

Análisis causal para un diagnóstico individual del rendimiento en matemáticas (11-12 años)

Modesto Arrieta Illarramendi

Departamento de Didáctica de la Matemática y Ciencias Experimentales. U.P.V./E.H.U.

Este trabajo está basado en la tesis que, con el mismo título, se defendió en la Escuela del Profesorado de San Sebastián el día 29 de Junio de 1995 y que será publicada próximamente por el Servicio de Publicaciones de la U.P. V./E.H. U.

INTRODUCCION

Ante el grave problema del fracaso escolar en general y del bajo rendimiento en Matemáticas en particular y ante la falta de un tratamiento sistemático a esos alumnos, una pregunta ha marcado el desarrollo de la tesis (Arrieta, 1995): ¿qué se puede hacer con esos alumnos?

Se limitó el campo de acción a la enseñanza obligatoria y más concretamente a 6º de E.G.B. por ser el curso donde el fracaso empieza a ser alarmante y en los nuevos planes de estudio va a ser el último curso de Primaria y la puerta para el acceso a la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

Todas las primeras lecturas hacían referencia a estudios correlacionales, calculando ecuaciones predictoras de regresión y analizando la influencia de variables sueltas en el rendimiento general o en el rendimiento en Matemáticas. Entre todos los estudios destacaría dos, el de Rodríguez Espinar (1982) sobre el rendimiento general y el de Nortes Checa (1990) sobre el rendimiento en Matemáticas.

El tema estaba muy trabajado y diferentes investigaciones hacían referencia a dos limitaciones que impedían avanzar: la interdependencia de las variables entre sí, que les puede hacer perder influencia en el rendimiento, y el propio método lineal de regresión que se considera restrictivo para un análisis tan complejo.

Entonces dí con un libro de Alvaro Page y cols. (1990) que me impactó, donde aboga por la elaboración de modelos teóricos concretos y el uso del método de ecuaciones estructurales como el único método para avanzar en la explicación del rendimiento académico.

Esto me llevó a la necesidad de proponer un modelo teórico que tratara de explicar el comportamiento de las diferentes variables en relación al rendimiento en Matemáticas. Además podía hacer uso de un método relativamente reciente, llamado método de ecuaciones estructurales y técnica LISREL, que me iba a permitir estimar todos los parámetros y decidir sobre la bondad de ajuste del propio modelo a los datos.

1. OBJETIVOS

En definitiva, se trata de proponer un modelo que, contrastado empíricamente, permita obtener un correcto diagnóstico de las causas del bajo rendimiento del alumno, como punto de partida que posibilite una más eficaz y específica intervención sobre dichas causas.

Con esta finalidad se ha enunciado un objetivo general: elaborar un modelo teórico que recoja jerárquicamente los factores que influyen significativamente en el rendimiento en Matemáticas.

Este objetivo general se ha desdoblado en dos objetivos específicos: el primero pretende analizar cuáles de los factores considerados intervienen en el modelo y cuáles no; el segundo pretende analizar, entre los factores que intervienen en el modelo, los diferentes niveles de influencia en el rendimiento en Matemáticas.

2. ELECCION DE VARIABLES

Una vez fijado el problema objeto de la investigación había que elegir las variables que iban a intervenir en el estudio. Para ello una exhaustiva revisión bibliográfica indicaba que, por lo menos, se debían de considerar dos grupos de variables: PERSONALES, abarcando a las de aptitud y personalidad y las CONTEXTUALES, abarcando a las familiares y escolares.

Pero, por nuestra finalidad de diagnóstico y por las posibilidades de intervención que muestran, se decidió incluir un nuevo grupo de variables al que se le ha denominado INSTRUMENTALES y que hacen referencia al nivel de conocimientos básicos adquiridos en el área de Lengua y Matemáticas.

Como criterios de selección utilizados en la elección de variables medidas hay que citar el criterio correlacional (mejores predictores de cada grupo interviniente) y la capacidad de diagnóstico y posibilidades de intervención.

Así se eligieron:

PERSONALES

Sexo (como variable de control)

De aptitud: Inteligencia general-Atención-Memoria.

De personalidad: Autoc. general-Autoc. académico-Hábitos de estudio.

CONTEXTUALES

Familiares: Nivel económico-Nivel cultural-Integración familiar. Escolares: Metodología del profesor-Integración escolar.

INSTRUMENTALES

Lengua: Velocidad de lectura-Comprensión lectora.

Matemáticas: Cálculo-Resolución de problemas.

3. PROPUESTA INICIAL DEL MODELO

Este análisis nos llevó a la propuesta inicial del modelo que viene a recoger jerárquicamente la influencia de las variables consideradas en el rendimiento en Matemáticas (ver Figura 1). Unos condicionantes familiares modelan la aptitud y la personalidad del individuo, definiendo así el primer nivel de influencia. Esa aptitud y carácter le hacen mostrar una actitud determinada ante el estudio pero modelada a su vez por el nivel contextual del alumno, definiendo así un 2º nivel de influencia.

En esta situación, el sujeto con una actitud ante el estudio, acorde a sus aptitudes y personalidad, ha adquirido o se suponen adquiridos unas técnicas instrumentales o conocimientos básicos de un determinado nivel, definiendo así un 3º nivel de influencia.

Ese nivel de adquisición de técnicas instrumentales le posibilitará un determinado nivel de rendimiento en Matemáticas, definiendo así el 4º nivel de influencia.

4. HIPOTESIS

Las dos hipótesis principales hacen referencia a los dos objetivos específicos enunciados:

H1: Hay variables que, correlacionando significativamente con el rendimiento en Matemáticas, no intervienen en el modelo.

H2: Las variables que intervienen en el modelo lo hacen atendiendo a diferentes niveles o jerarquías.

Esta segunda hipótesis se desdobra en 4 subhipótesis que reflejan los cuatro diferentes niveles de influencia en el rendimiento en Matemáticas que acabamos de citar.

5. PRUEBA PILOTO

Para la prueba piloto, y por el elevado número de pruebas a pasar, se pensó en pruebas colectivas, rápidas y de fácil aplicación y, para que la propia investigación reflejara la realidad escolar, se decidió que las pasara el propio maestro.

De las 12 pruebas:

- 4 eran íntegras, conocidas y estándares (Inteligencia General, Atención, Autoconcepto General y velocidad de lectura).

- 5 eran reducidas (Memoria, Autoconcepto Académico, Hábitos de estudio, Integración familiar, Integración escolar).

- 3 eran originales (Comprensión lectora, Cálculo, Resolución de problemas).

Todos los cálculos se hicieron con la versión 2.0 del programa ITEMAN:

- Las pruebas íntegras no causaron ningún problema y los resultados obtenidos eran análogos a los del manual.

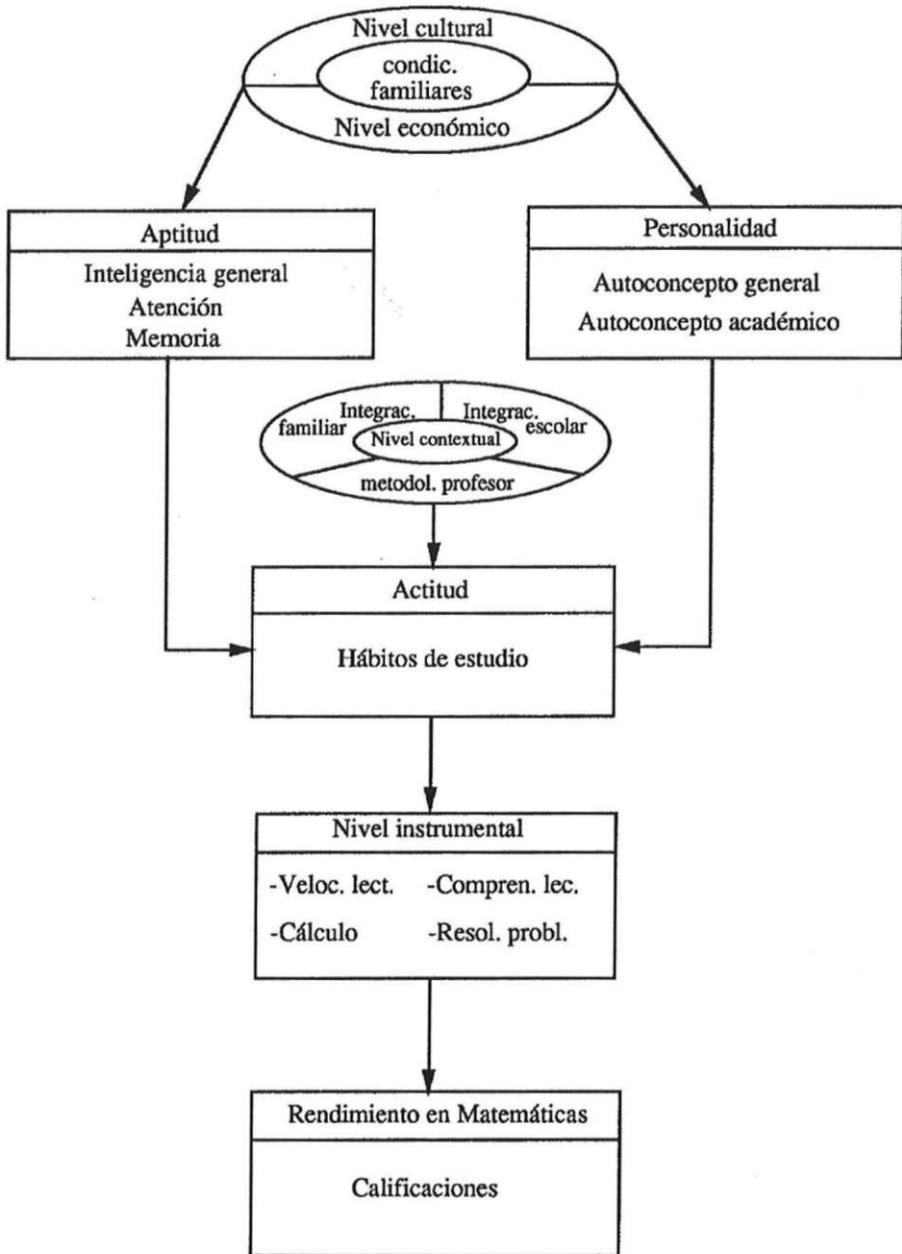


Figura 1: Modelo propuesto inicialmente.

- En las pruebas reducidas se cuidó el problema de la validez. Para ello se mantuvo la misma estructura que la prueba original y se calculó la validez de criterio con el original, pasándose ambas pruebas. Los resultados fueron buenos pues el coeficiente más bajo, el relativo a la Integración familiar, fue de 0,79. Sólo un ítem correspondiente a la prueba de Hábitos de estudio dio correlación biserial negativa, por lo que se eliminó del test.

- Las pruebas originales dieron unos resultados más discretos pero dentro de los márgenes aceptados como correctos. Evidentemente, el bajo número de ítems impedía mejores resultados y este problema nos llevó a tratar la sensibilidad de los tests con un menor nivel de discriminación: Bajo-Inferior, Medio-Normal, Alto-Superior.

Como variable medida para el rendimiento en Matemáticas se eligió la Calificación en Matemáticas en la 2ª o 3ª evaluación entre Febrero y Marzo, ya que en esa época se evitan una serie de problemas que impiden una mejor discriminación, como los repasos, nuevos profesores, las medias,...

La calificación tiene algunos inconvenientes si lo comparamos con una prueba de rendimiento, pero es el criterio social y legal y las investigaciones lo utilizan casi en un 70% (Alvaro Page y cois., 1990). Además si nuestra finalidad es ayudar a un alumno de bajo rendimiento, evidentemente es un alumno con una baja calificación en Matemáticas.

6. POBLACION Y MUESTRA

Como población se eligió el colectivo de ikastolas de Guipúzcoa pensando en un colectivo lo más uniforme posible: aprendizaje en idioma materno, ambiente social más uniforme, menor dispersión metodológica..., para que influyeran lo menos posible factores que pudieran alterar el rendimiento.

En la elección de la muestra se utilizó el método estratificado proporcional por conglomerados y bietápico, atendiendo sucesivamente, en una primera etapa, a criterios de división en comarcas y número de aulas por ikastola y, en una segunda etapa, por tamaño de los centros. Asumiendo un error muestral del 5% se obtuvo una muestra de 355 sujetos de una población de 2770.

7. CALCULOS ESTADISTICOS. RESULTADOS

Para contrastar el modelo propuesto inicialmente hemos realizado unos análisis exploratorios previos, como el análisis de varianza, el correlacional, el de regresión o el factorial y, aunque es habitual utilizar estos análisis con carácter confirmatorio, se han utilizado como previos al análisis de ecuaciones estructurales y son los que van a permitir obtener pautas para ir depurando el modelo propuesto inicialmente hasta obtener un modelo que se ajuste bien a los datos. De ahí el carácter exploratorio de estos primeros análisis.

Todos los análisis exploratorios previos se han efectuado con la versión 4 del SPSS.

Con un MANOVA general se ha obtenido que, entre todas las variables cualitativas, sólo la Metodología del profesor influye en el Rendimiento en Matemáticas y que el Nivel Cultural influye en la Inteligencia general.

En lo que al ANALISIS CORRELACIONAL se refiere, los Hábitos de estudio no correlacionan con las Aptitudes, lo que nos hace considerar a ambos grupos de variables como independientes. En cambio el Autoconcepto académico correlaciona con ambos, lo que nos hace pensar en un posible mediador en lugar de los Hábitos de estudio.

Las rectas de regresión son análogas a otras investigaciones.

Atendiendo al ANALISIS FACTORIAL también se aprecia que el Autoconcepto académico se agrupa con las variables Instrumentales, lo que refuerza la idea de una posible mediación por parte del Autoconcepto académico.

Para el análisis confirmatorio, es decir, para decidir sobre la bondad de ajuste del modelo propuesto a los datos de la muestra, hemos utilizado la versión más moderna del programa LISREL (Linear Structural Relations) creado por Jöreskog y Van Thillo en 1972 y mejorado en sucesivas versiones por Jöreskog y Sörbom (1979, 1982, 1993). Su uso en las Ciencias Sociales se generalizó a partir de los años 80 al popularizarse el uso de los ordenadores personales.

LISREL es un programa de ordenador en el que, dado un modelo teórico, se calculan todos los parámetros de las ecuaciones asociadas al modelo y permite decidir estadísticamente si un modelo se ajusta significativamente a los datos o no. LISREL asume que:

1. Las relaciones entre las variables son lineales.
2. Los efectos son aditivos.
3. Las distribuciones de las variables no deben alejarse mucho de la normalidad.

y los pasos a dar para su resolución son:

1° Especificación del modelo: Hay que elaborar un diagrama con un código muy específico donde a cada variable se le asocia su error aleatorio, término residual o de perturbación y que son debidos a efectos de variables desconocidas, omitidas o errores de medida. Al diagrama se le asocian las ecuaciones y antes, en las versiones anteriores se definían 8 matrices con todos los parámetros a calcular. Pero ahora en la versión 8 del LISREL se crea un fichero de entrada con las relaciones esperadas de las variables.

2° Identificación del modelo: Que garantice una solución única. La condición necesaria es que los grados de libertad (diferencia entre número de ecuaciones y número de parámetros) deben ser mayores o iguales a cero. Los modelos recursivos (sin efectos recíprocos entre variables) y no saturados (no se consideran todos los efectos posibles) están siempre identificados y ese es nuestro caso.

3° Estimación de parámetros: LISREL utiliza por defecto el método de máxima verosimilitud y por iteraciones sucesivas hasta su convergencia, para obtener los valores de los parámetros. Además da los valores "t" tanto para el parámetro como para el error. Los parámetros encerrados en un círculo son no significativos (ver Figura 2).

4° Evaluación del modelo: Para comprobar el grado de ajuste del modelo propuesto a los datos, utiliza los siguientes indicadores: RMSEA o raíz cuadrada de la varianza residual y GFi o índice de bondad de ajuste. En nuestro caso los tres son no significativos.

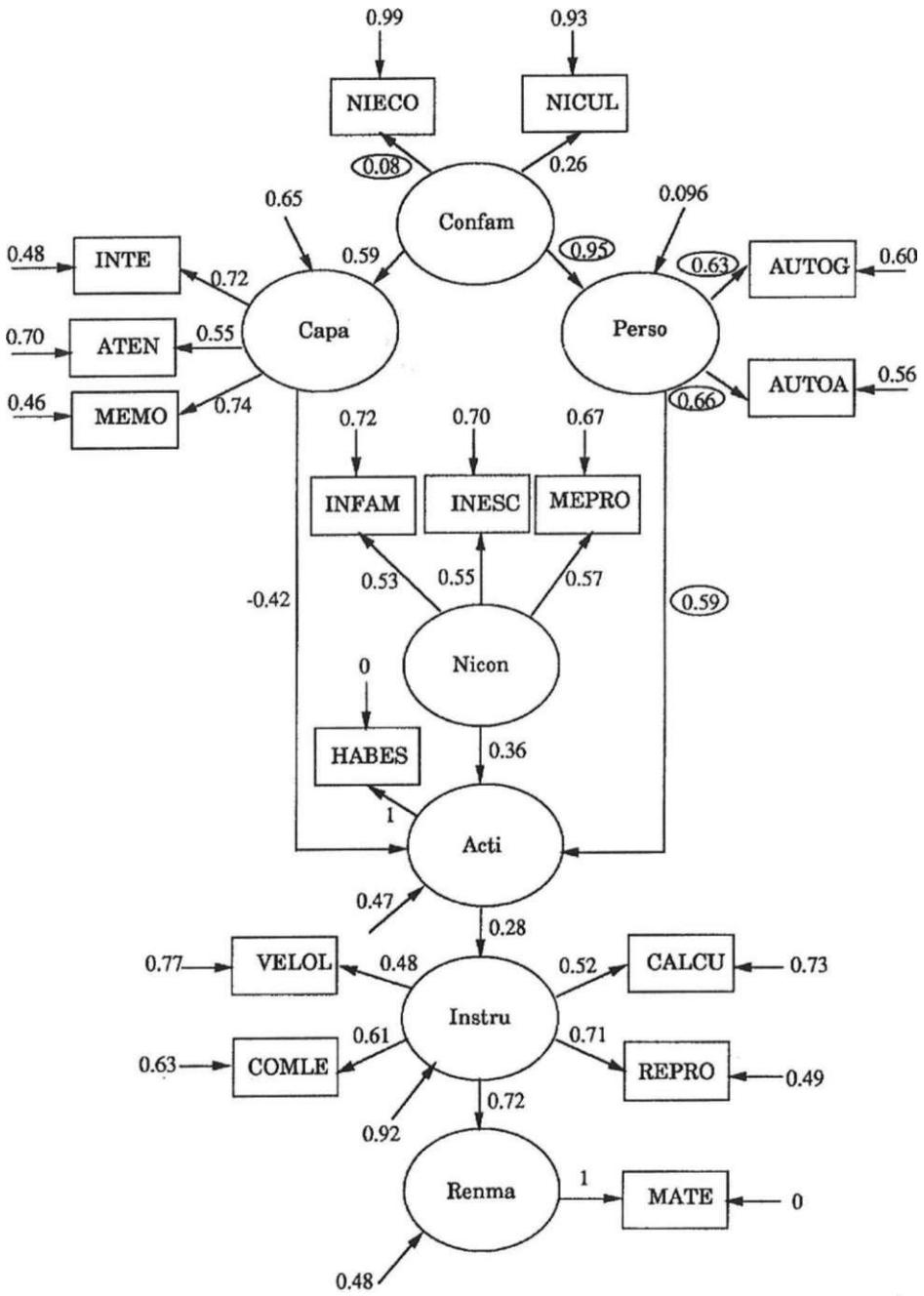


Figura 2: Parámetros estimados en el modelo propuesto inicialmente.

Por lo tanto, el modelo no se ajusta a los datos pero LISREL nos da unos índices de Modificación que indican qué sendas debemos añadir para mejorar el modelo. Pero tiene que ser coherente con la teoría.

Así se modificó la estructura del modelo pues tiene sentido pensar quejas variables de Aptitud y las de Personalidad, además de influir en la Actitud, pueden influir en las Instrumentales y todas, a su vez, influir en el Rendimiento en Matemáticas.

El modelo debe funcionar tanto globalmente como en cada una de sus partes. Para ello se empezó eliminando en cada grupo las variables cuyos parámetros eran menores. Haciéndolo de uno en uno, desaparecen del modelo por el poco peso relativo en la configuración de su variable latente respectiva variables como: Nivel económico, Atención, Autoconcepto general, Velocidad de lectura y Cálculo. También desaparecen del modelo otras variables que influyen en el Rendimiento en Matemáticas o en la Inteligencia general: Nivel cultural, Metodología del profesor, Integración familiar, Integración escolar.

De todas formas, aunque mejoran algunos resultados, no mejoran todos los modelos parciales ni el global, mientras no se considera al Autoconcepto académico como mediador. Es solo entonces cuando funciona correctamente tanto el modelo global como cada uno de los modelos parciales. En este caso todos los parámetros obtenidos son significativos y los indicadores muestran un buen ajuste del modelo a los datos (ver Figura 3).

Los resultados más relevantes son:

1. Las variables medidas que tienen poco peso en la configuración de su variable latente no intervienen en el modelo.

2. Los Condicionantes familiares y el Nivel Contextual no forman parte del modelo pero son un factor de riesgo del Rendimiento en Matemáticas pues correlacionan significativamente.

3. El Autoconcepto académico hace de mediador entre las Aptitudes y la Actitud y el Nivel Instrumental con lo que podemos hablar de una Personalidad académica que hace referencia a la autoestima escolar del alumno y a la confianza y seguridad en sus propias capacidades y en su carácter.

4. Algunos de los parámetros obtenidos son bajos y los errores de varianza altos. El modelo es mejorable en su parte derecha sobre todo en lo referente a la Actitud y a la Personalidad académica.

5. El modelo propuesto se cumple tanto para los chicos como para las chicas por lo que el sexo no influye en el rendimiento en Matemáticas, tal como indican investigaciones precedentes.

Si comparamos estos resultados con las hipótesis enunciadas, se cumplen las dos hipótesis principales:

H1: Unas variables intervienen y otras no.

H2: Entre las que intervienen en el modelo, lo hacen según diferentes niveles o jerarquías.

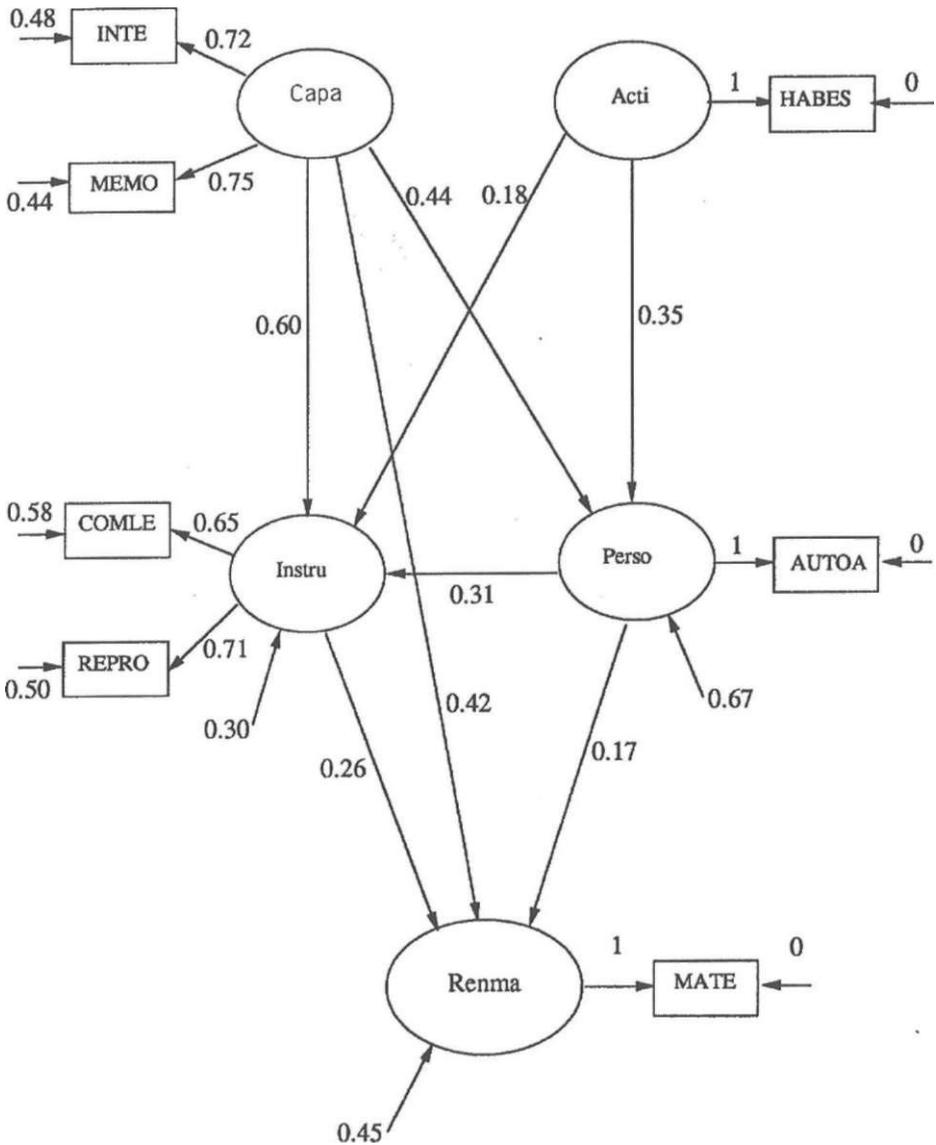


Figura 3: Parámetros estimados del modelo final.

En cambio, las cuatro subhipótesis que hacían referencia al modelo no se cumplen estrictamente, ya que cambia el orden o la mediación de influencia en el Rendimiento en Matemáticas.

8. CONCLUSIONES

1. La importancia de un modelo.

El especialista lo puede utilizar para diagnosticar y hacer propuestas de intervención. También es importante como punto de referencia para futuras investigaciones que, sin lugar a dudas, mejorarán y completarán el modelo final propuesto.

2. Las posibilidades del diagnóstico-intervención.

Hay 49 casos (14%) en la muestra con rendimiento negativo en Matemáticas. Se pueden entresacar los alumnos que están situados en el 20% inferior de la prueba en cuestión, lo que ya nos indica los aspectos sobre los que hay que trabajar. Hay 5 casos que no tienen "malos" resultados en ninguna de las pruebas pero se sitúan en el 30% inferior. En estos casos se puede ver si son suspensos habituales y si hace falta se puede trabajar el aspecto donde se da ese déficit.

3. Posibilidades del diagnóstico-prevención.

Se pueden entresacar los alumnos con rendimiento normal en Matemáticas pero que están en el 20% inferior en alguna o varias pruebas. Se puede hacer un trabajo de prevención con estos alumnos para evitar que sean futuros suspensos.

4. Utilidad de los haremos.

En el anexo de la tesis (Arrieta, 1995) figuran los haremos de todas las pruebas que son muy útiles por el habitual déficit de haremos actualizados para casos culturalmente próximos y edad análoga.

5. Limitación estadística.

No se mejora el porcentaje global de varianza explicada en el Rendimiento en Matemáticas (55%). Se obtiene un buen resultado para las variables instrumentales (del orden del 70%) y en cambio baja la varianza explicada en la Personalidad Académica que es del orden del 33%.

6. Investigaciones complementarias.

Sería conveniente completar la investigación ampliándolo a centros de otras redes educativas, añadiendo variables o incluso para otras áreas o el propio rendimiento general.

Evidentemente, el problema sigue latente pero aquella pregunta ¿qué se puede hacer con los alumnos de bajo rendimiento en Matemáticas? que nos impulsó a embarcarnos en este proyecto, se ha visto respondida con la propuesta de un modelo que posibilita un tratamiento sistemático a dichos alumnos. Sólo por ello, el esfuerzo ha merecido la pena.

(Abreviaturas utilizadas)

| | | |
|---|--|----------------------|
| NIECO: Nivel económico padres. | NICUL: Nivel cultural padres. | |
| INFAM: Integración familiar. | INESC: Integración escolar. | |
| MEPRO: Metodología del profesor, | INTE: Inteligencia general. | |
| ATEN: Atención. | MEMO: Memoria. | |
| AUTOG: Autoconcepto general. | AUTOA: Autoconcepto académ. | |
| HABES: Hábitos de estudio. | VELOL: Velocidad de lectura. | |
| COMLE: Comprensión lectora. | REPRO: Resolución de problemas. | |
| Confam: Condicionantes famil. | Nicon: Nivel contextual alumno. | |
| Capa: Capacidad | Perso: Personalidad | Acti: Actitud |
| Instru: Nivel instrumental | Renma: Rendim. en Matemáticas | |

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVARO PAGE, M. y cols. (1990): *Hacia un modelo causal del rendimiento académico*. Madrid: C.I.D.E.-M.E.C.

ARRIETA, M. (1995): *Análisis causal para un diagnóstico individual del rendimiento en Matemáticas (11-12 años)*. (Tesis doctoral en proceso de publicación por la U.P.V.).

DAVIS, J.A. (1985): *The logic of causal order*. Londres: Sage.

HARRIS R.J. (1985): *A primer of multivariate statistics*. Orlando, Florida: Academic.

JORESOG, K.G. y SORBOM, D. (1979): *Advances in factor analysis and structural equation models*. Cambridge: Abt Books.

JORESOG, K.G. y SORBOM, D. (1982): "Recent developments in structural equation modeling". *Journal of Marketing Research*, 19, 404-416.

JORESOG, K.G. y SORBOM, D. (1993): *Lisrel8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language*. Chicago: SSI, Inc.

MOORE, D. S. (1991): *Statistics. Concepts and controversies*. Nueva York: Freeman.

NORTES CHECA, A. (1993): *Un modelo de evaluación diagnóstica en Matemáticas*. Murcia: Publicaciones Universidad de Murcia.

RODRIGUEZ ESPINAR, S. (1982): *Factores de rendimiento escolar*. Barcelona: Oikos-Tau.