

# LA ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA EN VALOR AÑADIDO MEDIANTE REDES NEURONALES: UNA APLICACIÓN PARA EL CASO ESPAÑOL

Autor: *Daniel Santín González*<sup>(\*)</sup>  
Universidad Complutense de Madrid

P. T. N.º 5/03

(\*) Facultad de CC. Económicas y Empresariales. Departamento de Economía Aplicada VI (Hacienda Pública y Sistema Fiscal). Universidad Complutense de Madrid. Campus de Somosaguas. Pozuelo de Alarcón, 28223 Madrid. Email: dsantin@ccee.ucm.es.

N.B.: Las opiniones expresadas en este trabajo son de la exclusiva responsabilidad del autor, pudiendo no coincidir con las del Instituto de Estudios Fiscales.

Desde el año 1998, la colección de Papeles de Trabajo del Instituto de Estudios Fiscales está disponible en versión electrónica, en la dirección: ><http://www.minhac.es/ief/principal.htm>.

Edita: Instituto de Estudios Fiscales

N.I.P.O.: 111-03-006-8

I.S.S.N.: 1578-0252

Depósito Legal: M-23772-2001

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
  2. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA
    - 2.1. Antecedentes acerca de la función de producción educativa
    - 2.2. Dificultades en la estimación de la función de producción educativa
  3. HACIA LA SUPERACIÓN DEL MODELO INPUT-OUTPUT: ABRIENDO LA CAJA NEGRA
  4. LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES
  5. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA EN VALOR AÑADIDO: UNA APLICACIÓN AL CASO ESPAÑOL
    - 5.1. El nivel del alumno
    - 5.2. La construcción de outputs en valor añadido
    - 5.3. El Nivel Escolar
  6. CONCLUSIONES
- ANEXOS
- REFERENCIAS



## ABSTRACT

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. Así, una mala especificación funcional del modelo educativo puede suponer la obtención de conclusiones erróneas a la hora de llevar a cabo recomendaciones de políticas educativas. Este hecho ha generado un debate, aún no cerrado, acerca de la verdadera importancia de la escuela. Por otro lado en los últimos años se han aplicado redes neuronales artificiales (RNAs) en distintas áreas de la investigación económica como alternativa a los métodos estadísticos y econométricos. Esta técnica es capaz de trabajar de forma *no lineal* con el análisis de grandes masas de datos sujetas a imprecisiones, con suficientes ejemplos reales y para las que no existen reglas generales. Así, para superar las limitaciones en las estimaciones de los modelos econométricos tradicionales en el proceso productivo de las escuelas se propone un modelo en dos etapas que calcule distintos outputs escolares en valor añadido. Esta metodología va 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, redes neuronales.

**Clasificación JEL:** C45, H52, I21.



## 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 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 de rendimiento educativo. 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. Siguen siendo muchas, por tanto, las preguntas que quedan pendientes en torno a los inputs individuales y escolares 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 que actualmente existen 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 desde un punto de vista ortodoxo, 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 paramétricos 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 las principales características de las RNAs como herramienta para la aproximación de funciones no lineales. En el quinto apartado mostraremos los resultados obtenidos con el modelo en valor añadido propuesto 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).

Sin duda alguna el trabajo de Coleman y su equipo supuso un punto de inflexión en la investigación educativa. La principal conclusión del “Informe Coleman”, por el que adquirió relevancia posterior, 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 a este trabajo plantearon diversos autores (Bowles y Levin 1968a y b), el Informe Coleman dejó abierto un debate, que actualmente todavía no está cerrado y 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. Destacamos este trabajo porque 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 función de producción educativa y la importancia de la escuela.

- 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 fueron 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 Hanushek<sup>1</sup> defiende la tesis de que más dinero no implica por sí solo mejores resultados<sup>2</sup>. 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 argumenta que los mayores recursos deben de ir acompañados de cambios 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 sí importa. Desde 1986 ha existido una fuerte reacción al trabajo de Hanushek en distintas publicaciones como en Card y Krueger (1992), Figlio (1999), Dewey *et al.* (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. Dificultades 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 en los trabajos de Debertin (1976), Sengupta *et al.* (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 escolar<sup>3</sup>. Este supuesto plantea una serie de limitaciones teóricas.

En primer lugar, la forma funcional educativa, 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 méto-

---

<sup>1</sup> Para una revisión de su influyente y extensa literatura en el campo de la economía de la educación podemos destacar por ejemplo Hanushek (1986, 1996, 1997).

<sup>2</sup> Deller *et al.* (1993) y Pritchett *et al.* (1999) obtienen conclusiones que apoyan esta misma tesis.

<sup>3</sup> A pesar de que en economía abundan en mayor medida los estudios a nivel escolar, existen trabajos como el de 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 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.

dos pedagógicos, factores culturales hacia la educación y otras variables contextuales fuertemente interrelacionadas con el proceso educativo 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 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).

El desconocimiento del modelo de producción educativa 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 a la hora de explicar el resultado académico de los alumnos. Según esta explicación, la capacidad innata y el origen socioeconómico del individuo serían los determinantes únicos del éxito o fracaso académico. La *teoría de la señalización*, propuesta por Spence (1973) y Arrow (1973) entre otros, 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, es decir, transformadora de inputs escolares en resultados académicos en la misma cuantía para todos los alumnos sin importar sus características personales. A tenor de la revisión de la literatura efectuada no parece 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 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 estas explicaciones 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 tradicionales, 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 enteramente escolares e intrínsecas al individuo influyen significativamente en el resultado académico.

Por tanto, actualmente los modelos input-output que analizan el proceso educativo consideran que todos los alumnos son homogéneos, ya que a todos ellos se les aplican dentro de una misma escuela los mismos recursos en aproximadamente la misma intensidad. En este trabajo defenderemos que los alumnos no son unidades homogéneas sino más bien muy heterogéneas a la hora de enfrentarse a su educación. Así, 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, además de los inputs tradicionales, 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 personales<sup>4</sup>. 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 obtenidas mediante cuestionarios, 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. Para analizar las no linealidades implicadas en el proceso educativo a nivel de alumno usaremos redes neuronales artificiales (RNAs).

#### 4. LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Podemos definir una RNA como un conjunto de procesadores sencillos, llamados neuronas, organizados en capas y altamente interconectados, que son capaces de generalizar a partir de ejemplos reales. El objetivo de la red, es por

---

<sup>4</sup> Este es uno de los supuestos claves del modelo que desarrollaremos. El objetivo es profundizar en el conocimiento de la *caja negra* del modelo transformador de inputs educativos en outputs o rendimiento en las escuelas 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.

tanto, aprender a asociar un vector input,  $X$ , a un vector output  $Y$ , a partir de la interacción entre las neuronas,  $W$ . Esto es, dada la función de activación  $f$ , aplicaremos un algoritmo para buscar una matriz de pesos  $W$  tal que:

$$\mathbb{R}^n \xrightarrow{f} \mathbb{R}^m$$

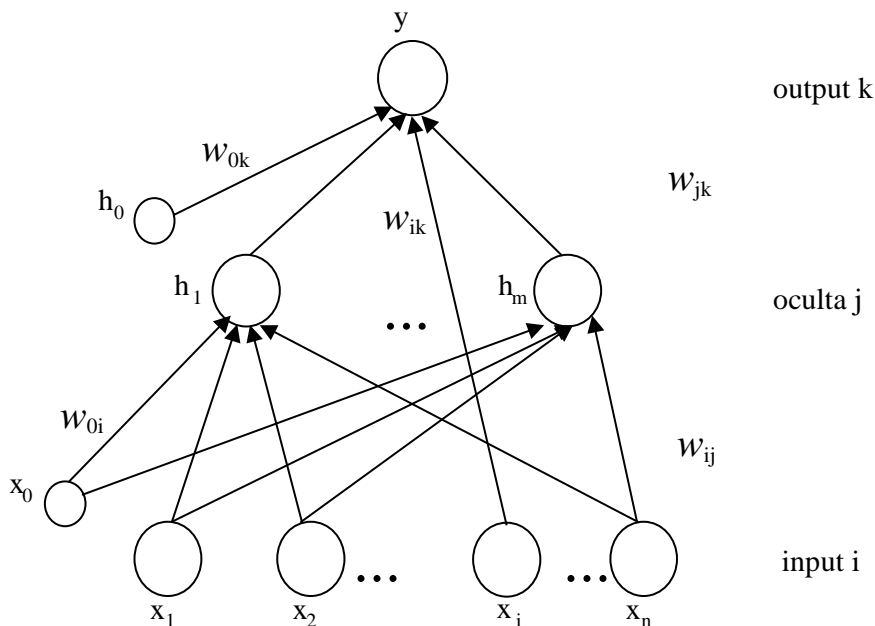
$$f(W, X) = Y$$

$$y_k = f_0 \left[ \sum_{i \rightarrow k} w_{ik} x_i + \sum_{j \rightarrow k} w_{jk} f_h \left( \sum_{i \rightarrow j} w_{ij} x_i \right) \right]$$

A partir de una muestra  $\{X(p), Y(p)\}$ ,  $p = 1, 2, \dots, H$  donde  $X(p) \in \mathbb{R}^n$ ,  $Y(p) \in \mathbb{R}^m$ . Donde  $i$  denota capa de entrada,  $j$  capa oculta y  $k$  capa de salida. y  $f$  la función de transferencia, generalmente de tipo sigmoideal<sup>5</sup>, contenida en cada neurona;  $w_{ij}$  es el vector de los pesos entre la capa de entrada y la oculta y  $w_{jk}$  es el vector de pesos que conecta la capa oculta con la capa de salida.

Una descripción de la RNA definida es la que muestra la figura 1.

**Figura 1**  
**ORGANIZACIÓN DE LAS CAPAS DE UNA RED NEURONAL**



<sup>5</sup> La función sigmoide logística  $\mathfrak{R} \Rightarrow [0,1]$   $f(a) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha a}}$  es una de las más empleadas en la

literatura por sus especiales características, que permiten la acomodación de señales muy intensas sin producir saturación, admite señales débiles sin excesiva atenuación, es fácilmente derivable y es una función no lineal. Otra función muy utilizada es la función tanh:

$\mathfrak{R} \Rightarrow [-1,1]$   $f(a) = \frac{e^{\alpha a} - e^{-\alpha a}}{e^{\alpha a} + e^{-\alpha a}}$  ya que además permite expresar polaridad.



El perceptrón multicapa (MLP)<sup>6</sup> y su algoritmo de aprendizaje *backpropagation*, también conocido como regla delta generalizada que fue popularizado por Rumelhart y Mc Clelland (1986), es el tipo de red neuronal que con más frecuencia ha sido aplicado en los estudios de economía y que posteriormente aplicaremos en el análisis empírico para el caso educativo. Existen tres fases en la aplicación del MLP: la fase de aprendizaje o entrenamiento, la fase de validación y la fase de test.

- La *fase de entrenamiento*, consiste en hacer que el MLP sea capaz de extraer, a partir de ejemplos reales, normas generales que le permitan en el futuro responder adecuadamente a patrones nunca vistos anteriormente. Este proceso consiste por tanto en la búsqueda de la matriz de pesos óptima.
- Una vez entrenados varios modelos, es *la fase de validación*, la que nos ayuda a seleccionar cual de los MLPs entrenados responde mejor a los objetivos planteados.
- Por último, una vez elegido el MLP definitivo que procesará los inputs éste resultará operativo, y es entonces cuando la arquitectura, número de neuronas, conexiones y pesos quedan fijos y la red está lista para funcionar. Es a partir de este momento cuando se realiza la *fase de test* donde se presenta al MLP *un patrón de entradas nunca visto antes* y con una distribución similar a los datos de entrenamiento y de validación con el fin de obtener una predicción o clasificación insesgada de los datos y se evalúa así, una vez comparada la respuesta real y la estimada, la precisión del MLP para la resolución del problema planteado.

El objetivo final es ajustar los pesos de la red para que los patrones de entrada introducidos permitan obtener las salidas deseadas. El aprendizaje, de tipo supervisado, supone la necesidad de disponer de pares de entrenamiento *entrada-salida deseada*. Este proceso se lleva a cabo a través de la minimización de una función de actuación o de coste, que generalmente se corresponde con la suma de errores al cuadrado.

En principio, existe un teorema fuerte que demuestra que un MLP con un número de neuronas suficiente en la capa oculta puede calcular cualquier función con el grado de aproximación que sea necesario (Funahashi, 1989, Hornik *et al.*, 1989 y 1990; White, 1990). Para funciones muy complejas o con discontinuidades haría falta un MLP con dos capas ocultas (Cybenko, 1988). En este sentido el MLP ha sido considerado como un aproximador universal de funciones<sup>7</sup>. En la práctica, el MLP es especialmente útil para la clasificación y aproximación de datos y funciones que toleran cierta imprecisión, para los que existen

---

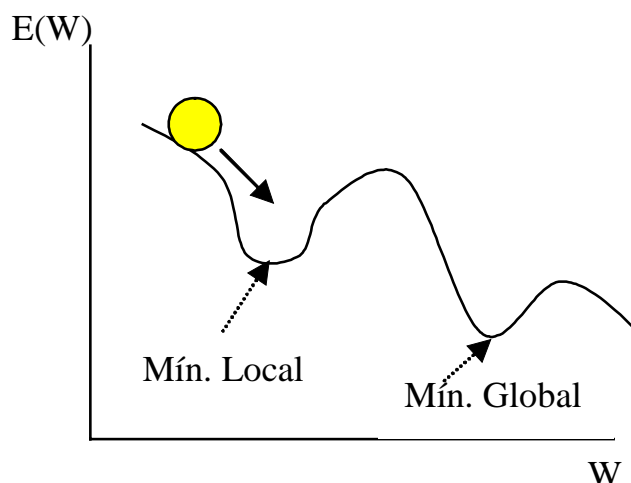
<sup>6</sup> Siglas correspondientes al vocablo anglosajón *multilayer perceptron*.

<sup>7</sup> Una revisión actual de la propiedad de aproximación universal de las redes se recoge en Scarselli y Chung (1998).

muchos pares de entrenamiento y donde disponemos de información de las variables explicativas y explicadas, pero *carecemos a priori de un modelo matemático o económico preciso*, es decir, desconocemos la forma funcional que relaciona los inputs con los outputs tal y como ocurre en el caso educativo.

El algoritmo *backpropagation* busca minimizar el error del sistema. Para ello se moverá por la superficie de la función de error dando pasos descendentes en la dirección del gradiente del error a través de la variación de los pesos de la red. Debido a este método de aprendizaje, el sistema tiene el inconveniente de que podría quedar atrapado eventualmente en un mínimo local y alcanzar una solución que no fuese óptima, es decir con un error elevado (figura 2).

**Figura 2**  
**PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE**  
**MÍNIMO LOCAL EN LA SUPERFICIE DEL ERROR**



Para entrenar una red neuronal que generalice de forma adecuada debemos tener en cuenta que un MLP con pocas neuronas tenderá a no aprender la estructura y generalidades de los datos, pudiendo caer fácilmente en mínimos locales, mientras que una red con demasiadas neuronas tiene el riesgo de quedar sobreentrenada. En este caso, el MLP no sólo aprendería los patrones generales, sino que también ajustaría el ruido de los datos de entrenamiento "aprendiéndolos casi de memoria", por lo que su capacidad a la hora de predecir o clasificar datos nuevos quedaría seriamente dañada. Es por ello por lo que dividimos la muestra inicial en tres submuestras.

Hay que señalar en este punto, que una de las principales desventajas en el entrenamiento de un MLP es que no existen reglas fijas a la hora de elegir el número de neuronas en la capa oculta, parámetros del modelo, tales como el coeficiente de aprendizaje o el valor del momento, o incluso si utilizar una o varias capas ocultas. Esto supone que habitualmente el aprendizaje de una red neuronal es un arduo y costoso proceso de ensayo-error.



En general, lo que se busca es la obtención de una solución plausible al problema planteado y no encontrar el mínimo global en la superficie del error, ya que en general no existe forma de asegurar que hemos encontrado este óptimo. Un buen objetivo a priori sería el de alcanzar, al menos, los resultados predictivos en los datos de validación de un método econométrico lineal, aunque en muchas ocasiones ni siquiera esto será posible de obtener en un tiempo razonable debido al problema de los mínimos locales. En cualquier caso, tal y como señala Lee *et al.* (1993), el MLP es una buena herramienta para realizar una búsqueda de posibles no linealidades en los datos de un problema antes de aplicar una técnica econométrica convencional, evitando así posibles errores de especificación en el modelo y dando, en su caso, mayor robustez a la especificación lineal.

El principal rasgo de esta tecnología es que ha sido aplicada a un inmenso conjunto de problemas, pertenecientes a diversas áreas del conocimiento, muchos de los cuales parecían ser demasiado complicados de resolver en modelos teóricos o para los cuales se carecía de un modelo matemático apropiado. Las RNAs han sido aplicadas con éxito, por ejemplo, en el campo de la inteligencia artificial para el reconocimiento de voz y de escritura, para la clasificación de imágenes de radar, sonar o infrarrojos, la detección de células cancerosas, lesiones neurológicas y cardíacas, prospecciones geológicas, predicción de audiencias televisivas, para jugar a diferentes juegos (ajedrez, backgammon, bridge), compresión de datos, predicciones meteorológicas, detección de explosivos en aeropuertos, control de robots o comprobación de fallos en equipos. A esta lista podríamos añadir un largo etcétera.

Asimismo, durante la última década, las RNAs han experimentado un desarrollo exponencial en diferentes campos de la economía. Existen así cientos de libros y de publicaciones en revistas prestigiosas que recogen aplicaciones de RNAs en este ámbito, además de comparaciones con otras técnicas. Ni mucho menos todas las aplicaciones de RNAs resultan superiores a los métodos tradicionales, pero sin duda el hecho de que se planteen como una alternativa a las metodologías tradicionales constituye por sí mismo un avance.

Sin duda alguna las aplicaciones más difundidas han sido en el área financiera y de la empresa. Algunos ejemplos son: en modelos de inversión a fin de optimizar carteras, en el mundo del marketing como instrumento para vender productos a clientes potenciales, en entidades financieras para predecir el riesgo potencial de los créditos que le son solicitados, análisis de información contable, predicción de indicadores económicos, calificación del riesgo de bonos y entidades, predicción de quiebras bancarias, etc.

Existen muchos trabajos que recopilan resultados de RNAs en estas temáticas del ámbito financiero. Apostolos *et al.* (eds.). (1995) recoge numerosos artículos que aplican RNAs en tipos de cambio, comercio de bienes, modelos de riesgo e



indicadores macroeconómicos Wong *et al.* (1997) recoge 207 artículos que aplicaban RNAs entre 1988 y 1995 en distintos ámbitos financieros y contables. O'Leary (1998) analiza 15 artículos donde se aplican RNAs para predecir bancarrotas. Zhang *et al.* (1998) resume 21 artículos donde las RNAs se usaban como herramientas de predicción. Más recientemente Vellido *et al.* (1999), analiza 123 estudios entre 1992 y 1998 en muy diversos ámbitos todos ellos relacionados con el mundo financiero. Zapranis y Refenes (1999), revisan numerosos ejemplos de economía financiera presentando como resumen un completo caso de estudio totalmente desarrollado.

Otra aplicación económica de las RNAs es la de resolver el problema de los valores perdidos. Así, el Ministerio de la Seguridad Social en el Reino Unido utiliza una RNA para rellenar a posteriori el 70% de los 45000 campos en blanco de su encuesta anual de recursos familiares. Dicha encuesta, con una muestra de 25000 entrevistas, estaría llena de sesgos si los campos dejados en blanco por los entrevistadores se incluyeran en el análisis de los resultados. Una aplicación futura de las RNAs es la de rellenar los valores perdidos también en el censo del Reino Unido, Clark (2001).

En España, las RNAs están empezando a recibir un creciente interés en la literatura económica, a medida que se comprueban las ventajas que este tipo de herramienta puede presentar frente al tratamiento estadístico y econométrico tradicional. Así, podemos ejemplificar este desarrollo en el ámbito de la investigación con las tesis doctorales de Galache (1994), que trata sobre las ventajas que presentan las RNAs en su aplicación para la investigación económica, Serrano (1994), para el análisis de información contable y para la clasificación de bancos en zonas de bancarrota, solvencia o dudosa solvencia, González (1996), valoración de opciones financieras o Núñez (1998), en el análisis de riesgos en entidades financieras. Asimismo, Alonso-Rodríguez (1999) muestra como las RNAs superan a los métodos de regresión tradicionales en la predicción del consumo de la economía española.

Dentro del ámbito de la economía pública el MLP ha sido aplicado, y comparado con otras técnicas, en la medición de la eficiencia del transporte público (metro de Londres), en Costa y Markellos (1997). Asimismo, Baker *et al.* (1999) utiliza redes neuronales para la predicción del gasto público educativo en los Estados Unidos. Gorr *et al.* (1994) utilizan un MLP para predecir el resultado académico en el primer año de estudios universitarios a partir de resultados en cursos previos y otras variables. Caulkins *et al.* (1993) emplean RNAs para la predicción de criminales reincidentes y Cushing *et al.* (1997) las aplican para la clasificación de declaraciones (Private Letter Rulings) del Internal Revenue Service en las dos categorías que la ley recoge, empleados y trabajadores independientes. Por otro lado, Romay y Santín (2002) aplican RNAs para la predicción del tiempo de incapacidad temporal laboral, en función de la enfermedad y otras



variables del trabajador, con el objetivo de detectar posibles fraudes a la Seguridad Social y así ahorrar costes.

Vemos por tanto como las RNAs son una alternativa real en economía a determinados problemas que no son fácilmente solubles con las metodologías tradicionales.

## 5. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA EN VALOR AÑADIDO: UNA APLICACIÓN AL CASO ESPAÑOL

Desde su fundación en 1959, la IEA (*The International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) ha desempeñado una única labor de especialización, en torno a la investigación internacional comparada 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<sup>8</sup>. En esta aplicación empírica tan sólo manejaremos los resultados correspondientes a 3700 alumnos de 8.º 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 31.º, sobre 41 países. En ciencias, el resultado medio fue de 517; representando el puesto 26.º, de nuevo sobre 41 países. Este resultado “mediocre” del sistema educativo español denota la importancia de disponer de modelos explicativos que aclaren en que puntos debe mejorar la educación no universitaria.

### 5.1. 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

---

<sup>8</sup> Para conocer todo lo referente en torno a como fueron recogidos los datos del TIMSS y la información que está disponible puede acudir a González *et al.* (1997).

variable de inteligencia emocional del alumno.  $\eta_{is}$  es el efecto de las variables escolares sobre el rendimiento del alumno  $i$  que deberá ser estimado y  $\varepsilon_{is}$  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 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 un MLP. Con esta herramienta<sup>9</sup> 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 y opiniones del alumno. La tabla 1 muestra como mediante el modelo de RNAs obtenemos mejores predicciones individuales para datos test nunca vistos y por tanto un modelo más ajustado al real.

**Tabla 1**

**COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD PREDICTIVA<sup>10</sup> DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE Y DE RNAs PARA 168 VARIABLES INDIVIDUALES**

	C. Correl.	R <sup>2</sup>	RMSE	MAE	MAPE
RNAs (test)	0,656	0,431	57,943	46,088	0,097
Regresión	0,576	0,332	60,423	47,953	0,100

<sup>9</sup> Para una extensa revisión de esta técnica puede acudirse entre otros a Bishop (1996).

<sup>10</sup>  $RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\rho_t - \hat{\rho}_i)^2}$ ;  $MAE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |\rho_t - \hat{\rho}_i|$ ;  $MAPE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left| \frac{\rho_t - \hat{\rho}_i}{\rho_i} \right|$



A continuación comentaremos algunos de los efectos más destacables de distintos grupos de variables del alumno, que resultaron significativas sobre el rendimiento en la prueba de matemáticas obtenidos en el modelo de regresión múltiple contenido en la tabla del anexo 1<sup>11</sup>.

## INDIVIDUALES

SEXO, indica que los chicos obtienen mejores resultados que las chicas en matemáticas, lo cual se repite en las pruebas del TIMSS que se han hecho en otros países. La variable CASTELLANO, indica que aquellos alumnos que hicieron la prueba de matemáticas en castellano obtienen resultados significativamente mejores que en el resto de lenguas del estado en las que se pasó el examen. En cuanto a las características familiares observamos como las variables PADRE y HERMANAS, indica que los alumnos que no viven habitualmente con su padre ni con hermanas obtienen mejores resultados. MADRESP, indica igualmente que el reducido porcentaje de alumnos participantes en el TIMSS cuya madre no era de nacionalidad española obtuvieron resultados ligeramente mejores.

Por otro lado, los recursos en el hogar aparecen como significativos para explicar el rendimiento en matemáticas. La posesión de más número de libros LIBROSCASA, y escritorio de estudio propio ESCRITORIO, suponen mejores resultados que los alumnos que no poseen estos elementos. La edad en años y meses EDAD se encuentra negativamente correlacionada con el resultado fundamentalmente por el efecto de los repetidores. En cuanto a los estudios de los padres observamos como padres con más estudios suponen mejores resultados académicos en sus hijos. En particular que la madre tenga estudios secundarios SECMAD o universitarios terminados UNIMAD junto a estudios secundarios del padre ALSECPAD supone una mejora estadísticamente significativa en la prueba de matemáticas.

## COMPAÑEROS

Por un lado las variables AMIGLENG y AMIGMEJCLASE, obtienen un signo negativo es decir aquellos alumnos cuyos amigos no valoran como muy importante para ellos los resultados en lengua o no dan importancia a estar entre los mejores de la clase obtienen mejores resultados. Quizás detrás de este comportamiento se encuentre que es más positivo para el alumno que sus amigos valoren de él otras virtudes y características aparte de la de estar entre los que mejores resultados escolares obtienen. Incluso podría llegar a estar “mal visto” por los alumnos de 13 años pertenecer al colectivo de los mejores de la clase.

---

<sup>11</sup> Para mayor detalle de las etiquetas de las variables en la base de datos original del TIMSS así como los valores en los que las variables fueron recodificados tanto a nivel de alumno como de escuela puede acudir a Santín (2003).

Por otro lado AMIGM1, indica que hablar o jugar con amigos durante menos de una hora fuera del horario escolar es positivo para el resultado. Esta actividad puede ser realizada simultáneamente practicando otras actividades tales como deporte, ir al cine u otras.

## **OPINIONES**

Las opiniones del alumno en torno a las matemáticas son variables muy predictivas de su resultado. OPBUENOMAT, BUENOMATES y GUSTANMATES, están fuertemente correlacionadas de forma positiva con un mejor rendimiento en matemáticas. Es decir, aquellos alumnos que consideran que las matemáticas serán importantes para su vida, les gusta la materia y que además se consideran buenos obtienen mejores resultados. Sin embargo DIVERTAPMAT, indica que existe una correlación negativa entre considerar que aprender matemáticas es divertido y los buenos resultados.

GENETICO, SUERTE, ESTDURO y MEMORIZAR, hacen referencia a los factores que el alumno considera que sirven para aumentar el resultado en esta prueba. Los que piensan que el factor genético tiene importancia obtienen resultados mejores. Por otro lado los alumnos que consideran que los buenos resultados en matemáticas son debidos a factores como la suerte, estudiar duro o memorizar apuntes obtienen peores resultados que los que opinan lo contrario.

Resultan muy interesantes las variables relacionadas con las expectativas en la escuela. PRIMSELF, ALSECSELF y VOCACSELF indican frente a UNISELF que los alumnos que no tienen expectativas de terminar estudios universitarios obtienen peores resultados que los alumnos que declaran que sus expectativas son terminar la educación superior universitaria.

A pesar de su componente endógeno, ya que alumnos con mejores resultados mejoran sus expectativas, podría ser interesante llevar a cabo políticas que conciencien tanto a los alumnos como a los padres de la importancia de obtener buenos resultados en la escuela no sólo de cara al acceso a la universidad sino también para terminar con éxito cualquier tipo de estudios o formación profesional.

ORDCLMAT indica que los alumnos que alguna vez usan ordenador en la escuela para estudiar matemáticas no obtienen resultados mejores que sus compañeros que no lo usan e incluso obtienen resultados ligeramente peores.

## **HÁBITOS FUERA DE LA ESCUELA**

Las variables FRECVISMUSEO y FRECCINE indican que los alumnos que frecuentemente van al cine o a visitar museos obtienen peores resultados en matemáticas. Por otro lado TV1Y2 y TV3Y5, indican que ver televisión a diario entre 1 y 2 horas o entre 3 y 5 horas es positivo para el rendimiento escolar, este resultado también se da en otros países que participaron en el TIMSS. Por



otro lado, la variable FRECAVCOSU, indica además que aquellos alumnos que frecuentemente ven películas en la televisión o el vídeo de aventuras, comedia y suspense obtienen mejores resultados.

SPORTM1 indica que practicar deporte durante 1 hora al día es positivo para la mejora del rendimiento en la prueba de matemáticas. Un resultado extraño es el de la variable PAID3Y5 que indica que el 2,65% de alumnos que llevaban a cabo un trabajo remunerado obtenían buenos resultados. La explicación para este resultado es sin duda alguna controvertida y se requeriría más análisis de los datos para la explicación del mismo. EXTMATM1 y EXTMAT1Y2 indica que aquellos alumnos que han recibido clases extraescolares de matemáticas obtienen peores resultados lo cual es fácilmente explicable debido a que son los alumnos que van peor en la asignatura a los que se asigna horas extras dedicadas a las matemáticas.

## HABITOS EN EL HOGAR

Una variable que requiere especial atención por lo extendido de su uso en los últimos tiempos es NINT3Y5. Esto es, jugar a videojuegos, consolas u ordenador más de 3 horas resulta muy perjudicial para el rendimiento en matemáticas. DOMEST1Y2 indica que realizar trabajos domésticos, tales como fregar los platos, hacer las camas o limpieza durante más de 1 hora diaria es negativo<sup>12</sup>.

Las variables relacionadas con los hábitos de estudio presentan de nuevo un comportamiento extraño. El tiempo dedicado a diario a estudiar matemáticas, ESTMAT1Y2, ESTMAT3Y5, ESTMATMAS5 al igual que estudiar otras asignaturas distintas de matemáticas y ciencias ESTOTRASMAS5, está negativamente correlacionado con el rendimiento en las mismas. Sin embargo estudiar ciencias distintos tiempos ESTSCIM1, ESTSCI1Y2, ESTSCI3Y5 y ESTSCIMAS5 si está correlacionado positivamente con el resultado en matemáticas. Quizás una explicación plausible a este fenómeno podamos encontrarla en que los alumnos que van muy bien en matemáticas, dedican más tiempo a estudiar otra asignatura en principio difícil como las ciencias frente a los que van peor en matemáticas que dejarían poco tiempo para otras asignaturas.

## COMPORTAMIENTOS CONFLICTIVOS

De los comportamientos relacionados con conflictos la variable ROBA12 indica que los alumnos a los que durante el mes anterior a la encuesta del TIMSS les robaron una o dos cosas obtienen resultados ligeramente peores. Sin embargo ASKIPCLASS12 indica que tener conocimiento de que determinados amigos se han saltado alguna clase durante el último mes está correlacionado positiva-

---

<sup>12</sup> Sin embargo el coeficiente de ayudar en casa menos de una hora fue positivo aunque no estadísticamente significativo, es decir, ayudar en las tareas domésticas un rato cada día si sería positivo para la formación del alumno de 13 años.

mente con mejores resultados. La explicación a esta variable puede estar relacionada con que se trata de un alumno atento y pendiente del comportamiento de los demás.

Algunos de los coeficientes obtenidos pueden resultar extraños y difícilmente interpretables. Una de las posibles explicaciones a estas *rarezas* es que, dada la cantidad de variables introducidas, puede que alguna de ellas interactúe de forma no lineal con otras, y que por tanto la especificación lineal no sea la más plausible. Una posibilidad sería comprobar en un modelo de regresión no lineal muchas de estas posibles combinaciones. Sin embargo el desconocimiento del proceso educativo y el alto número de variables implicadas aconsejan un análisis exploratorio más potente como el que hemos llevado a cabo con RNAs que en efecto, demuestra, que un análisis no lineal permite encontrar un modelo más ajustado a los datos.

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, 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 evitando<sup>13</sup>, en la medida de lo posible, la política de *café para todos*, que como ya hemos señalado es completamente ineficiente.

---

<sup>13</sup> Esta aplicación de distintos recursos no implica necesariamente dividir a los alumnos en *buenos y 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 el objetivo de éstos sea la maximización de las capacidades de sus alumnos según las características de éstos.



## 5.2. 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. A partir de estas dos variables definiremos los outputs escolares en valor añadido.

En esta 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 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 reduciendo 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 tales 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.

## 5.3. El Nivel Escolar

A continuación trataremos de explicar que variables influyen en las distintas dimensiones de outputs definidos. 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. El anexo 2 muestra los inputs que resultaron ser significativos para un solo output. El anexo 3 muestra los inputs que resultaron ser significativos para distintas dimensiones de outputs.

### 5.3.1. *Los inputs significativos para una sola dimensión de output*

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

#### **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. *Semanañaño* 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 colegios



donde sus profesores se sitúan en otras categorías. *Tópicos* 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, *educación*, 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* señala 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 a 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*, señala 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.

### 5.3.2. *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* señala que es positivo que el profesor tenga mucha influencia en la elección del libro de texto. Parece por tanto adecuado que cada profesor elija, entre 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 cuantiosos 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. 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. Serían por tanto muy recomendables las políticas de escolarización temprana de los alumnos.

### 5.3.3. *Los inputs significativos para todas las dimensiones de output*

De todas las variables empleadas encontramos tres que resultaron ser significativas a lo largo de los cuatro outputs considerados. 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.

En segundo lugar, 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 último la variable *tareaclase* nos indica que empezar la tarea de casa al final de la clase es negativo para todos los alumnos. Quizás esta variable esté asociada a que esta actividad supone la pérdida de minutos de clase, que los alumnos hagan de forma rápida los problemas con el fin de no estudiar en casa y que muchos alumnos se beneficien del trabajo de otros copiando los resultados.

Por tanto parece evidente que estas políticas deberían ser incentivadas por las escuelas a partir de los resultados del modelo. Además, estos 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, con el fin de optimizar los outputs de los distintos alumnos, es decir, mediante este modelo, podemos aumentar la eficiencia asignativa de cada escuela reorganizando los recursos que se aplican a la educación de los alumnos.

## 6. 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, fundamentalmente, 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.

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 determinados alumnos rindan por encima de lo esperado en función de sus características.



Una vez hallamos 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 explicativos para cada output y para el resultado medio de la escuela que es usado frecuentemente.

Si bien el resultado medio del aula es un indicador completamente válido de resultados resulta incompleto. Con este indicador no se puede comprobar si los alumnos han progresado o no sobre lo que de ellos cabría esperar en función de sus características. Es por ello que resultará más informativo completar este indicador con outputs en valor añadido. La ventaja de este tipo de output es que permite distinguir distintos tipos de alumnos, evitando así los problemas de agregar alumnos con distintas características.

Los resultados de esta trabajo muestran cómo, para el caso español, podemos explicar el resultado escolar en torno al 40% del resultado académico a partir de las variables del alumno. Así, los recursos escolares explicarían en torno a otro 25% más del resultado. En definitiva, se puede explicar con este modelo un 65% del resultado del alumno, lo que dejaría un 35% del resultado final debido a la eficiencia escolar y a variables aleatorias. Estos resultados confirman que la escuela si importa, ratificando la Teoría del Capital Humano, así como que la investigación de la eficiencia y las políticas educativas que la incentiven son sumamente importantes para la mejora de la educación no universitaria.

Los centros privados concertados obtienen mejores resultados tanto medios como en valor añadido que los centros públicos. Parece por tanto necesaria una revisión en profundidad en torno a cuál es la forma más eficiente de llevar a cabo la producción educativa.

Un resultado de difícil explicación teórica, aunque también obtenido en otros trabajos, es el del signo positivo de la variable escolar *ratio*. Seguir destinando recursos a la reducción del número de alumnos en cada clase por delante de otros objetivos sin una mayor investigación que avale científicamente la bondad de esta política no parece que esté justificado.

Toda la riqueza de información que proporciona el modelo puede ser empleada para la toma de decisiones con el objetivo de introducir eficiencia y equidad en el sistema educativo.

### Anexo 1

#### VARIABLES SIGNIFICATIVAS A LA HORA DE EXPLICAR EL RENDIMIENTO DE LOS ALUMNOS DE 8.º NIVEL EN MATEMÁTICAS

Variables	Coefficientes no estandarizados Beta	Error típ.	Coefficientes estandarizados Beta	t	Sig.
(Constante)	576,361	57,442		10,034	,000*
SEXO	16,054	2,595	,108	6,186	,000*
CASTELLANO	14,311	4,336	,083	3,300	,001*
PADRE	8,696	3,660	,037	2,376	,018*
HERMANAS	4,600	2,302	,030	1,998	,046*
MADRESP	8,020	4,751	,034	1,688	,091**
LIBROSCASA	8,795	1,090	,136	8,070	,000*
ESCRITORIO	-14,852	6,675	-,048	-2,225	,026*
AMIGLENG	-15,547	6,045	-,060	-2,572	,010*
AMIGMEJCLASE	-6,460	2,934	-,039	-2,202	,028*
OPBUENOMAT	22,069	11,250	,030	1,962	,050**
BUENOMATES	21,946	2,735	,133	8,026	,000*
GENETICO	4,170	2,299	,027	1,813	,070**
SUERTE	-8,586	2,339	-,055	-3,671	,000*
ESTDURO	-13,026	3,447	-,056	-3,779	,000*
MEMORIZAR	-8,733	2,257	-,058	-3,870	,000*
GUSTANMATES	11,173	2,815	,073	3,969	,000*
ORDCLMAT	-11,486	2,786	-,060	-4,123	,000*
DIVERTAPMAT	-4,147	2,469	-,026	-1,680	,093**
FRECVISMUSEO	-15,277	6,764	-,036	-2,259	,024*
FRECCINE	-4,475	2,631	-,025	-1,701	,089**
FRECAVCOSU	14,971	3,672	,061	4,077	,000*
EDAD	-13,010	1,721	-,118	-7,558	,000*
SECMAD	10,079	5,353	,036	1,883	,060**
UNIMAD	11,731	5,372	,047	2,184	,029*
ALSECPAD	7,466	4,522	,032	1,651	,099**
PRIMSELF	-10,089	4,645	-,038	-2,172	,030*
ALSECSELF	-10,533	5,456	-,031	-1,931	,054**
VOCACSELF	-7,754	4,605	-,029	-1,684	,092**
UNISELF	12,247	3,354	,083	3,651	,000*

(Sigue.)

(Continuación.)

Variables	Coefficientes no estandarizados Beta	Error tip.	Coefficientes estandarizados Beta	t	Sig.
EXTMATM1	-13,433	4,525	-,058	-2,968	,003*
EXTMAT1Y2	-18,439	4,037	-,090	-4,568	,000*
PAID3Y5	15,968	6,585	,035	2,425	,015*
TV1Y2	8,988	5,279	,061	1,703	,089**
TV3Y5	12,986	5,721	,065	2,270	,023*
NINT3Y5	-26,262	9,271	-,042	-2,833	,005*
AMIGM1	7,658	4,069	,050	1,882	,060**
DOMEST1Y2	-7,805	3,353	-,049	-2,328	,020*
SPORTM1	7,124	3,450	,041	2,065	,039*
ESTMAT1Y2	-12,758	7,680	-,086	-1,661	,097**
ESTMAT3Y5	-21,369	9,248	-,065	-2,311	,021*
ESTMATMAS5	-34,525	20,482	-,035	-1,686	,092**
ESTSCIM1	23,013	6,238	,156	3,689	,000*
ESTSCI1Y2	19,920	6,634	,133	3,003	,003*
ESTSCI3Y5	15,367	9,092	,040	1,690	,091**
ESTSCIMAS5	45,420	23,487	,040	1,934	,053**
ESTOTRASMAS5	-24,846	13,434	-,034	-1,850	,064**
ROBA12	-5,070	2,871	-,027	-1,766	,077**
ASKIPCLASS12	6,114	2,527	,038	2,420	,016*

Variable dependiente: Resultado en prueba objetiva de matemáticas.

\* Variable estadísticamente significativa al 95%.

\*\* Variable estadísticamente significativa al 90%.



## Anexo 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	
	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ 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						
profhabpadres	-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				

(Sigue.)



(Continuación.)

Variable	OUTPUT VA 1		OUTPUT VA 2		OUTPUT VA 3		OUTPUT MEDIA	
	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.
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

### Anexo 3

#### COEFICIENTES DE LAS VARIABLES ESCOLARES INFLUYENTES EN VARIAS DIMENSIONES DEL RESULTADO

Variable	OUTPUT VA 1		OUTPUT VA 2		OUTPUT VA 3		OUTPUT MEDIA	
	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ Estand.	$\beta$	$\beta$ 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
<i>profguia</i>	-4,044 (-1,714)	-0,162	-7,275 (-2,576)	-0,204				
<i>ratio</i>	0,43 -0,193	0,179	0,834 (-0,255)	0,243				
<i>dismaterial</i>	-8,754 -4,745	-0,133			-7,404 (-4,06)	-0,132		
<i>librotexto</i>	5,906 -2,483	0,168			8,707 (-2,147)	0,29		
<i>calclase</i>	1,396 -0,705	0,14			1,681 (-0,64)	0,197		
<i>repetidores</i>	-4,464 -2,58	-0,124			-4,548 (-2,245)	-0,149		
<i>privado</i>	5,634 -3,057	0,149			7,628 (-2,469)	0,237	15,899 (-4,796)	0,226
<i>sexto</i>	9,557 -2,616	0,266			6,114 (-2,211)	0,2	10,833 (-4,517)	0,162
<i>minsemana</i>	-0,102 -0,036	-0,204					0,129 (-0,064)	0,138



## REFERENCIAS

- ALONSO-RODRÍGUEZ, A. (1999): "Forecasting Economic Magnitudes with Neural Networks Models". *International Advances in Economic Research*, vol. 5 núm. 4. November.
- APOSTOLOS-PAUL N. REFENES (eds.) (1995): *Neural Networks in the Capital Markets*. John Willey & Sons. Chichester.
- ARROW, K. J. (1973): "Higher education as a filter". *Journal of Public Economics*, 2(3), págs. 193-216.
- BAKER, B. D., y RICHARDS, C. E. (1999): "A comparison of conventional linear regression methods and neural networks for forecasting educational spending". *Economics of Education Review*, vol.18, págs. 405-415.
- 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.
- (1968b): "More on multicollinearity and the effectiveness of schools". *The Journal of Human Resources* 3 (3): 393-400.
- BRYK, A. S., y 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), págs. 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.
- CAULKINS, J.; COHEN, J.; GORR, W. L., y WEI, J. (1996): "Predicting Criminal Recidivism: Comparison of Neural Network Models with Statistical Methods" *Journal of Criminal Justice*, vol. 24, núm. 3, 1996.
- CLARK, D. (2001): "Planning for the 2001 census of the United Kingdom". *Dirección del censo del Reino Unido*. Mimeo.

- COLEMAN, J. S. *et al.* (1966): *Equality of educational opportunity*. Washington, DC: U.S. GPO.
- COSTA, A., y MARKELLOS, R. (1997): "Evaluating public transport efficiency with neural networks models". *Transportation Research*. Part C. Vol. 5C, núm. 5. October.
- CUSHING, W. W., y ARGUEA, N. M. (1997): "Neural network Analysis of the Employee Clasification Problem for Tax Purposes". *Documento de Trabajo* núm. 9701. Instituto Complutense de Análisis Económico.
- CYBENKO, G. (1988): "Continuous valued neural networks with two hidden layers are sufficient". *Technical Report*, Dept. of Computer Science, Tufts University.
- 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 Publics Schools". *Economics of Education Review*, vol. 12, págs. 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, págs. 345-350.
- FIGLIO, D. N. (1999): "Functional form and the estimated effects of school resources". *Economics of Education Review*, vol. 18, págs. 241-252.
- FUNAHASHI, K. (1989): "On the approximate realization of continuous mappings by neural networks", *neural networks* 2: 183-192.
- GALACHE, T. (1994): "Redes neuronales artificiales: Análisis de un nuevo método de modelización aplicable en economía". *Tesis Doctoral*. Universidad de Málaga.
- GOLEMAN, D. (1995): *Emotional Intelligence*. New York. Bantam Books.
- GONZÁLEZ, F. (1996): "Análisis de la volatilidad en opciones financieras: una variable fundamental". *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Madrid.
- GONZÁLEZ, E. J., y SMITH, T. A. (eds.) (1997): *User Guide for the TIMSS International Database. Primary and Middle School Years*. IEA. Boston College. Chestnut Hill, MA, USA.
- GORR, W. L.; NAGIN, D., y SZCZYPULA, J. (1994): "Comparative study of artificial neural network and statistical models for predicting student grade point averages". *International Journal of Forecasting* 10, págs. 17-34.
- 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, núm. 3, págs. 1141-1171.

- HANUSHEK, E. A. (1997): "Assessing the effects of school resources on student performance: An update". *Educational Evaluation and Policy Analysis*. 19, 141-164.
- 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.
- HORNIK, K.; STINCHCOMBE, M., y WHITE, H. (1989): "Multilayer Feed-forward Networks are Universal Approximators". *Neural networks* 2, págs. 359-66.
- (1990): "Universal Approximation of an Unknown Mapping and its Derivatives using Multilayer Feed-forward Networks". *Neural Networks* 3, págs. 551-60.
- 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, núm. 2, 497-532.
- (2000): "Economic Considerations and Class Size". *Working Paper* núm. 447. Princeton University.
- LEE, T.; WHITE, H., y GRANGER, C. W. J. (1993): "Testing for neglected nonlinearity in time series models: a comparison of neural networks methods and alternative tests". *Journal of Econometrics*, 56 (3): 269-91.
- LEIBENSTEIN, H. (1966): "Allocative efficiency and x-efficiency". *American Economic Review*, 56, págs. 392-495.
- MADAUS, G. F.; AFRASIAN, P. W., y KELLAGHAN, F. (1980). *School effectiveness: a reassessment of evidence*. New York. Mc Graw-Hill.
- NÚÑEZ, C. (1998): "La construcción de una red neuronal para el análisis de riesgos en las entidades financieras". *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla.
- O'LEARY, D. E. (1998): "Using neural networks to predict corporate failure", *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 7: 187-197.
- PRITCHETT, L., y FILMER, D. (1999): "What education production functions really show: a positive theory of education expenditures". *Economics of Education Review*, vol.18, págs. 223-239.
- RILEY, J. G. (1979): "Testing the Educational Screening Hypothesis". *Journal of Political Economics*, Oct. Pt II, 87(5), págs. 227-52.
- ROBINSON, W. S. (1950): "Ecological correlations and the behaviour of individuals". *American Sociological Review*, vol. 15, 351-357.
- ROMAY, R., y SANTÍN, D. (2002): "El Control del Gasto Público por Incapacidad Temporal mediante Redes Neuronales". *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*. (En proceso de revisión.)

- RUMELHART, D. E.; MC CLELLAND, J. L., y THE PDP RESEARCH GROUP (eds.) (1986): "Parallel Distributed Processing: Explorations on the Microstructure of Cognition", vol. I. *Foundations*, MIT Press, Cambridge, MA.
- SANTÍN, D. (2003): "Redes Neuronales y Eficiencia Técnica: un modelo para el cálculo del valor añadido en educación". *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.
- 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.
- SCARSELLI, F., y CHUNG, A. (1998), "Universal Approximation Using Feedforward Neural Networks: a Survey of Some Existing Methods, and Some New Results", *Neural Networks*, 11 (1), 15-37.
- 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, págs. 297-307.
- SERRANO, C. (1994): "Las Redes Neuronales Artificiales en el Análisis de la Información Contable". *Tesis del Departamento de Contabilidad y Finanzas de la Universidad de Zaragoza*, noviembre de 1994.
- SPENCE, M. (1973): "Job Market Signaling". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 87, págs. 1-17.
- SUMMERS, A. A., y WOLFE, B. L. (1977): "Do Schools make a difference?" *American Economic Review*, vol. 67 núm. 4. (Sept.)
- VANDENBERGHE, V. (1999): "Economics of Education. The Need to go Beyond Human Capital Theory and Production-Function Analysis". *Educational Studies*, vol. 25, núm. 2.
- VELLIDO, A.; LISBOA, P. J. G., y VANGHAN, J. (1999): "Neural networks in business: a survey of applications (1992-1998)". *Expert Systems with applications*, 17: 51-70.
- WHITE, H. (1990): "Connectionist Nonparametric Regression: Multilayer Feedforward Networks Can Learn Arbitrary Mappings". *Neural Networks*, 3, 535-550.
- WONG, F. S.; BODNOVICH, T. A., y SELVI, Y. (1997): "Neural network applications in business. A review and analysis of the literature (1988-1995)", *Decision Support Systems*, 19: 301-320.
- WORTHINGTON, A. C. (2001): "An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education". *Education Economics*, vol. 9, núm. 3.
- ZAPRANIS, A., y REFENES, A. P. (1999): *Principles of Neural Model Identification, Selection and Adequacy with Applications to Financial Econometrics*, Springer.
- ZHANG, G.; PATUWO, B. E., y HU, M. Y. (1998): "Forecasting with artificial neural networks: The state of the art", *International Journal of Forecasting* 14; 35-62.



## ***NORMAS DE PUBLICACIÓN DE PAPELES DE TRABAJO DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS FISCALES***

Esta colección de *Papeles de Trabajo* tiene como objetivo ofrecer un vehículo de expresión a todas aquellas personas interesadas en los temas de Economía Pública. Las normas para la presentación y selección de originales son las siguientes:

1. Todos los originales que se presenten estarán sometidos a evaluación y podrán ser directamente aceptados para su publicación, aceptados sujetos a revisión, o rechazados.
2. Los trabajos deberán enviarse por duplicado a la Subdirección de Estudios Tributarios. Instituto de Estudios Fiscales. Avda. Cardenal Herrera Oria, 378. 28035 Madrid.
3. La extensión máxima de texto escrito, incluidos apéndices y referencias bibliográficas será de 7000 palabras.
4. Los originales deberán presentarse mecanografiados a doble espacio. En la primera página deberá aparecer el título del trabajo, el nombre del autor(es) y la institución a la que pertenece, así como su dirección postal y electrónica. Además, en la primera página aparecerá también un abstract de no más de 125 palabras, los códigos JEL y las palabras clave.
5. Los epígrafes irán numerados secuencialmente siguiendo la numeración arábica. Las notas al texto irán numeradas correlativamente y aparecerán al pie de la correspondiente página. Las fórmulas matemáticas se numerarán secuencialmente ajustadas al margen derecho de las mismas. La bibliografía aparecerá al final del trabajo, bajo la inscripción "Referencias" por orden alfabético de autores y, en cada una, ajustándose al siguiente orden: autor(es), año de publicación (distinguiendo a, b, c si hay varias correspondientes al mismo autor(es) y año), título del artículo o libro, título de la revista en cursiva, número de la revista y páginas.
6. En caso de que aparezcan tablas y gráficos, éstos podrán incorporarse directamente al texto o, alternativamente, presentarse todos juntos y debidamente numerados al final del trabajo, antes de la bibliografía.
7. En cualquier caso, se deberá adjuntar un disquete con el trabajo en formato word. Siempre que el documento presente tablas y/o gráficos, éstos deberán aparecer en ficheros independientes. Asimismo, en caso de que los gráficos procedan de tablas creadas en excel, estas deberán incorporarse en el disquete debidamente identificadas.

***Junto al original del Papel de Trabajo se entregará también un resumen de un máximo de dos folios que contenga las principales implicaciones de política económica que se deriven de la investigación realizada.***



## ***PUBLISHING GUIDELINES OF WORKING PAPERS AT THE INSTITUTE FOR FISCAL STUDIES***

This serie of *Papeles de Trabajo* (working papers) aims to provide those having an interest in Public Economics with a vehicle to publicize their ideas. The rules governing submission and selection of papers are the following:

1. The manuscripts submitted will all be assessed and may be directly accepted for publication, accepted with subjections for revision or rejected.
2. The papers shall be sent in duplicate to Subdirección General de Estudios Tributarios (The Deputy Direction of Tax Studies), Instituto de Estudios Fiscales (Institute for Fiscal Studies), Avenida del Cardenal Herrera Oria, nº 378, Madrid 28035.
3. The maximum length of the text including appendices and bibliography will be no more than 7000 words.
4. The originals should be double spaced. The first page of the manuscript should contain the following information: (1) the title; (2) the name and the institutional affiliation of the author(s); (3) an abstract of no more than 125 words; (4) JEL codes and keywords; (5) the postal and e-mail address of the corresponding author.
5. Sections will be numbered in sequence with arabic numerals. Footnotes will be numbered correlatively and will appear at the foot of the corresponding page. Mathematical formulae will be numbered on the right margin of the page in sequence. Bibliographical references will appear at the end of the paper under the heading "References" in alphabetical order of authors. Each reference will have to include in this order the following terms of references: author(s), publishing date (with an a, b or c in case there are several references to the same author(s) and year), title of the article or book, name of the journal in italics, number of the issue and pages.
6. If tables and graphs are necessary, they may be included directly in the text or alternatively presented altogether and duly numbered at the end of the paper, before the bibliography.
7. In any case, a floppy disk will be enclosed in Word format. Whenever the document provides tables and/or graphs, they must be contained in separate files. Furthermore, if graphs are drawn from tables within the Excell package, these must be included in the floppy disk and duly identified.

***Together with the original copy of the working paper a brief two-page summary highlighting the main policy implications derived from the re-search is also requested.***



## ÚLTIMOS PAPELES DE TRABAJO EDITADOS POR EL INSTITUTO DE ESTUDIOS FISCALES

### 2000

- 1/00 Crédito fiscal a la inversión en el impuesto de sociedades y neutralidad impositiva: Más evidencia para un viejo debate.  
*Autor:* Desiderio Romero Jordán.  
Páginas: 40.
- 2/00 Estudio del consumo familiar de bienes y servicios públicos a partir de la encuesta de presupuestos familiares.  
*Autores:* Ernesto Carrillo y Manuel Tamayo.  
Páginas: 40.
- 3/00 Evidencia empírica de la convergencia real.  
*Autores:* Lorenzo Escot y Miguel Ángel Galindo.  
Páginas: 58.

### *Nueva Época*

- 4/00 The effects of human capital depreciation on experience-earnings profiles: Evidence salaried spanish men.  
*Autores:* M. Arrazola, J. de Hevia, M. Risueño y J. F. Sanz.  
Páginas: 24.
- 5/00 Las ayudas fiscales a la adquisición de inmuebles residenciales en la nueva Ley del IRPF: Un análisis comparado a través del concepto de coste de uso.  
*Autor:* José Félix Sanz Sanz.  
Páginas: 44.
- 6/00 Las medidas fiscales de estímulo del ahorro contenidas en el Real Decreto-Ley 3/2000: análisis de sus efectos a través del tipo marginal efectivo.  
*Autores:* José Manuel González Páramo y Nuria Badenes Plá.  
Páginas: 28.
- 7/00 Análisis de las ganancias de bienestar asociadas a los efectos de la Reforma del IRPF sobre la oferta laboral de la familia española.  
*Autores:* Juan Prieto Rodríguez y Santiago Álvarez García.  
Páginas 32.
- 8/00 Un marco para la discusión de los efectos de la política impositiva sobre los precios y el *stock* de vivienda.  
*Autor:* Miguel Ángel López García.  
Páginas 36.
- 9/00 Descomposición de los efectos redistributivos de la Reforma del IRPF.  
*Autores:* Jorge Onrubia Fernández y María del Carmen Rodado Ruiz.  
Páginas 24.
- 10/00 Aspectos teóricos de la convergencia real, integración y política fiscal.  
*Autores:* Lorenzo Escot y Miguel Ángel Galindo.  
Páginas 28.

## 2001

- 1/01 Notas sobre desagregación temporal de series económicas.  
*Autor:* Enrique M. Quilis.  
Páginas 38.
- 2/01 Estimación y comparación de tasas de rendimiento de la educación en España.  
*Autores:* M. Arrazola, J. de Hevia, M. Risueño y J. F. Sanz.  
Páginas 28.
- 3/01 Doble imposición, "efecto clientela" y aversión al riesgo.  
*Autores:* Antonio Bustos Gisbert y Francisco Pedraja Chaparro.  
Páginas 34.
- 4/01 Non-Institutional Federalism in Spain.  
*Autor:* Joan Rosselló Villalonga.  
Páginas 32.
- 5/01 Estimating utilisation of Health care: A groupe data regression approach.  
*Autora:* Mabel Amaya Amaya.  
Páginas 30.
- 6/01 Shapley inequality decomposition by factor components.  
*Autores:* Mercedes Sastre y Alain Trannoy.  
Páginas 40.
- 7/01 An empirical analysis of the demand for physician services across the European Union.  
*Autores:* Sergi Jiménez Martín, José M. Labeaga y Maite Martínez-Granado.  
Páginas 40.
- 8/01 Demand, childbirth and the costs of babies: evidence from spanish panel data.  
*Autores:* José M.<sup>a</sup> Labeaga, Ian Preston y Juan A. Sanchis-Llopis.  
Páginas 56.
- 9/01 Imposición marginal efectiva sobre el factor trabajo: Breve nota metodológica y comparación internacional.  
*Autores:* Desiderio Romero Jordán y José Félix Sanz Sanz.  
Páginas 40.
- 10/01 A non-parametric decomposition of redistribution into vertical and horizontal components.  
*Autores:* Irene Perrote, Juan Gabriel Rodríguez y Rafael Salas.  
Páginas 28.
- 11/01 Efectos sobre la renta disponible y el bienestar de la deducción por rentas ganadas en el IRPF.  
*Autora:* Nuria Badenes Plá.  
Páginas 28.
- 12/01 Seguros sanitarios y gasto público en España. Un modelo de microsimulación para las políticas de gastos fiscales en sanidad.  
*Autor:* Ángel López Nicolás.  
Páginas 40.
- 13/01 A complete parametrical class of redistribution and progressivity measures.  
*Autores:* Isabel Rabadán y Rafael Salas.  
Páginas 20.
- 14/01 La medición de la desigualdad económica.  
*Autor:* Rafael Salas.  
Páginas 40.

- 15/01 Crecimiento económico y dinámica de distribución de la renta en las regiones de la UE: un análisis no paramétrico.  
*Autores:* Julián Ramajo Hernández y María del Mar Salinas Jiménez.  
Páginas 32.
- 16/01 La descentralización territorial de las prestaciones asistenciales: efectos sobre la igualdad.  
*Autores:* Luis Ayala Cañón, Rosa Martínez López y Jesus Ruiz-Huerta.  
Páginas 48.
- 17/01 Redistribution and labour supply.  
*Autores:* Jorge Onrubia, Rafael Salas y José Félix Sanz.  
Páginas 24.
- 18/01 Medición de la eficiencia técnica en la economía española: El papel de las infraestructuras productivas.  
*Autoras:* M.<sup>a</sup> Jesús Delgado Rodríguez e Inmaculada Álvarez Ayuso.  
Páginas 32.
- 19/01 Inversión pública eficiente e impuestos distorsionantes en un contexto de equilibrio general.  
*Autores:* José Manuel González-Páramo y Diego Martínez López.  
Páginas 28.
- 20/01 La incidencia distributiva del gasto público social. Análisis general y tratamiento específico de la incidencia distributiva entre grupos sociales y entre grupos de edad.  
*Autor:* Jorge Calero Martínez.  
Páginas 36.
- 21/01 Crisis cambiarias: Teoría y evidencia.  
*Autor:* Óscar Bajo Rubio.  
Páginas 32.
- 22/01 Distributive impact and evaluation of devolution proposals in Japanese local public finance.  
*Autores:* Kazuyuki Nakamura, Minoru Kunizaki y Masanori Tahira.  
Páginas 36.
- 23/01 El funcionamiento de los sistemas de garantía en el modelo de financiación autonómica.  
*Autor:* Alfonso Utrilla de la Hoz.  
Páginas 48.
- 24/01 Rendimiento de la educación en España: Nueva evidencia de las diferencias entre Hombres y Mujeres.  
*Autores:* M. Arrazola y J. de Hevia.  
Páginas 36.
- 25/01 Fecundidad y beneficios fiscales y sociales por descendientes.  
*Autora:* Anabel Zárate Marco.  
Páginas 52.
- 26/01 Estimación de precios sombra a partir del análisis Input-Output: Aplicación a la economía española.  
*Autora:* Guadalupe Souto Nieves.  
Páginas 56.
- 27/01 Análisis empírico de la depreciación del capital humano para el caso de las Mujeres y los Hombres en España.  
*Autores:* M. Arrazola y J. de Hevia.  
Páginas 28.

- 28/01 Equivalence scales in tax and transfer policies.  
*Autores:* Luis Ayala, Rosa Martínez y Jesús Ruiz-Huerta.  
Páginas 44.
- 29/01 Un modelo de crecimiento con restricciones de demanda: el gasto público como amortiguador del desequilibrio externo.  
*Autora:* Belén Fernández Castro.  
Páginas 44.
- 30/01 A bi-stochastic nonparametric estimator.  
*Autores:* Juan G. Rodríguez y Rafael Salas.  
Páginas 24.

## 2002

- 1/02 Las cestas autonómicas.  
*Autores:* Alejandro Esteller, Jorge Navas y Pilar Sorribas.  
Páginas 72.
- 2/02 Evolución del endeudamiento autonómico entre 1985 y 1997: la incidencia de los Escenarios de Consolidación Presupuestaria y de los límites de la LOFCA.  
*Autores:* Julio López Laborda y Jaime Vallés Giménez.  
Páginas 60.
- 3/02 Optimal Pricing and Grant Policies for Museums.  
*Autores:* Juan Prieto Rodríguez y Víctor Fernández Blanco.  
Páginas 28.
- 4/02 El mercado financiero y el racionamiento del endeudamiento autonómico.  
*Autores:* Nuria Alcalde Fradejas y Jaime Vallés Giménez.  
Páginas 36.
- 5/02 Experimentos secuenciales en la gestión de los recursos comunes.  
*Autores:* Lluís Bru, Susana Cabrera, C. Mónica Capra y Rosario Gómez.  
Páginas 32.
- 6/02 La eficiencia de la universidad medida a través de la función de distancia: Un análisis de las relaciones entre la docencia y la investigación.  
*Autores:* Alfredo Moreno Sáez y David Trillo del Pozo.  
Páginas 40.
- 7/02 Movilidad social y desigualdad económica.  
*Autores:* Juan Prieto-Rodríguez, Rafael Salas y Santiago Álvarez-García.  
Páginas 32.
- 8/02 Modelos BVAR: Especificación, estimación e inferencia.  
*Autor:* Enrique M. Quilis.  
Páginas 44.
- 9/02 Imposición lineal sobre la renta y equivalencia distributiva: Un ejercicio de microsimulación.  
*Autores:* Juan Manuel Castañer Carrasco y José Félix Sanz Sanz.  
Páginas 44.
- 10/02 The evolution of income inequality in the European Union during the period 1993-1996.  
*Autores:* Santiago Álvarez García, Juan Prieto-Rodríguez y Rafael Salas.  
Páginas 36.



- 11/02 Una descomposición de la redistribución en sus componentes vertical y horizontal: Una aplicación al IRPF.  
*Autora:* Irene Perrote.  
Páginas 32.
- 12/02 Análisis de las políticas públicas de fomento de la innovación tecnológica en las regiones españolas.  
*Autor:* Antonio Fonfría Mesa.  
Páginas 40.
- 13/02 Los efectos de la política fiscal sobre el consumo privado: nueva evidencia para el caso español.  
*Autores:* Agustín García y Julián Ramajo.  
Páginas 52.
- 14/02 Micro-modelling of retirement behavior in Spain.  
*Autores:* Michele Boldrin, Sergi Jiménez-Martín y Franco Peracchi.  
Páginas 96.
- 15/02 Estado de salud y participación laboral de las personas mayores.  
*Autores:* Juan Prieto Rodríguez, Desiderio Romero Jordán y Santiago Álvarez García.  
Páginas 40.
- 16/02 Technological change, efficiency gains and capital accumulation in labour productivity growth and convergence: an application to the Spanish regions.  
*Autora:* M.<sup>a</sup> del Mar Salinas Jiménez.  
Páginas 40.
- 17/02 Déficit público, masa monetaria e inflación. Evidencia empírica en la Unión Europea.  
*Autor:* César Pérez López.  
Páginas 40.
- 18/02 Tax evasion and relative contribution.  
*Autora:* Judith Panadés i Martí.  
Páginas 28.
- 19/02 Fiscal policy and growth revisited: the case of the Spanish regions.  
*Autores:* Óscar Bajo Rubio, Carmen Díaz Roldán y M.<sup>a</sup> Dolores Montávez Garcés.  
Páginas 28.
- 20/02 Optimal endowments of public investment: an empirical analysis for the Spanish regions.  
*Autores:* Óscar Bajo Rubio, Carmen Díaz Roldán y M.<sup>a</sup> Dolores Montávez Garcés.  
Páginas 28.
- 21/02 Régimen fiscal de la previsión social empresarial. Incentivos existentes y equidad del sistema.  
*Autor:* Félix Domínguez Barrero.  
Páginas 52.
- 22/02 Poverty statics and dynamics: does the accounting period matter?.  
*Autores:* Olga Cantó, Coral del Río y Carlos Gradín.  
Páginas 52.
- 23/02 Public employment and redistribution in Spain.  
*Autores:* José Manuel Marqués Sevillano y Joan Rosselló Villalonga.  
Páginas 36.

- 24/02 La evolución de la pobreza estática y dinámica en España en el periodo 1985-1995.  
*Autores:* Olga Cantó, Coral del Río y Carlos Gradín.  
Páginas: 76.
- 25/02 Estimación de los efectos de un "tratamiento": una aplicación a la Educación superior en España.  
*Autores:* M. Arrazola y J. de Hevia.  
Páginas 32.
- 26/02 Sensibilidad de las estimaciones del rendimiento de la educación a la elección de instrumentos y de forma funcional.  
*Autores:* M. Arrazola y J. de Hevia.  
Páginas 40.
- 27/02 Reforma fiscal verde y doble dividendo. Una revisión de la evidencia empírica.  
*Autor:* Miguel Enrique Rodríguez Méndez.  
Páginas 40.
- 28/02 Productividad y eficiencia en la gestión pública del transporte de ferrocarriles implicaciones de política económica.  
*Autor:* Marcelino Martínez Cabrera.  
Páginas 32.
- 29/02 Building stronger national movie industries: The case of Spain.  
*Autores:* Víctor Fernández Blanco y Juan Prieto Rodríguez.  
Páginas 52.
- 30/02 Análisis comparativo del gravamen efectivo sobre la renta empresarial entre países y activos en el contexto de la Unión Europea (2001).  
*Autora:* Raquel Paredes Gómez.  
Páginas 48.
- 31/02 Voting over taxes with endogenous altruism.  
*Autor:* Joan Esteban.  
Páginas 32.
- 32/02 Midiendo el coste marginal en bienestar de una reforma impositiva.  
*Autor:* José Manuel González-Páramo.  
Páginas 48.
- 33/02 Redistributive taxation with endogenous sentiments.  
*Autores:* Joan Esteban y Laurence Kranich.  
Páginas 40.
- 34/02 Una nota sobre la compensación de incentivos a la adquisición de vivienda habitual tras la reforma del IRPF de 1998.  
*Autores:* Jorge Onrubia Fernández, Desiderio Romero Jordán y José Félix Sanz Sanz.  
Páginas 36.
- 35/02 Simulación de políticas económicas: los modelos de equilibrio general aplicado.  
*Autor:* Antonio Gómez Gómez-Plana.  
Páginas 36.

## 2003

- 1/03 Análisis de la distribución de la renta a partir de funciones de cuantiles: robustez y sensibilidad de los resultados frente a escalas de equivalencia.  
*Autores:* Marta Pascual Sáez y José María Sarabia Alegría.  
Páginas 52.

- 2/03 Macroeconomic conditions, institutional factors and demographic structure: What causes welfare caseloads?  
*Autores:* Luis Ayala y César Perez.  
Páginas 44.
- 3/03 Endeudamiento local y restricciones institucionales. De la ley reguladora de haciendas locales a la estabilidad presupuestaria.  
*Autores:* Jaime Vallés Giménez, Pedro Pascual Arzoz y Fermín Cabasés Hita.  
Páginas 56.
- 4/03 The dual tax as a flat tax with a surtax on labour income.  
*Autor:* José María Durán Cabré.  
Páginas 40.
- 5/03 La estimación de la función de producción educativa en valor añadido mediante redes neuronales: una aplicación para el caso español.  
*Autor:* Daniel Santín González.  
Páginas 52.