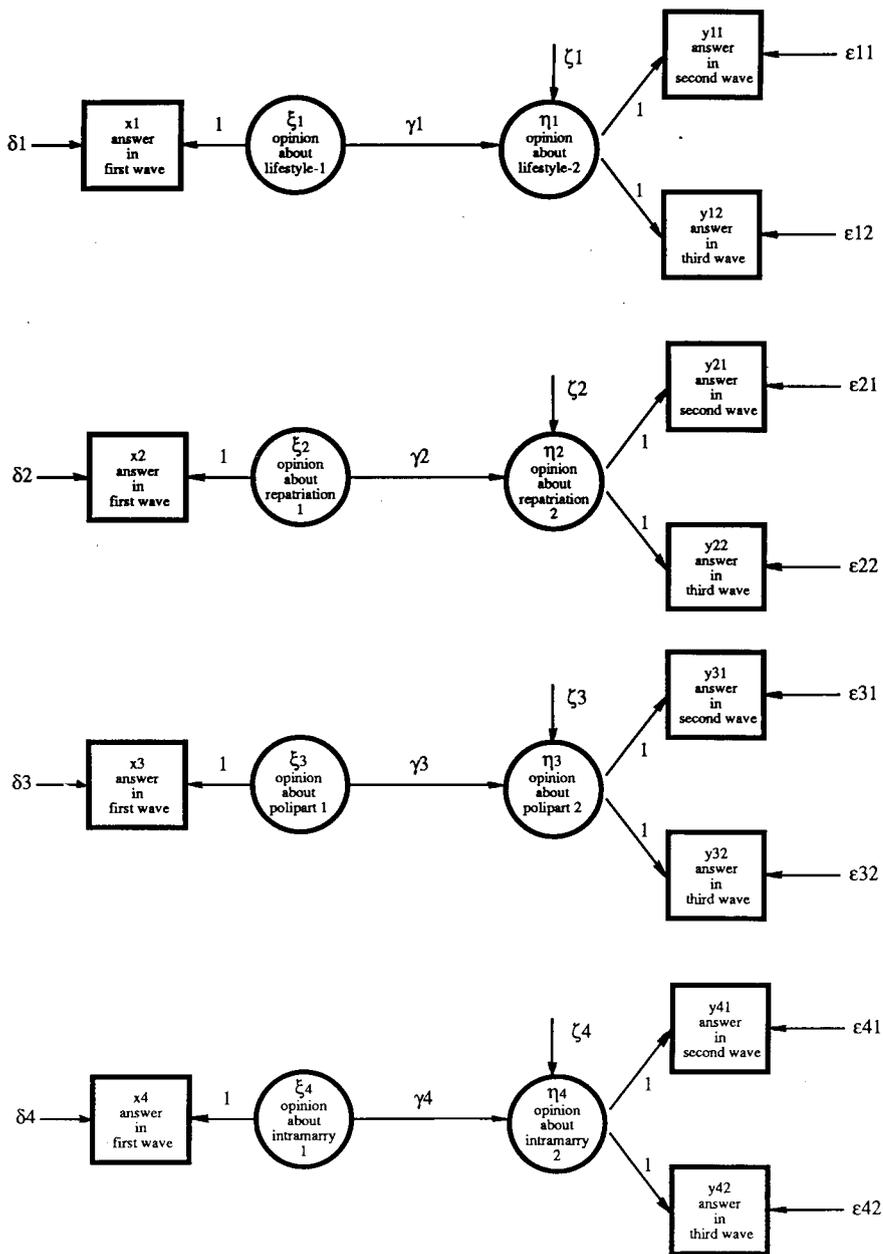


Figura 2. Modelo de Saris & van den Putte (1988, p. 146). El modelo asume que no hay cambio de opinión después del segundo momento. Con el fin de no complicar el esquema, no se representan (pero se asumen en el modelo) las relaciones entre todas las variables latentes exógenas ξ (que se simbolizan por Φ , dando lugar a una matriz Φ), ni todas las existentes entre los errores de las variables latentes endógenas del modelo (representados por ζ , formando la matriz Ψ , que a su vez está formada por el conjunto de relaciones ψ).

el valor implícito de cada variable observada (Blok & Saris, 1983; Saris & van den Putte, 1988).

Ahora bien, la principal propiedad de un modelo es su adecuación a la realidad, aunque para ello hayan de elaborarse conceptos (constructos, o variables latentes, según la terminología de ecuaciones estructurales) no directamente observables, pero que posean coherencia interna entre sí y que son medidos a través de varios indicadores. Estos indicadores (operacionalizaciones de la variable latente) no agotan las posibilidades de medición de la variable no observada, así la variable latente adquiere su significado en relación con sus indicadores (variables medidas) y en relación con otras variables latentes dentro de un modelo (Kenny, 1979; James, Mulaik & Brett, 1982; Hayduk, 1987; Loehlin, 1987; Bollen, 1989).

Un modelo estructural es, inicialmente, un conjunto de relaciones entre variables que se pone a prueba, contrastando su adecuación a unos datos extraídos de la realidad. Desde esta perspectiva, un modelo estructural ha de responder a una hipótesis o a una teoría. Si se parte del supuesto que la actitud es una predisposición a actuar y a responder de una forma determinada, esta predisposición ha de ser estable y consistente, de modo que se responde de manera semejante ante estímulos pertenecientes a un mismo ámbito. Pero además, las actitudes se organizarían de manera jerárquica y presentando 'salience' alrededor de criterios básicos que guiarían las respuestas de los sujetos sobre temas específicos (Fishbein & Ajzen, 1975, 1984; van der Pligt & Eiser, 1984; Eiser & van der Pligt, 1988).

Así, nuestra hipótesis general es que las actitudes hacia los trabajadores extranjeros están jerarquizadas, de modo que existiría una actitud general hacia los mismos (positiva o negativa), que se manifiesta en diferentes momentos (las tres ocasiones en las que se aplica la encuesta), y que influye consis-

tentemente a través de las distintas pruebas (cuatro preguntas diferentes). Resumiendo, la consistencia de la actitud general vendría manifestada por su continuidad y coherencia a lo largo del tiempo (aunque sea cambiante esa actitud) y a través de los diferentes ítems fiables aplicados que fuesen representativos de la medición de la variable latente.

METODO

En el presente trabajo, como ya se ha indicado con anterioridad, se efectúa un análisis de un diseño longitudinal en panel, cuyos datos están referenciados en Jagodzinski et al. (1987) y en Saris & van den Putte (1988). La encuesta se pasó a 152 sujetos, formando parte de una encuesta más general ('The ALLBUS General Social Survey') aplicada en Alemania en tres momentos diferentes en el año 1984, cuya descripción general puede encontrarse en Porst & Zeifang (1987); la traducción de las preguntas sobre actitudes hacia los trabajadores extranjeros está en el Anexo 1, y su contenido versa sobre actitudes hacia los cambios en estilos de vida social, hacia la repatriación, hacia la participación política y hacia el matrimonio. La matriz de correlaciones de las variables y sus correspondientes varianzas están en el Anexo número 2.

En coherencia con la hipótesis general del presente estudio, se ha formulado un modelo con una variable latente de segundo orden (la actitud general hacia los trabajadores extranjeros) que afecta a la actitud en cada uno de los tres momentos (variables latentes de primer orden representando el momento de medición) y a cada una de las medidas de los cuatro contenidos formulados (cuatro variables latentes de primer orden). Cada variable latente de primer orden afecta a su correspondiente medición observada; el esquema gráfico del diseño estructural puede verse en la Figura 3.

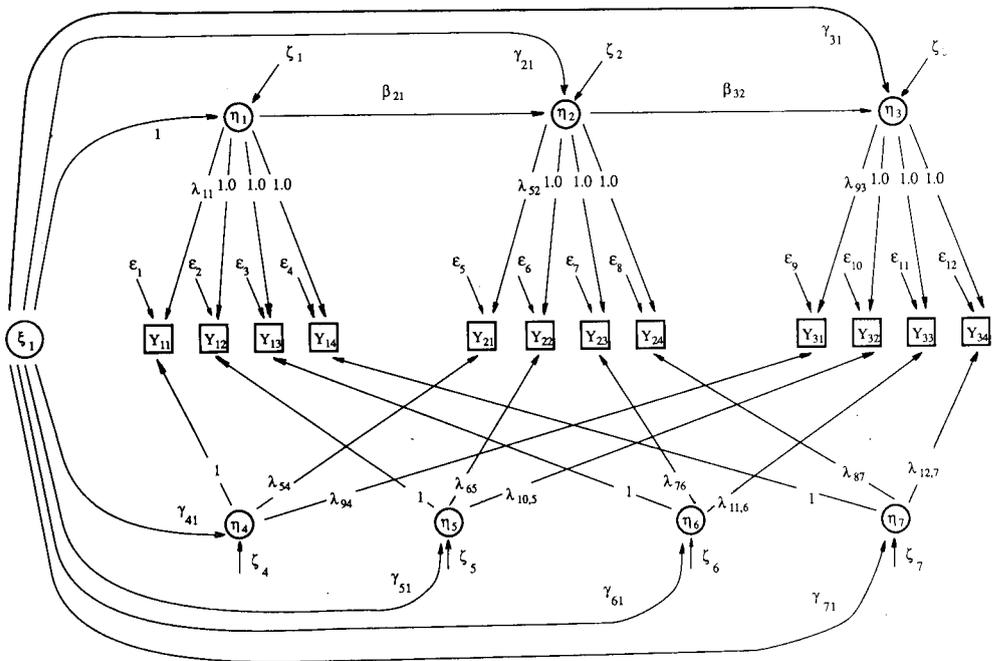


Figura 3. Modelo que representa las mismas variables que el modelo de la Figura 1, pero añadiendo una variable latente ξ , que representa la actitud general hacia los trabajadores extranjeros.

Como puede observarse en la figura 3, de acuerdo con el simbolismo tradicional en ecuaciones estructurales, las variables observadas se indican dentro de un cuadro y las variables latentes dentro de un círculo. Las variables observadas Y_{ij} ($t = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4$) representan la medición de la variable 'j' en el momento 't'. Para 'j = 1', el ítem al que se refiere es sobre estilos de vida; para 'j = 2', el ítem sobre repatriación; 'j = 3', sobre participación política; y 'j = 4' sobre matrimonios.

Las variables latentes η_1, η_2, η_3 representan el estado de las actitudes en cada respectivo momento que se pasó la escala, en tanto que las $\eta_4, \eta_5, \eta_6, \eta_7$, representan, respectivamente, el factor latente de los ítems (η_4 representaría el factor de la medida repetida de la variable actitud hacia los estilos de

vida., y η_7 lo haría de la variable actitud hacia el matrimonio). La variable latente ξ_1 es la actitud general del grupo encuestado hacia los trabajadores extranjeros, actitud general que influye en los distintos momentos de medición y en las diferentes variables utilizadas. Esta variable refleja la continuidad y la estabilidad de las actitudes hacia los trabajadores extranjeros a lo largo del tiempo, y la consistencia interna de las diferentes variables observables utilizadas.

Todavía hay términos que simbolizan los coeficientes con los efectos de unas variables sobre otras; de este modo, los coeficientes γ relacionan la variable latente ξ con las variables η ; las variables η se relacionan entre sí mediante los coeficientes β ; y las variables η con las Y se relacionan mediante los coeficientes λ . Los errores de medición

de las variables observadas Y se han simbolizado mediante ϵ ; en tanto que los errores de las variables η se representan mediante ζ .

Como se puede comprobar, el modelo gráfico de ecuación estructural expuesto en la Figura 3 se reduce a dos ecuaciones básicas, desarrolladas en forma matricial. La primera de ellas es una ecuación estructural que define el modelo:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

La segunda ecuación es un modelo de medición para las variables observadas y :

$$y = \Delta \cdot \eta_y + \epsilon \quad (2)$$

Las variables endógenas η en las ecuaciones (1) y (2) vienen dadas por el vector:

$$\eta' = [\eta_1 \ \eta_2 \ \eta_3 \ \eta_4 \ \eta_5 \ \eta_6 \ \eta_7] \quad (3)$$

La matriz B de coeficientes β que relaciona las variables η es:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{2,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{3,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

La matriz Γ , representando las relaciones entre la variable ξ las variables η en la ecuación (1), viene dada por el vector cuya transpuesta es:

$$\Gamma = [1 \ \gamma_{21} \ \gamma_{31} \ \gamma_{41} \ \gamma_{51} \ \gamma_{61} \ \gamma_{71}] \quad (5)$$

La matriz ξ en la ecuación (1) que representa la variable endógena del sistema es:

$$\xi = [\xi_1] \quad (6)$$

Mientras la matriz vector ζ de los errores de las variables endógenas latentes η , tiene como transpuesta:

$$\zeta' = [\zeta_1 \ \zeta_2 \ \zeta_3 \ \zeta_4 \ \zeta_5 \ \zeta_6 \ \zeta_7] \quad (7)$$

El vector de variables observadas y , sería:

$$y = [Y_{11} \ Y_{12} \ Y_{13} \ Y_{14} \ Y_{21} \ Y_{22} \ Y_{23} \ Y_{24} \ Y_{31} \ Y_{32} \ Y_{33} \ Y_{34}] \quad (8)$$

En la ecuación de medición (2), la matriz Δ_y que relaciona las variables latentes endógenas con las variables observadas es:

$$\Delta_y = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{5,2} & 0 & \lambda_{5,4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \lambda_{6,5} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{7,6} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{8,7} \\ 0 & 0 & \lambda_{9,3} & \lambda_{9,4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \lambda_{10,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \lambda_{11,6} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{12,7} \end{bmatrix} \quad (9)$$

El vector de errores de medición, ϵ , de las variables observadas Y_{ij} :

$$\epsilon' = [\epsilon_1 \ \epsilon_2 \ \epsilon_3 \ \epsilon_4 \ \epsilon_5 \ \epsilon_6 \ \epsilon_7 \ \epsilon_8 \ \epsilon_9 \ \epsilon_{10} \ \epsilon_{11} \ \epsilon_{12}] \quad (10)$$

Los supuestos básicos del modelo son, respecto a las medias de las variables latentes y de los errores de medición:

$$E(\eta) = 0 \quad (11)$$

$$E(\xi) = 0 \quad (12)$$

$$E(\zeta) = 0 \quad (13)$$

$$E(\epsilon) = 0 \quad (14)$$

[Respecto a las correlaciones:

$$E[\text{Cor}(\zeta, \xi)] = 0 \quad (15)$$

$$E[\text{Cor}(\epsilon, \eta)] = 0 \quad (16)$$

$$E[\text{Cor}(\epsilon, \xi)] = 0 \quad (17)$$

Respecto de las matrices de covarianzas:

$$\Phi = E(\xi\xi') \quad (18)$$

$$\Psi = E(\zeta\zeta') \quad (19)$$

$$\Theta_{\epsilon} = E(\epsilon\epsilon') \quad (20)$$

Como se puede comprobar, existe un procedimiento coherente entre la representación gráfica y las ecuaciones del modelo estructural, el cual sirve como sistema hipotéticamente identificado para su estimación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez estimado el modelo mediante el programa LISREL 7 (Jöreskog & Sörbom, 1989), se ha obtenido un valor de χ^2 igual a 34.06, con 40 grados de libertad ($p = 0.734$); por consiguiente, el modelo hipotetizado se ajusta muy bien a los datos, puesto que sus residuales son significativamente pequeños.

Si se comprueban los resultados obtenidos por Jagodzinski et al (1987, p. 285), se observa cómo el modelo considerado por ellos más adecuado da los siguientes valores: $\chi = 46.07$, con 49 grados de libertad ($p = 0.593$). Si se comparan ambos modelos, se comprueba cómo la probabilidad de que los residuales sean menores es mayor en el modelo expuesto aquí ($p = 0.734$), pero en cambio se han perdido grados de libertad en este modelo. Utilizando como criterio el sistema

de comparación de Jöreskog (1974, 1979b), la razón Q:

$$Q = \frac{\chi_a^2 - \chi_b^2}{df_a - df_b} \quad (21)$$

La anterior razón da como resultado $12.01/9 = 1.33$, lo cual indica que ambos modelos no llegan a ser significativamente diferentes, poseyendo ambos semejante capacidad predictiva, pese a que los diferentes coeficientes indican que el modelo expuesto aquí es ligeramente mejor (por lo que a ajuste a los datos se refiere) que el modelo de Jagodzinski et al. (1987). El sistema de comparación de modelos mediante la razón Q de Jöreskog (1979b) se puede aplicar únicamente cuando los modelos están 'anidados' ('nested'), es decir, uno de ellos incluye al otro, por lo que no se puede utilizar como criterio para comparar el modelo de Saris & van den Putte (1988) con los otros dos modelos.

La variable latente de segundo orden ξ , que representa la actitud general, es la que posee menos fiabilidad teórica y empírica en el modelo. Una posible solución para comprobar mejor su fiabilidad podría ser obtener indicadores sociales (variables X, como por ejemplo: educación, edad, clase social, etc.) de la variable ξ , con lo cual pasaría a ser una variable latente de primer orden. Ahora bien, si se suprime uno cualquiera de los coeficientes y del modelo aquí expuesto, los coeficientes de ajuste del modelo descienden, y la consistencia teórica del modelo es menor, por lo que es más adecuado admitir el modelo completo, pues una de las propiedades de un modelo estructural es su 'completud', su adecuación como un todo al conjunto de datos (Hayduk, 1987).

Dentro del debate establecido sobre qué tipo de modelo de ecuación estructural es más adecuado para la descripción de modelos en panel, consideramos más adecuados los

modelo de variables latentes, pese a ser menos parsimoniosos, puesto que: a) tienen consistencia teórica y empírica, b) su adecuación general a los datos es tan buena como los modelos de medida verdadera, pero su alcance explicativo es mayor. Es decir, el problema de los modelos de medida verdadera, pero sin factorizar el momento de medición, es su ausencia de contenido teórico en lo que a formalización se refiere, si bien empíricamente continúan siendo consistentes, por lo que resultan más adecuados los modelos de variables latentes representando al momento de medición y a cada variable observada; aún más, se ha comprobado en el presente trabajo la posibilidad de incluir una variable latente de segundo orden en estos últimos modelos, que daría unidad al proceso de medición de

las actitudes a través del tiempo y de las variables observables utilizadas, si bien es preciso obtener más datos sobre esta variable.

Los modelos de ecuaciones estructurales, una vez que se plantean como tales modelos, con posibilidades de estimación que van más allá de las simples variables observadas, utilizando variables latentes de las variables observadas y de los momentos de medición, presentan unas posibilidades de análisis muy adecuadas a los diseños en panel, la dificultad estriba en la obtención de datos que representen adecuadamente las diferentes variables del modelo, pero un correcto diseño previo fundamentado en un modelo teórico consistente podría prevenir los inconvenientes de la utilización de los modelos demasiado "superficiales" de ecuaciones estructurales.

REFERENCIAS

- Ajzen, I. & Fishbein, M. (eds.) (1984). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall.
- Arnau, J., Guardia, J. (1990). Diseños longitudinales en panel: Alternativa de análisis de datos mediante los sistemas de ecuaciones estructurales. *Psicothema*, 2: 57-71.
- Bentler, P.M. (1984). Structural equations models in longitudinal research. In S.A. Mednick, M. Harway & K. M. Finello. *Handbook of longitudinal research*. (Vol. I). New York: Praeger.
- Blok, H. & Saris, E. (1983). Using longitudinal data to estimate reliability. *Applied Psychological Measurement*, 7: 295-301.
- Bollen, K. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: J. Wiley & Sons.
- Eiser, J.R. & van der Pligt, J. (1988). *Attitudes and decisions*. London: Routledge.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading (Mass.): Addison-Wesley.
- Hayduk, L.A. (1988). *Structural equation modeling with LISREL*. Baltimore (MA): J. Hopkins U. P.
- Jagodzinski, W., Kühnel, S. & Schmidt, P. (1987). Is there a 'Socratic Effect' in nonexperimental panel studies?. *Sociological Methods and Research*, 15: 1259-302.
- Jagodzinski, W., Kühnel, S. & Schmidt, P. (1988). Is the true score model or the factor model more appropriate? *Sociological Methods and Research*, 17: 1158-164.
- Jagodzinski, W., Kühnel, S. & Schmidt, P. (1990). Searching for parsimony: are true-score models or factor models more appropriate? Manuscrito en revisión editorial en *Quality and Quantity*.
- James, L.R., Mulaik, S.A. & Brett, J.M. (1982). *Causal analysis. Assumptions, models and data*. Beverly Hills (CA): Sage.
- Jöreskog, K.G. (1974). Analyzing psychological data by structural analysis of covariance matrices. In R.C. Atkinson, D.H. Krantz, R.D. Luce, & P. Suppes (eds.). *Contemporary developments in mathematical psychology*. S. Francisco (CA): Freeman.
- Jöreskog, K.G. (1979a). Statistical estimation of structural models in longitudinal-developmental investigations. In J.R. Nesselrode & P.B. Baltes. *Longitudinal rese-*

- arch in the study of the behavior and development*. New York: Academic Press.
- Jöreskog, K.G.(1979b). A general approach to confirmatory maximum likelihood factor analysis with addendum. In K.G. Jöreskog & D. Sörbom. *Advances in factor analysis and structural equation models*. Cambridge (MA): Abt Books.
- Jöreskog, K. & Sörbom, D. (1989). *LISREL 7 user's reference guide*. Mooresville (IN): Scientific Software, Inc. ,
- Kenny, D.A. (1979). *Correlation and causality*. New York: J. Wiley & Sons.
- Loehlin, J. C. (1987). *Latent variable models*. Hillsdale (NJ): L. Erlbaum As.
- Plewis, I. (1985). *Analysing Change. Measurement and explanation using longitudinal research*. Chichester: J. Wiley & Sons.
- Porst, R. & Zeifang, K. (1987). A description of the German general social survey test re-test study and a report of the stability on the stabilities of the sociodemographic variables. *Sociological Methods and Research*, 15: 177-219.
- Saris, W. & van den Putte, B. (1988). The true score or factor models. *Sociological Methods and Research*, 17: 123-157.
- van der Pligt, J. & Eiser, J.R. (1984). Dimensional salience, judgment and attitudes. In J. R. Eiser (ed.). *Attitudinal judgment*. New York: Springer-Verlag.

ANEXO 1

Traducción al español de las preguntas pasadas a los sujetos en Alemania.

Respuestas:

1.- 'Estilo de vida': Los trabajadores extranjeros deberían adaptar algo más su estilo de vida al de los alemanes.

1 Completamente en desacuerdo

2

3

2.- 'Repatriación': Los trabajadores extranjeros deberían ser enviados a sus países de origen cuando hay escasez de trabajo en Alemania.

4

5

6

7 Completamente de acuerdo

3.- 'Participación política': Deberían de prohibirse en Alemania todas las formas de participación política a los trabajadores extranjeros.

4.- 'Matrimonio': Los trabajadores extranjeros deberían de casarse sólo con otras personas de su misma nacionalidad.

ANEXO 2

MATRIZ DE DATOS

Correlaciones entre las variables

$Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}, Y_{21}, Y_{22}, Y_{23},$
 $Y_{24}, Y_{31}, Y_{32}, Y_{33}, Y_{34},$

1.

.314 1.

.389 .448 1.

.424 .378 .580 1.

.660 .286 .373 .388 1.

.299 .703 .382 .376 .403 1.

.390 .426 .608 .451 .472 .521 1.

.374 .286 .501 .667 .443 .405 .525 1.

.616 .343 .397 .436 .717 .426 .437 .491 1.

.255 .643 .331 .338 .375 .811 .480 .434 .399 1. ,

.365 .472 .601 .467 .447 .572 .743 .464 .472 .556 1. ,

.332 .332 .437 .566 .493 .468 .510 .811 .490 .505 .479 1. ,

Desviaciones típicas de las anteriores variables:

1.944, 2.170, 2.364, 2.311,

1.746, 2.113, 2.589, 2.106,

1.654, 2.052, 2.269, 2.181.