

**X ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA
Tenerife, 6 y 7 de Febrero de 2003**

Daniel Santín González y Aurelia Valiño Castro
Departamento de Economía Aplicada VI (Hacienda Pública y Sistema Fiscal)
Universidad Complutense de Madrid

**LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA: ¿IMPORTAN LAS
ESCUELAS?**

RESUMEN

La extensa literatura acerca de la función de producción educativa ha mostrado como este proceso productivo es muy distinto al de otros bienes y servicios. Una especificación funcional simple del modelo educativo puede suponer la obtención de conclusiones erróneas a la hora de llevar a cabo recomendaciones de políticas educativas. En particular, consideramos que los alumnos no pueden ser agregados de forma simple, ya que éstos no son unidades homogéneas debido fundamentalmente a sus distintas dotaciones socioeconómica y de educación informal o inteligencia emocional, que condicionan de partida sus resultados. Así, la política y los modelos que tratan de asignar los mismos factores productivos a alumnos distintos es ineficiente y puede llevar a conclusiones como que la escuela no importa. Para superar estas limitaciones se propone un modelo en dos etapas que calcule distintos outputs escolares en valor añadido, lo que nos van a permitir estimar la importancia de cada factor productivo escolar sobre diferentes tipos de alumno. Las bondades de este modelo son comprobadas con los datos españoles del *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) que muestran que la escuela si importa pero que la política de *café para todos* no es eficiente en las escuelas.

Palabras Clave: Función de producción, educación, valor añadido, escuela.

1. Introducción

La Teoría del Capital Humano [Becker, 1964], puso de manifiesto que un individuo mejor formado recibirá más ingresos a lo largo de su ciclo vital. Desde la consolidación de esta teoría, objetivos como la reducción del fracaso escolar, el aumento del rendimiento académico, la mejora en la calidad de la enseñanza y la igualdad de oportunidades educativas para todos los alumnos engloban, a grandes rasgos, el deseo general de los distintos colectivos que componen el mundo educativo. Las recientes reformas educativas llevadas a cabo en España, tanto en la educación superior como en la no universitaria, vendrían a tratar de ofrecer respuestas a estos objetivos.

En el caso específico de la educación no universitaria, objeto de interés a lo largo de este trabajo, el principal objetivo a lo largo de la literatura ha sido la búsqueda de una función de producción educativa que relacionara los factores productivos, el contexto y los resultados educativos. Desafortunadamente, y después de miles de publicaciones que discuten en torno a las características de esta función productiva, las

conclusiones de carácter general obtenidas han sido muy escasas, y siguen siendo muchas las preguntas que quedan en el aire en torno a los inputs que más influyen a la hora de aumentar el rendimiento académico y reducir el fracaso escolar.

Así, deben quedar claras las enormes carencias de conocimiento científico en economía de la educación. Cuando una sociedad aborda reformas educativas o decide dedicar un mayor esfuerzo en términos del PIB a la educación de sus ciudadanos no dispone de ningún modelo teórico que garantice que más recursos supongan, *per se*, mejores resultados. No existe en la literatura ninguna evidencia empírica significativa de que las políticas de mejora de la educación que en principio parecerían lógicas, tales como menos alumnos por clase, mejores salarios, más formación del profesorado, ordenadores en las aulas, etc., produzcan mejores resultados.

El objetivo de este trabajo es pasar revista desde un punto de vista crítico a los modelos educativos tradicionales y presentar a los modelos en valor añadido como alternativa. El trabajo viene organizado de la siguiente manera. En el segundo apartado revisaremos los principales trabajos y metodología empleada a la hora de estimar la función de producción educativa. A continuación presentaremos los modelos en valor añadido como alternativa a los tradicionales. En el cuarto apartado mostraremos los resultados obtenidos con un modelo en valor añadido para los datos españoles del TIMSS. Finalmente, en el último apartado presentaremos las principales conclusiones.

2. La función de producción educativa.

2.1. Antecedentes acerca de la función de producción educativa.

Desde mediados de los sesenta y a lo largo de los setenta, numerosos autores comenzaron a investigar los factores que estaban relacionados con los resultados escolares, basados en su mayoría en el esquema de función de producción desarrollado por Carroll (1963). Dos de los estudios que más atención han recibido posteriormente fueron los realizados por Coleman (1966) y Jenks (1972).

La principal conclusión del “Informe Coleman”, por la que adquirió relevancia posterior en la investigación de la educación, venía a indicar que teniendo en cuenta los antecedentes familiares y personales de los alumnos, su rendimiento escolar apenas guardaba relación con los recursos escolares. A pesar de las críticas metodológicas que

plantearon diversos autores Bowles y Levin (1968a y b,) el Informe Coleman dejó abierto un debate, que actualmente todavía no está cerrado, que podríamos plantear con la siguiente pregunta: ¿Importan las escuelas?

Siguiendo el orden cronológico, el influyente artículo de Summers y Wolfe (1977) vino a contestar de forma positiva la cuestión planteada anteriormente. Este trabajo introdujo además nuevas consideraciones teóricas en el debate, en particular la medición del rendimiento académico en valor añadido. Estas autoras argumentan las siguientes ideas en torno a la importancia de la escuela y los modelos educativos.

- Se critica el uso de los datos agregados en vez de usarlos a nivel individual. Igualmente se critica el hecho de usar un indicador de resultados y no el valor añadido que el centro es capaz de aportar al alumno. Se concluye que los datos desagregados son capaces de arrojar mayor luz acerca de los factores productivos que resultan significativos.
- Se encuentra que muchos inputs escolares importan y que su impacto varía considerablemente con el tipo de estudiante. Determinados inputs ayudarían más, por ejemplo, a los alumnos más desaventajados mientras que otros inputs favorecerían en mayor medida a los alumnos aventajados.

Tras este trabajo se han ido publicando numerosas investigaciones siguiendo el esquema input-output con resultados contradictorios a la hora de señalar si la escuela importa o no en la producción educativa. Las dos líneas principales en las que el debate se encuentra actualmente son las siguientes.

Por un lado, el trabajo de Eric Hanushek¹ defiende en sus numerosas publicaciones la tesis de que más dinero no implica por si solo mejores resultados². Hanushek demuestra, tras una extensa revisión de trabajos, que no existe una relación significativa clara que ratifique de forma significativa que más factores productivos escolares supongan un aumento en los resultados de los alumnos. Este autor defiende básicamente que los mayores recursos deben de ir acompañados de cambios

¹ Para una revisión de su influyente y extensa literatura en el campo de la economía de la educación podemos destacar: Hanushek (1986, 1996, 1997).

² Deller et al. (1993) y Pritchett et al. (1999) obtienen conclusiones que apoyan esta misma tesis.

institucionales como la competencia entre escuelas, la medición sistematizada de los resultados y los recursos o la introducción de incentivos al profesorado.

La segunda línea de pensamiento argumenta que la escuela si importa. Desde 1986 ha existido una fuerte reacción al trabajo de Hanushek en distintas publicaciones; Card y Krueger (1992), Figlio (1999), Dewey (2000) y Krueger (1999, 2000). Éstos y otros autores apuntan que si existe una relación positiva entre más recursos dedicados a la educación y los resultados de los estudiantes. El debate sigue abierto.

2.2. Problemas en la estimación de la función de producción educativa.

El esquema input-output para modelar el proceso de la educación ha sido empleado en numerosos estudios como Debertin (1976), o Sengupta y Sfeir (1986) entre otros. La educación se desarrolla a través de varios niveles, esto es, se encuentra estructurada de forma jerárquica. Sin embargo la forma más habitual de estimar esta función en los estudios económicos ha sido con los datos agregados a nivel escolar³. Este supuesto plantea una serie de limitaciones teóricas.

En primer lugar, la forma funcional educativa o la f del modelo, sigue siendo, desde las primeras investigaciones sobre producción educativa, completamente desconocida. ¿Por qué determinados países con mayor inversión en educación obtienen peores resultados académicos en estudios de rendimiento internacional que otros con menor inversión? La respuesta a esta pregunta no es fácil y debemos buscarla en variables difícilmente cuantificables tales como los métodos pedagógicos, factores culturales hacia la educación y otras variables contextuales fuertemente interrelacionadas aunque no siempre con la misma lógica.

En esta misma dirección apunta el trabajo de Vandenberghe (1999). Este autor señala como las diferencias existentes en la calidad de las escuelas no sólo se corresponden con diferencias de gasto por alumno, tamaño de la clase u otras variables tradicionales, sino en factores como la capacidad del profesor o el clima escolar. Sin

³ A pesar de que en economía abundan en mayor medida los estudios a nivel escolar, existen trabajos como el ya citado de Jenks et al. (1972), Madaus et al. (1980) o Castejón (1994) en los que la unidad de análisis a la hora de estimar la función de producción educativa es el alumno. Estos estudios que resuelven el problema de la “unidad de análisis” con la desagregación, pueden caer en la llamada *falacia*

embargo el esquema tradicional de la función de producción educativa difícilmente recoge estos factores que se asume forman parte de la *caja negra* en la que la escuela queda convertida. Además, las relaciones tecnológicas entre inputs y outputs estarían condicionadas por la presencia de los factores relacionados con la organización o también llamada eficiencia-x [Leibenstein, 1966].

2.3 Algunas dificultades en la estimación de la función de producción educativa mediante el esquema input-output.

El desconocimiento de un modelo educativo ha sido objeto de diversas explicaciones que justifican esta carencia. Según Worthington (2001), la primera de ellas sería la metodología input-output de los modelos empleados, en la cual se tiende a tomar la información de inputs escolares que existen en otros trabajos o la única que esté disponible y a partir de ella se hace el análisis sin observar las características particulares de cada contexto educativo.

Una segunda explicación, realmente pesimista, sería que la escuela no importe realmente a la hora de explicar el resultado de los alumnos. Según esta explicación la capacidad innata y el origen socioeconómico del individuo serían determinantes del éxito o fracaso académico. La *teoría de la señalización*, propuesta por Spence (1973) y Arrow (1973) defiende que la educación es un *filtro* para señalar la capacidad innata de la persona de cara al oferente del trabajo y por tanto la escuela no añadiría capital humano al individuo ni le haría más productivo, tan solo le destacaría del resto a la hora de alcanzar los mejores puestos de trabajo.

Una tercera explicación es que los estudios de producción educativa asumen de partida que todas las escuelas dispondrían de la misma tecnología lineal, aditiva y homotética, transformadora de inputs escolares en resultados académicos, cuando en absoluto parece obvio, a tenor de la revisión de la literatura efectuada, que este esquema tan sencillo sea el caso real. A este respecto, Eide y Showalter (1998) señalan, a partir de los resultados obtenidos en una regresión por cuartiles de inputs escolares sobre el resultado académico, el siguiente comentario: “nuestros resultados sugieren que pueden existir diferentes efectos de los inputs escolares sobre las ganancias en resultados

individualista o atomística, Riley (1963) y Grunfeld et al. (1960), es decir, en extraer conclusiones para los niveles agregados a partir exclusivamente de las características de los individuos.

dependiendo del punto de la distribución condicional de resultados donde nos encontremos. Este hecho es muy útil para la toma de decisiones del sector público, ya que algunos recursos escolares que parecen no tener ningún efecto sobre la media de rendimiento del centro pueden tener gran influencia en distintos tramos de la distribución condicional de las ganancias de rendimiento”.

Todos estos resultados apuntan una cuarta limitación que existe cuando los datos son agregados a nivel escolar, es el problema conocido como *falacia ecológica*, término acuñado por Robinson (1950). Este problema consiste en suponer que las correlaciones existentes a nivel agregado son las mismas que a nivel individual cuando en la práctica pueden ser mayores, menores o incluso distintas. Un acertado intento de solucionar este problema son los llamados *modelos* multinivel, [Bryk et al., 1992]. Estos modelos son utilizados en contextos donde los datos poseen una estructura claramente de tipo jerárquica o anidada. En nuestro caso, los alumnos estarían anidados o pertenecerían a distintos contextos más amplios como son el aula, su colegio, el barrio o la ciudad, etc. A pesar de que estos modelos han supuesto indudablemente un avance en los problemas con datos multinivel respecto a los modelos input-output, esta metodología asume determinadas restricciones. En particular la linealidad del modelo, los supuestos acerca de la distribución de las variables aleatorias y la forma paramétrica de la función de producción educativa, que puede no corresponderse exactamente con un proceso tan complicado a priori como el educativo, en el que influyen tanto variables contextuales como escolares con distintos efectos sobre distintos tipos de alumnos.

3. Hacia la superación del modelo input-output: Abriendo la caja negra.

El sector público difícilmente puede intervenir en las características personales y familiares del alumno, tales como su condición socioeconómica, nivel de estudios de los padres, recursos en el hogar o inteligencia innata. Sin embargo, observamos como estas variables no escolares influyen significativamente en el resultado académico.

Por tanto, a pesar de que actualmente los modelos que analizan el proceso educativo consideran que todos los alumnos son iguales, ya que a todos ellos se les aplica los mismos recursos en aproximadamente la misma intensidad dentro de una misma escuela, creemos que los alumnos no son unidades homogéneas sino más bien muy heterogéneas a la hora de enfrentarse a su educación. Cada alumno posee una

dotación personal de inputs distinta a la de sus compañeros que le permite transformar el tiempo y los recursos que recibe en la escuela en unos determinados resultados. En esta línea de superación del modelo input-output, que asume la misma tecnología para todos los alumnos, estarían los modelos contexto-input-proceso-output postulados entre otros por Scheerens (1992). Estas investigaciones acerca de la eficacia de las escuelas introducen variables relativas al clima escolar como claves del proceso educativo.

Asumiremos así que las tecnologías que poseen los alumnos para transformar factores productivos en resultados son distintas como consecuencia de sus características personales⁴. Hasta hace poco la habilidad del individuo era medida básicamente a través del coeficiente intelectual. La inteligencia, en esos términos, era entendida como un bloque monolítico de habilidades intelectuales; por eso, ante la evidencia de que hay algo más que nutre a ese cúmulo de saber, se comienza a buscar y tratar de medir en el individuo aquello que actualmente se denomina en psicología educación informal o inteligencia emocional, [Goleman, 1995]. Así, se observa que muchos niños que están por debajo del estándar aceptable de coeficiente intelectual, obtienen logros y resultados exitosos en su rendimiento escolar. A la vez, junto a estos alumnos se aprecia el otro extremo; aquellos individuos con altos coeficientes intelectuales que no logran alcanzar los objetivos de éxito planteados.

En economía estas características sólo son cuantificables a través de variables *proxy* muy burdas tales como el tiempo dedicado a distintas tareas fuera de la escuela tales como estudiar, practicar deporte o leer libros; implicaciones en conflictos escolares, opiniones, relaciones con los compañeros, etc. La interrelación existente de estas variables con el resultado escolar así como con otros inputs individuales y escolares es evidente. Si tuviéramos un modelo mediante el cual pudiéramos *separar* individuo y escuela podríamos evaluar los factores productivos sobre los que el gestor educativo puede intervenir con el objetivo de maximizar el rendimiento académico de los alumnos teniendo en cuenta sus especiales características.

4. La función de producción en valor añadido: una aplicación al caso español.

⁴ Este es uno de los supuestos claves del modelo que desarrollaremos. El objetivo es profundizar en el conocimiento de la *caja negra* y para ello es preciso relajar supuestos tradicionales como la consideración de que todos los alumnos son igual de productivos a la hora de recibir la educación.

Desde su fundación en 1959, la IEA (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement) ha desempeñado una única labor de especialización en la investigación comparativa internacional de la producción educativa en las etapas no universitarias. El objetivo de sus estudios es conocer el nivel de rendimiento de los alumnos, comparar los resultados entre países y tratar de explicar las diferencias en función de las distintas características de los sistemas educativos. Por otro lado, se pretende dar a los gestores una base sólida en torno a como funciona el proceso educativo para la toma de decisiones óptimas.

En España el TIMSS se llevó a cabo entre los meses de mayo y junio de 1995. En esta aplicación empírica tan sólo manejaremos los resultados en matemáticas correspondientes a 3700 alumnos de 8º curso en 147 colegios, que recoge mayoritariamente a la población de 13 años. La puntuación media de los alumnos españoles de 8º de EGB fue de 487 en matemáticas; esto representa el puesto 31º, sobre 41 países. En ciencias, el resultado medio fue de 517; representando el puesto 26º, de nuevo sobre 41 países.

4.1. El nivel de alumno

Empecemos considerando en un primer nivel una función de rendimiento académico medido a nivel de alumno. Una primera y simple ecuación es:

$$A_{is} = F(B_{is}, IE_{is}) + \eta_{is} + \varepsilon_{is}$$

Donde i se refiere a estudiantes y s se refiere a colegios. A_{is} es el rendimiento alcanzado, B_{is} representa el conjunto de inputs individuales y familiares presentes y acumulados que influyen en el rendimiento, IE_{is} hace referencia a la variable de inteligencia emocional del alumno. η_{is} es el efecto de las variables escolares sobre el rendimiento del alumno i que deberá ser estimado y ε_{is} recoge el ruido en los datos así como otros factores determinantes que también influyen en el rendimiento pero que no han sido observados. A través de esta ecuación obtendremos una estimación \hat{A}_{is} del rendimiento para cada alumno en cada escuela.

Figlio (1999) critica que, a pesar del conocimiento de la existencia de fuertes interrelaciones entre las variables educativas los modelos econométricos a nivel de alumno continúen siendo lineales e independientes de la escala. Al relajar estos supuestos y usar funciones más flexibles, por ejemplo funciones translog frente a las habituales Cobb-Douglas, este autor detecta relaciones que de otra manera no hubieran sido encontradas. Por otra parte Baker (2001) utiliza, también a nivel de escuela, diversos modelos no paramétricos de redes neuronales artificiales (RNAs) y encuentra relaciones no lineales entre los inputs escolares y el resultado medio de la escuela. Santín y Valiño (2000) encontraron como un modelo que aplicaba RNAs realizaba mejores predicciones del resultado académico a nivel de alumno que un modelo de regresión múltiple como consecuencia de tener en cuenta las relaciones no lineales.

Por tales motivos, parece óptimo relajar el supuesto de que todos los alumnos utilizan una tecnología transformadora uniforme y acudir a un análisis no lineal. Para ello utilizaremos RNAs. Con esta herramienta⁵ hemos construido, a partir de datos individuales, el modelo predictivo que nos permita indagar que parte del resultado escolar podemos explicar en función de variables no escolares tales como estudios de los padres, recursos en el hogar y hábitos del alumno. La tabla 1 muestra como mediante un modelo de RNAs obtenemos mejores predicciones individuales y por tanto un modelo más ajustado al real.

Tabla 1: Comparación de la capacidad predictiva⁶ de los modelos de regresión múltiple y de RNAs para 168 variables individuales.

| | C. Correl. | R² | RMSE | MAE | MAPE |
|------------------|-------------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| RNAs | 0,656 | 0,431 | 57,943 | 46,088 | 0,097 |
| Regresión | 0,576 | 0,332 | 60,423 | 47,953 | 0,100 |

Nuestro objetivo en este primer nivel es múltiple. Por una parte estamos tratando de explicar que parte del resultado del alumno está poco influenciado por el centro al que acude, dadas unas condiciones homogéneas para todos ellos, (por ejemplo,

⁵ Para una extensa revisión de esta técnica puede acudirse entre otros a Bishop (1996).

⁶ $RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\rho_i - \hat{\rho}_i)^2}$; $MAE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |\rho_i - \hat{\rho}_i|$; $MAPE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left| \frac{\rho_i - \hat{\rho}_i}{\rho_i} \right|$

residencia en una determinada región). Por otra parte, esta función, construida a partir de criterios individuales, nos servirá en un futuro para predecir ex-ante la probabilidad de fracaso académico de los alumnos de riesgo a partir de su resultado esperado. Si valoramos los criterios de equidad es lógico que el sector público intervenga para tratar de minimizar este resultado sobre todo en los colectivos más desfavorecidos a fin de garantizar igualdad de oportunidades antes de que empiece el proceso de la educación.

Además, utilizaremos el resultado de la predicción del modelo para posteriormente, al finalizar el curso académico, comparar los resultados realmente obtenidos por los alumnos con los que según sus características deberían obtener y construir los outputs en valor añadido de la escuela. El objetivo final es medir la influencia de los distintos factores productivos sobre distintos alumnos y la eficiencia escolar. Por otro lado, la función de producción estimada nos servirá para identificar a los alumnos con una alta probabilidad de rendimiento elevado, sobre los que se debería aplicar una política educativa de gasto distinta evitando⁷, en la medida de lo posible, la política de *café para todos* que como ya hemos señalado es completamente ineficiente.

4.2. La construcción de outputs en valor añadido.

Una vez disponemos de un modelo capaz de realizar estimaciones acerca del resultado que un alumno obtendrá en la escuela sin tener en cuenta las variables escolares, nuestro objetivo es tratar de explicar la diferencia entre el resultado escolar real y la estimación a partir de las variables individuales. Para la siguiente aplicación empírica hemos construido tres outputs en valor añadido.

- Porcentaje de alumnos en cada centro que obtienen un rendimiento mayor que el esperado por el modelo según sus características. (OUTPUT VA1)
- Porcentaje de alumnos en cada centro que según el modelo deberían obtener una puntuación menor que el primer cuartil de rendimiento y sin embargo obtienen un

⁷ Esta aplicación de recursos distinta no implica necesariamente dividir a los alumnos en *buenos o malos*. Los alumnos más aventajados pueden influir positivamente a través del llamado “efecto compañeros” en los alumnos más desaventajados. Políticas como la introducción de profesores de apoyo, institucionalizar las clases de recuperación o dividir las clases en grupos de trabajo dentro de una misma aula parecen alternativas más adecuadas y sobre todo en las edades más tempranas. En cualquier caso parece necesaria una mayor inversión de recursos en el estudio de los métodos pedagógicos más eficientes así como la introducción de incentivos al profesorado que hagan que su objetivo sea la maximización de las capacidades de sus alumnos según las características de éstos.

rendimiento mayor. Este output en valor añadido analiza los recursos escolares que influyen en que un alumno de riesgo consiga escapar del 25% de alumnos con peores resultados y que reduzca así sus probabilidades de fracaso escolar. (OUTPUT VA2)

- Porcentaje de alumnos en cada centro que según el modelo deberían obtener una puntuación menor que el tercer cuartil de rendimiento y sin embargo obtienen un rendimiento mayor. Esta dimensión analizaría los factores que hacen que un alumno con un resultado medio pase a estar entre el 25% de los mejores. (OUTPUT VA3)

Aunque de cara al ejercicio empírico que desarrollaremos sólo hemos definido estos tres outputs, el modelo permitiría aumentar este número. Para ello podemos tener en cuenta otros factores como la distancia entre los resultados esperados y alcanzados o la especial consideración de determinados grupos de estudiantes como serían, por ejemplo, algunos colectivos de la población inmigrante o el grupo de alumnos con rentas familiares bajas por citar sólo algunos casos.

4.3. El Nivel Escolar.

A continuación trataremos de explicar que variables influyen en las distintas dimensiones de outputs. Dado que carecemos de un modelo educativo que a priori nos indique cuales son los inputs significativos, la metodología que hemos utilizado para encontrar el modelo que mejor aproxime los datos ha sido la de llevar a cabo regresiones por pasos sucesivos, [Darlington, 1990]. Desde un modelo que hacemos explícito iremos introduciendo y extrayendo variables iterativamente en base a algún criterio de entrada o salida previamente definido. La búsqueda termina cuando los criterios de entrada-salida se detienen o tras un número de pasos definido. El criterio de entrada-salida que hemos seguido es el conocido como *hacia atrás*.

En el anexo recogemos las tablas con las variables que resultan ser explicativas para cada uno de los outputs y el resultado medio de la escuela. La tabla 2 muestra los inputs que resultaron ser significativos para un solo output. La tabla 3 muestra los inputs que resultaron ser significativos para distintas dimensiones de outputs.

4.3.1. Los inputs significativos para una sola dimensión de output.

OUTPUT VA1

El coeficiente negativo de **Dirhabpadres** y **profhabpadres** parece indicar que aquellos colegios en los que tanto el director como el profesor de matemáticas dedican más tiempo a hablar con los padres tienen peores resultados. Así, en las escuelas más conflictivas tanto el director, los profesores, pero fundamentalmente los padres, que ven que sus alumnos tienen determinados problemas, tienden a concertar más entrevistas. **Semanasaño** indica que aquellos colegios que tienen más semanas escolares, en el modelo educativo español serían aquellos que empiezan en los primeros días de septiembre y terminan en los últimos días de junio, obtendrían mejores resultados. **Planifotras** indica que las horas que el profesor de matemáticas dedica a planificar otras asignaturas distintas a la de enseñar matemáticas influye negativamente en el resultado. **Horascoopera** muestra que al aumentar las horas dedicadas a reuniones de profesores para cooperar en la elaboración de actividades mejoran los resultados. **Gastomaterial** indica que parece más positivo que se centralicen las decisiones en torno al gasto en material y que no sea dejada esta decisión a los profesores de manera individual.

En cuanto a los comportamientos y metodologías de enseñanza que se siguen en clase; **Debate** parece indicar que la actividad de debatir o discutir las respuestas a cuestiones que se realizan en clase aumenta el número de alumnos que mejoran el resultado. Sin embargo **porparejas** y **pizarra**, señalan que tanto que los alumnos trabajen a menudo por parejas sin control del profesor o que copien directamente los apuntes de la pizarra son metodologías discutibles en cuanto a los resultados que obtienen ya que disminuye el output en valor añadido 1 de la escuela.

OUTPUT VA2

El signo positivo de **mismoprofesor** indica que resulta positivo permanecer durante varios años con un mismo profesor. En cuanto a los métodos pedagógicos y actividades en el aula, **unasemana** indica que los colegios donde los profesores se reúnen una vez a la semana obtienen peores resultados que en los que sus profesores se sitúan en otras categorías de la variable número de reuniones. **Temas** indica que es positivo para el rendimiento de los alumnos desaventajados que el profesor tenga mucha influencia en los tópicos y materias que serán enseñados.

Librosprofe indica que existe una correlación positiva entre el número de libros que el profesor tiene en casa y el progreso en los resultados académicos de sus alumnos

más desfavorecidos. **Tiempotexto** indica que cuanto más porcentaje del tiempo de clase de matemáticas se dedica al libro de texto más fácil resulta para el alumno su progreso. **Razonar** indica que es muy recomendable hacer que los alumnos desaventajados expliquen a menudo razonadamente las ideas relacionadas con el temario.

Ayudarespuesta indica sin embargo que no resulta positivo para este grupo de alumnos que un compañero corrija a otro después de una respuesta incorrecta. Así habría que ser muy cauteloso con esta metodología y aplicarla con cuidado de que los alumnos que no contestan correctamente no se sientan incómodos como para no responder en futuras ocasiones. **Tareanotas** señala que tener en cuenta las tareas de casa para evaluar a los alumnos más desfavorecidos tampoco parece la mejor metodología a seguir con este grupo de alumnos. Por último, **rural** indica que los alumnos desfavorecidos que se encuentran en localidades rurales, es decir fuera de las grandes ciudades, consiguen escapar mejor de la zona de alto riesgo de fracaso escolar.

OUTPUT VA3

Mas5años señala que un mayor porcentaje de profesores que lleven más de cinco años en la escuela reduce el número de alumnos que alcanza el grupo de los mejores. Puede por tanto que el grupo de profesores más jóvenes y motivados ayuden a los alumnos de nivel intermedio a despertar un mayor interés por la asignatura que les haga mejorar sus resultados. Además **educacion** indica que el nivel de educación formal del profesor influye positivamente en el porcentaje de alumnos que consigue entrar en el grupo de los alumnos más aventajados. **Tareas** indica que para los alumnos más aventajados resulta óptimo dedicar más horas a supervisar sus tareas.

A diferencia de lo que hemos visto para otros outputs, **preguntaotros** indica que la actividad en clase que consiste en que el profesor pregunte a un alumno con más probabilidad de acertar, después de la respuesta incorrecta de un compañero, es positiva para los mejores alumnos. Quizás este método pedagógico fomente una sana competencia entre los mejores alumnos por ver quien responde más cuestiones. Sin embargo **autocorregir** indica que no es positivo que los propios alumnos corrijan cada uno sus propios deberes. El alumno no se esforzaría o lo haría en menor medida ya que muchos de ellos tan sólo se limitarían a copiar las soluciones de la pizarra. Por otro lado, **tareadiscusion** indica que si resulta positivo realizar discusiones en torno a la

tarea que se está resolviendo. Por último **cenciudad** indica que recibir la educación en un colegio ubicado en el centro de una ciudad supone cinco puntos porcentuales menos de alumnos que entran en el grupo de los estudiantes con mejores resultados frente a vivir en zonas rurales o que no son ciudad o en las afueras de una ciudad.

Resultado medio

Este es el output que más ha sido utilizado a nivel de escuela en los estudios de función de producción educativa. Nuestro objetivo es comparar si las variables que influyen en el resultado medio son las mismas que para los distintos colectivos de alumnos dentro del aula. De los inputs introducidos tan solo dos explican las diferencias entre escuelas en el resultado medio. **Faltaclase** indica que el porcentaje de alumnos que a diario falta a clase influye negativamente en el resultado medio de la clase. De igual forma **burocraprof** señala que el número de horas que el profesor dedica a actividades burocráticas influye negativamente en el resultado medio de sus alumnos.

4.3.2. Los inputs significativos para varias dimensiones de output

A continuación señalaremos las características de aquellos inputs que resultan ser significativos para explicar varios de los outputs considerados.

Dismaterial indica que aquellos colegios que no fomentan las reuniones y claustros de profesores para la discusión de material y métodos educativos obtienen peores resultados en los outputs en valor añadido 1 y 3. La variable **sexto** muestra que los profesores que no simultanean las clases de octavo nivel con otros cursos obtuvieron mejores resultados en sus alumnos que aquellos profesores que si lo hacían. **Librotexto** indica que es positivo que el profesor tenga mucha influencia en la elección del libro de texto. Parece por tanto adecuado que cada profesor elija de un abanico de posibilidades la que mejor se adapte a los objetivos y preferencias del mismo.

Minsemana es una variable con un resultado controvertido ya que por una parte presenta un signo negativo para el output en valor añadido 1 y un signo positivo para el resultado medio de la escuela. Así, clases de matemáticas más largas aumentarían el resultado medio de la clase pero no fomentaría el aumento del valor añadido. **Calclase** indica que existe un coeficiente negativo asociado al uso de la calculadora en clase de

matemáticas. **Profguia** señala que tampoco parece adecuado que los alumnos trabajen en grupo con el profesor como guía.

Ratio muestra como una reducción del número de alumnos en clase tiene un efecto negativo para el output 1 y el output 2. Este resultado, contrario al esperado por la lógica educativa de que menos alumnos en clase supondría que el profesor pueda dedicar más tiempo a cada uno de ellos, se ha encontrado en distintos trabajos y sin embargo se siguen destinando recursos a reducir el número de alumnos en clase. Parece por tanto que sería más eficiente llevar a cabo otras políticas más productivas para el aumento de resultados. La explicación al comportamiento de esta variable no es bien conocida y sin duda más investigación educativa parece necesaria para la búsqueda del número de alumnos óptimo en la clase.

El número de repetidores en la clase viene expresado en la variable **repetidores** que muestra una correlación negativa para los outputs 1 y 2. Parece claro que estos alumnos podrían retrasar el aprendizaje de los mejores alumnos de la clase. Por último la variable **privado** muestra que salvo para los alumnos más desaventajados que recoge el output 2, en los cuales la diferencia no es significativa, los centros privados concertados obtienen mejores resultados que los centros públicos. Sin ser definitivo, en este punto de nuevo parece necesaria más investigación en torno a los beneficios que reportaría un sistema educativo con provisión pública y producción privada, lo que se ha dado en llamar el *cheque escolar*.

La variable **apoyo**, que hace referencia al número de horas que los profesores dedican a tareas de apoyo a los alumnos, está correlacionada negativamente con el resultado en los outputs 2 y 3. Concluimos por tanto que aquellos profesores que detectan más deficiencias en el aprendizaje dedican más horas a intentar ayudar a los alumnos más desaventajados repercutiendo negativamente en el resto de alumnos. Parecería por tanto más adecuado la introducción de profesores de apoyo específicos que complementen el trabajo normal del profesor para aquellos alumnos que más lo necesiten e incluso para aquellos que van muy bien.

Por otro lado **mas75%** indica que el porcentaje de profesores en la escuela con más del 75% de su docencia dedicada a las matemáticas obtienen peores resultados en el

output 3 y en el resultado medio. Por tanto y junto con el resultado anterior de la variable **sexto** la política óptima sería que el profesor de matemáticas diera clase a un mismo curso sin concentrar toda la docencia en la asignatura de matemáticas. Tanto para el resultado medio como para el output 3 la variable **preescolar**, que hace referencia al porcentaje de alumnos en la escuela que asistió a preescolar, está correlacionada positivamente con el rendimiento académico. Sería por tanto muy eficiente las políticas de escolarización temprana de los alumnos.

4.3.3. Los inputs significativos para todas las dimensiones de output

De todas las variables empleadas encontramos dos que resultan ser significativas a lo largo de los cuatro outputs. Por un lado, la variable **reuniones** indica muy claramente que el hecho de que los profesores no se reúnan regularmente para discutir distintas ideas acerca del material y de los métodos educativos es negativo tanto para los outputs en valor añadido como para el resultado medio de la clase. La cuantía del resultado es más negativa para los outputs en valor añadido 1 y 2.

Por otro lado, la variable **planifmates** muestra como el número de horas semanales que el profesor dedica a planificar la clase de matemáticas está positivamente correlacionado con los buenos resultados en matemáticas en los 4 outputs. De los outputs en valor añadido el output 2 es el que saldría más beneficiado de que los profesores dediquen más horas a la planificación de la asignatura de matemáticas.

Por tanto parece evidente que ambas políticas deberían ser incentivadas por las escuelas a partir de los resultados del modelo. Además ambos inputs influyen de forma incisiva sobre aquellos alumnos con más desventaja de partida. Asimismo vemos como el modelo es capaz de dar recomendaciones a cada centro sobre como asignar los recursos tanto materiales, de tiempo y de actividades para optimizar los outputs de los distintos alumnos, es decir, mediante el modelo podemos aumentar la eficiencia asignativa de cada escuela reorganizando los recursos que se aplican a la educación de los alumnos.

5. Conclusiones.

La falta de un modelo de producción educativa junto a los resultados contradictorios que se han obtenido en muchos trabajos es un indicador de que la

tecnología que transforma inputs educativos en resultados puede ser bastante complicada. Ello es debido a la multitud de factores productivos, mutuamente interrelacionados, implicados en este proceso. Por ello se justifica el uso de una metodología no lineal como las RNAs para aproximar dicha función de producción a nivel de alumno. Así, el objetivo es tratar de separar que parte del resultado académico del alumno es debido a sus variables de contexto, en cuya consecución contribuyen tanto la escuela como los padres del alumno.

La parte del resultado que no expliquemos con las variables contextuales del alumno deberá ser explicada en una segunda etapa con las variables escolares. Para este fin construiremos outputs en valor añadido, donde consideraremos que el aumento de un factor productivo es adecuado cuando es capaz de conseguir que los alumnos rindan por encima de lo esperado en función de sus distintas características individuales.

Una vez hayamos construido estos outputs en valor añadido trataremos de explicar las diferencias a lo largo de las escuelas con las variables propiamente escolares y del profesor que impartió la asignatura de matemáticas a los alumnos evaluados. Concluimos que la escuela si importa, pero que no es eficiente proveer de los mismos recursos a todos los alumnos, tal y como muestran los distintos resultados obtenidos para cada output y para el resultado medio de la escuela. Toda la información que proporciona el modelo puede ser empleada para la toma de decisiones con el objetivo de introducir eficiencia en el sistema educativo.

REFERENCIAS

- Arrow, K. J. (1973): "Higher education as a filter". *Journal of Public Economics*, 2(3), págs. 193-216.
- Baker, B. D. (2001): "Can flexible non-linear modeling tell us anything new about educational productivity?". *Economics of Education Review* 20 (2001) 81-92.
- Becker, G. (1964): *Human Capital: a Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*. Columbia University Press. New York.
- Bishop, C. M. (1996): *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford: Oxford University Press.
- Bowles, S. y Levin, H. M. (1968a): "The determinants of scholastic achievement: an appraisal of some recent evidence". *The Journal of Human Resources* 3 (1), 3-24.
- Bowles, S. y Levin, H. M. (1968b): "More on multicollinearity and the effectiveness of schools". *The Journal of Human Resources* 3 (3): 393-400.
- Bryk, A. S., Raudenbush, S. W. (1992): *Hierarchical Linear Models: Applications and data Analysis Methods*. Newbury Park, CA: Sage.

- Card, D. y Krueger, A. B. (1992): "Does school quality matter? Return to education and the characteristics of public schools in the United States. *Journal of Public Economics*, 100(1), pp. 1-40.
- Carroll, J. (1963): "A model of school learning". *Teachers College Record*, 64 723-733.
- Castejón, J. L. (1994): "Estabilidad de diversos índices de eficacia de centros educativos". *Revista de Investigación Educativa*, 24, 45-60.
- Coleman, J. S. et al. (1966): *Equality of educational opportunity*. Washington, DC: U.S. GPO.
- Darlington, R. B. (1990): *Regression and Linear Models*. Mc Graw-Hill.
- Debertin, D. L. (1976): "Estimating education production functions in rural and urban areas". *South Agricultural Economics*, 0, 31-35.
- Deller, S. C. y Rudnicki, E. (1993): "Production Efficiency in Elementary Education: The Case of Maine Public Schools". *Economics of Education Review* Vol. 12, Pp. 45-57.
- Dewey, J., Husted, T. A. y Kenny, L. W. (2000): "The ineffectiveness of school inputs: a product of misspecification?". *Economics of Education Review* 19, 27-45.
- Eide, E. y Showalter, M. H. (1998): "The effect of school quality on student performance: A quantile regression approach". *Economics Letters* 58, pp. 345-350.
- Figlio, D.N. (1999): "Functional form and the estimated effects of school resources". *Economics of Education Review* Vol. 18. Pp. 241-252.
- Goleman, D. (1995): *Emotional Intelligence*. New York. Bantam Books.
- Grunfeld, Y. y Griliches, Z. (1960): "Is aggregation necessarily bad?". *Review of Economics and Statistics* 42, 1-13.
- Hanushek, E. A. (1986): "The economics of Schooling". *Journal of Economic Literature*. Vol. 24, nº3, pp. 1141-1171.
- Hanushek, E. A., Rivkin, S. G. y Taylor, L. L. (1996): "Aggregation and the estimated effects of school resources". *The Review of Economics and Statistics*. November 1996. 78 (4), 611-627.
- Hanushek, E.A. (1997): "Assessing the effects of school resources on student performance: An update". *Educational Evaluation and Policy Analysis*. 19, 141-164.
- Jenks, C. S. (1972): "Inequality: A reassessment of the effects of family and schooling in America". NY: Basic Books, 1972.
- Krueger, A. B. (1999): "Experimental Estimates of Educational Production Functions". *Quarterly Journal of Economics*, 114, Nº 2, 497-532.
- Krueger, A. B. (2000): "Economic Considerations and Class Size". Working Paper Nº 447. Princeton University.
- Leibenstein, H. (1966): "Allocative efficiency and x-efficiency". *American Economic Review*, 56, pp. 392-495.
- Madaus, G. F., Afrasian, P. W. Y Kellaghan, F. (1980). *School effectiveness: a reassessment of evidence*. New York. Mc Graw-Hill.
- Pritchett, L. y Filmer, D. (1999): "What education production functions really show: a positive theory of education expenditures". *Economics of Education Review* Vol.18. Pp. 223-239.
- Riley, J. G. (1979): "Testing the Educational Screening Hypothesis". *Journal of Political Economics*, Oct. Pt II, 87(5), pp. 227-52.
- Robinson, W. S. (1950): "Ecological correlations and the behaviour of individuals". *American Sociological Review*, Vol. 15, 351-357.
- Santín, D, y Valiño, A. (2000): "Artificial Neural Networks for Measuring Technical Efficiency in Schools". II Oviedo Workshop on Efficiency and Productivity Analysis. Oviedo, Mayo.
- Scheerens, J. (1992): "Conceptual models and theory-embedded principles on effective schooling". *School Effectiveness and School Improvement*, 8(3), 269-310.
- Sengupta, J. K. y Sfeir, R.E (1986): "Production frontier estimates of scale in public schools in California". *Economics of Education Review*, 5, pp. 297-307.
- Spence, M. (1973): "Job Market Signaling". *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 87, pp. 1-17.
- Summers, A. A. y Wolfe, B. L. (1977): "Do Schools make a difference?". *American Economic Review* Vol. 67 Nº4. (Sept.).
- Vandenberghe, V. (1999): "Economics of Education. The Need to go Beyond Human Capital Theory and Production-Function Analysis". *Educational Studies*, Vol. 25, Nº 2.

Worthington, A. C. (2001): "An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education". Education Economics, Vol. 9, Nº 3.

ANEXO

Tabla 2: Coeficientes de las variables escolares influyentes en una sola dimensión del resultado.

| Variable | OUTPUT VA 1 | | OUTPUT VA 2 | | OUTPUT VA 3 | | OUTPUT MEDIA | |
|----------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | β | β Estand. | β | β Estand. | β | β Estand. | β | β Estand. |
| dirhabpadres | -0,488 (-0,178) | -0,2 | | | | | | |
| semanasaño | 1,18 (-0,342) | 0,246 | | | | | | |
| planifotras | -1,09 (-0,351) | -0,22 | | | | | | |
| horascoopera | 2,487 (-1,315) | 0,14 | | | | | | |
| gastomaterial | -13,377 (-4,331) | -0,234 | | | | | | |
| debate | 3,417 (-2) | 0,123 | | | | | | |
| porparejas | -7,414 (-2,262) | -0,236 | | | | | | |
| profhhabpadres | -6,364 (-2,218) | -0,203 | | | | | | |
| pizarra | -0,14 (-0,052) | -0,187 | | | | | | |
| mismoprofesor | | | 15,19 (-8,005) | 0,137 | | | | |
| unasemana | | | -10,47 (-3,763) | -0,199 | | | | |
| topicos | | | 9,191 (-3,878) | 0,184 | | | | |
| librosprofe | | | 6,939 (-2,665) | 0,188 | | | | |
| tiempotexto | | | 4,714 (-1,877) | 0,184 | | | | |
| razonar | | | 8,232 (-3,353) | 0,178 | | | | |
| ayudarespuesta | | | -7,009 (-3,191) | -0,159 | | | | |
| tareanotas | | | -5,85 (-2,211) | -0,194 | | | | |
| rural | | | 6,277 (-3,598) | 0,129 | | | | |
| mas5años | | | | | -0,117 (-0,046) | -0,18 | | |
| educacion | | | | | 2,548 (-1,271) | 0,144 | | |
| tareas | | | | | 1,521 (-0,85) | 0,136 | | |
| preguntaotro | | | | | 2,941 (-1,641) | 0,131 | | |
| autocorregir | | | | | -2,713 (-1,235) | -0,159 | | |
| tareadiscusion | | | | | 2,753 (-1,301) | 0,158 | | |

| | | | | | | | |
|-------------|--|--|--------------------|--|--------|------------------|--------|
| cenciuda | | | -5,128 (-2,486) | | -0,145 | | |
| faltaclase | | | | | | -2,1 (-0,908) | -0,154 |
| burocraprof | | | | | | -1,913 (-975) | -0,131 |

Tabla 3: Coeficientes de las variables escolares influyentes en varias dimensiones del resultado.

| Variable | OUTPUT VA 1 | | OUTPUT VA 2 | | OUTPUT VA 3 | | OUTPUT MEDIA | |
|-------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | β | β Estand. | β | β Estand. | β | β Estand. | β | β Estand. |
| (Constante) | 51,584 (-18,289) | | | | | | 412,661 (-21,91) | |
| reuniones | -17,786 (-5,936) | -0,204 | -17,66 (-8,414) | -0,148 | -9,855 (-5,209) | -0,133 | -42,565 (-10,736) | -0,261 |
| planifmates | 0,652 (-0,248) | 0,182 | 1,458 (-0,362) | 0,291 | 0,913 (-0,216) | 0,299 | 1,781 (-0,439) | 0,266 |
| tareaclase | -0,219 (-0,059) | -0,264 | -0,243 (-0,09) | -0,205 | -0,191 (-0,051) | -0,27 | -0,407 (-0,104) | -0,263 |
| profguia | -4,044 (-1,714) | -0,162 | -7,275 (-2,576) | -0,204 | | | | |
| ratio | 0,43 (-0,193) | 0,179 | 0,834 (-0,255) | 0,243 | | | | |
| dismaterial | -8,754 (-4,745) | -0,133 | | | -7,404 (-4,06) | -0,132 | | |
| librotexto | 5,906 (-2,483) | 0,168 | | | 8,707 (-2,147) | 0,29 | | |
| calclase | 1,396 (-0,705) | 0,14 | | | 1,681 (-0,64) | 0,197 | | |
| repetidores | -4,464 (-2,58) | -0,124 | | | -4,548 (-2,245) | -0,149 | | |
| privado | 5,634 (-3,057) | 0,149 | | | 7,628 (-2,469) | 0,237 | 15,899 (-4,796) | 0,226 |
| sexto | 9,557 (-2,616) | 0,266 | | | 6,114 (-2,211) | 0,2 | 10,833 (-4,517) | 0,162 |
| minsemana | -0,102 (-0,036) | -0,204 | | | | | 0,129 (-0,064) | 0,138 |