

Documento de trabajo 00-01
Series de Economía 01
Enero 2000

Departamento de Economía
Universidad Carlos III de Madrid
Calle Madrid, 126
28903 Getafe (Spain)
Fax (34) 91 624-98-75

EL EFECTO DE LA ESTANCIA POSTDOCTORAL EN LA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA *

Antonio García Romero ¹

Resumen

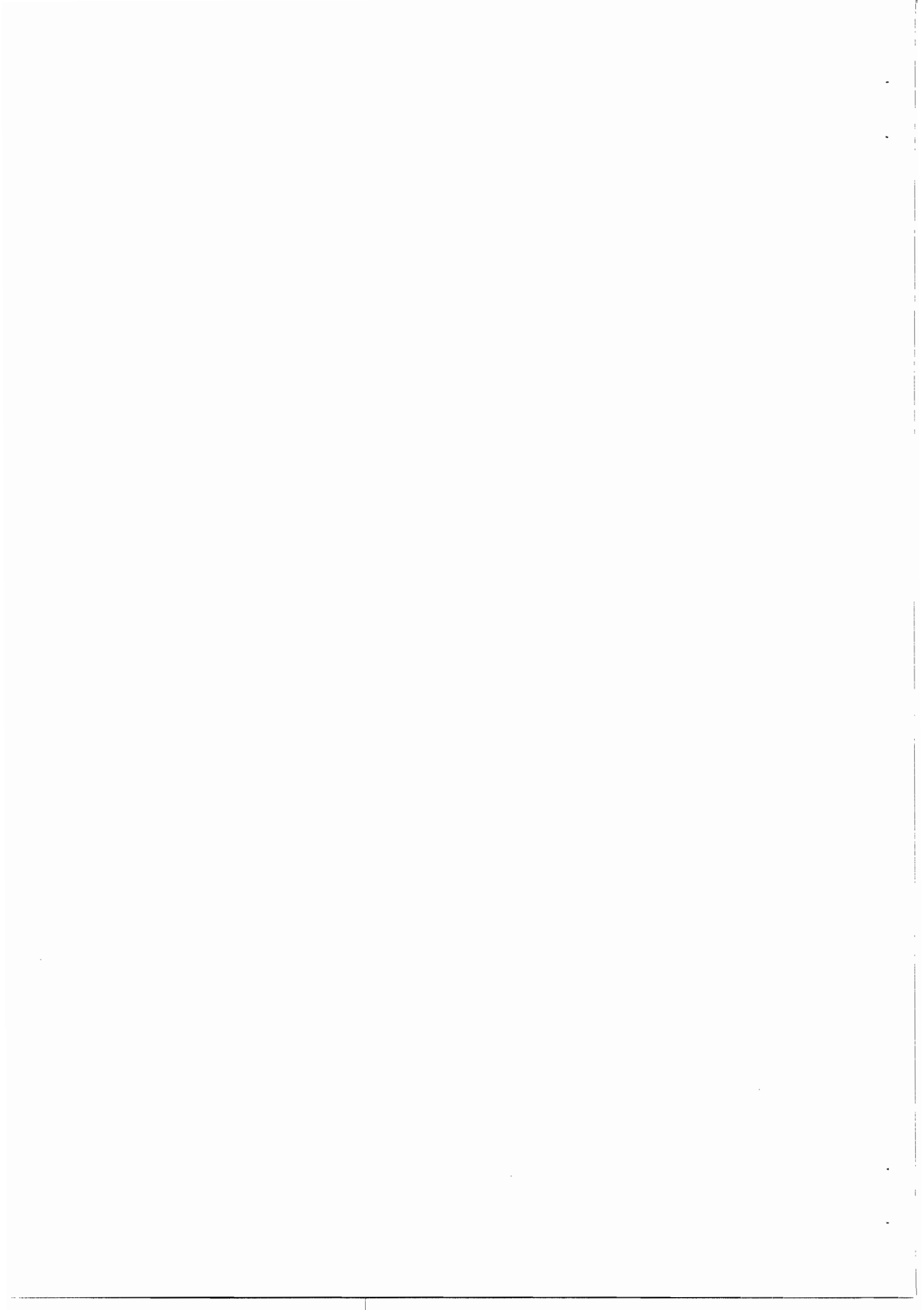
En este trabajo se estudia el efecto que tiene sobre la productividad científica, la realización de una estancia postdoctoral. En primer lugar, se presenta una revisión de la literatura sobre formación de investigadores. En segundo lugar, se estima un modelo basado en la Teoría de Capital Humano para explicar dicho efecto. Los resultados muestran que la productividad es debida tanto a la habilidad de los doctores como a la estancia realizada, si bien el primer efecto es del orden de siete veces mayor que el segundo. Por ello, se propone que la mejora del nivel de los programas de doctorado es un modo más efectivo de mejorar la productividad científica.

Palabras clave: Capital Humano; Formación de Investigadores; Estancia Postdoctoral, Modelos de Ecuaciones Estructurales.

Clasificación JEL: A23; J44; I21

¹ García, Departamento Economía, Instituto Flores de Lemus, Universidad Carlos III de Madrid;
E-mail: help@eco.uc3m.es

* Agradecimientos: Prof. Dña. Aurelia M. Modrego (directora tesis), Prof. D. Juan J. Dolado y Prof. D. Antonio Romero – Medina por su orientación y sabios consejos. Dirección General de Investigación Científica y Técnica (DGICYT) por la financiación recibida Ref.:APC-93-097.



Contents

1	Introducción.	2
2	Antecedentes y literatura previa.	4
3	Hipótesis teóricas.	8
3.1	Teoría del Capital Humano.	8
3.2	Teoría del Señalamiento.	10
4	Metodología y datos.	11
4.1	Metodología.	11
4.2	Datos.	11
4.2.1	Variables e indicadores.	13
5	Resultados.	17
5.1	Descripción de las variables.	17
5.2	Modelo de medida.	18
5.3	Modelos estructurales.	18
5.3.1	Selección del mejor modelo.	18
5.3.2	Contraste de hipótesis.	19
6	Conclusiones y posteriores investigaciones.	22
7	Apéndice técnico.	23
7.1	Población y muestra.	23
7.1.1	Ficha técnica	24
7.2	Deficiencias de los datos.	24
7.3	Ecuaciones de los modelos.	26
7.4	Estadísticos de ajuste.	27
7.5	Estimadores de los modelos de Señalamiento.	28
8	Referencias	29

1 Introducción.

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto que tiene sobre la productividad investigadora la estancia postdoctoral, entendiendo ésta como el periodo que abarca el primer año tras la conclusión del doctorado.

La productividad científica se ve afectada por numerosos factores sobre cuyos efectos se han realizado algunos estudios. Tal es el caso de la financiación recibida (Arora, 1993), la edad y el ciclo de vida (Diamond, 1984; Stephan, 1994), la actividad investigadora del entorno (Hogan, 1981), la colaboración (Stephan, 1996; Modrego, 1998). En cambio, otros factores como son la **formación** que reciben los investigadores así como sus **habilidades** (Anderson, 1989; Buchmueller, 1999) han sido menos estudiados [ver apartado 2].

En cuanto a la **formación de investigadores**, es preciso decir que en un sentido amplio, tiene lugar a lo largo de toda la vida profesional de éstos, pues la actividad investigadora puede considerarse como un modo de formación (Carlson, 1995; Martin, 1983 e Irvine, 1980)¹. No obstante, lo más habitual es considerar la formación para la investigación, al periodo comprendido entre la graduación y la realización de la primera investigación propia. Además, en dicho período, se pueden distinguir dos etapas: la predoctoral y la postdoctoral. En la primera se desarrollan habilidades y conocimientos básicos², mientras que en la etapa postdoctoral tiene por objeto la incorporación de los investigadores a las denominadas élites o *colegios invisibles* (Garvey, 1971) así como el aprendizaje de aspectos menos formalizados, necesarios para desarrollar una investigación de calidad. Por este motivo, esta etapa consiste generalmente en una estancia dentro de un grupo de investigación de prestigio internacional.

En cuanto al papel que juega la **habilidad de los investigadores** sobre la productividad, es preciso considerar dos alternativas. Así, por un lado, parece lógico admitir un **efecto directo**, de tal modo que a mayor nivel de habilidades, mayor productividad, si bien esta relación puede verse afectada

¹Es el único modo de transmitir ciertos conocimientos necesarios pues muchos de ellos son de carácter tácito (*training in job*).

²Dichos conocimientos pueden clasificarse en cuatro grupos que son: a) ampliación del nivel de conocimiento de los conceptos generales de la Ciencia y cultura científica, b) especialización del área donde se va a realizar la investigación, c) capacidad de análisis y de valoración del conocimiento codificado tanto al nivel científico técnico como al socio económico y d) capacidad para plantear y llevar a cabo nuevas investigaciones

por deficiencias en el mercado de trabajo como la endogamia. Por otro lado, también existe un **efecto indirecto** causado por el hecho de que las habilidades son difícilmente observables, así como por el sistema de organización social de la Ciencia, en el que es preciso ser reconocido por parte de los colegas (Dasgupta, 1994). Dicho reconocimiento, especialmente en etapas tempranas de la vida de un investigador se basa esencialmente en la formación recibida. De este modo, quienes poseen mayor habilidad usan la formación recibida como una señal que les permita acceder a mejores estancias postdoctorales que, a su vez, permiten incorporarse a los grupos y departamentos de mayor nivel y, por ende, afectarán a la productividad científica³ (Garvey, 1971).

Por ello, cabe preguntarse en qué medida la productividad de un investigador se debe a sus habilidades de modo directo o a través de la estancia postdoctoral realizada. La posibilidad de diferenciar estas dos componentes de la productividad requiere, en primer lugar, determinar los factores que influyen sobre la misma y, en segundo lugar, cuantificar aquellos efectos que sean significativos.

La primera cuestión se ha resuelto planteando dos modelos basados en la Teoría del Capital Humano (Becker, 1964) que postula la existencia tanto de efecto directo como indirecto de la habilidad sobre la productividad, y la de Señalamiento (Cohn, 1990) que sólo considera el indirecto. Los resultados obtenidos muestran que el primer modelo es el que mejor ajusta los datos disponibles, lo que implica que la productividad se debe tanto a la estancia postdoctoral (formación) como a la habilidad de los individuos.

Una vez seleccionado el modelo que mejor ajusta los datos, se estiman los parámetros que permiten responder a la segunda cuestión, observándose que la productividad final es debida en mayor parte a la habilidad que a la estancia postdoctoral. Por ello, resultaría más efectivo aumentar la productividad mediante la mejora del nivel de habilidades de los doctores, que mediante la mejora de la estancia postdoctoral. Para ello, se proponen dos medidas que son la evaluación de los programas de doctorado, lo que permitiría clasificarlos según su calidad (Guimarães, 1995) y la mejora del proceso de selección de los candidatos a estancias postdoctorales.

Para realizar el presente estudio se ha dispuesto de una muestra de 200 doctores de varias áreas científicas, los cuales realizaron distintos tipos de estancia postdoctoral. Para cada uno de ellos se dispone de diferentes medidas

³Según este planteamiento, conocido como ventaja acumulativa, la calidad de la estancia postdoctoral actúa como una 'señal' para el mercado de trabajo.

tanto de habilidades como de resultados de la actividad científica. Una vez planteadas las hipótesis y formuladas en las ecuaciones correspondientes, se estiman mediante técnicas de *path analysis* y análisis factorial confirmatorio⁴ (Bentler, 1995; Kline, 1998).

El resto del trabajo está organizado del modo siguiente. El apartado 2 recoge una panorámica de la literatura existente sobre formación de investigadores. El apartado 3 presenta los modelos teóricos y las hipótesis que se van a contrastar. El apartado 4 se dedica a describir los datos y la metodología basada en la modelización de ecuaciones estructurales. El apartado 5 recoge los resultados de la estimación de los modelos y finalmente, en el apartado 6 se presentan las principales conclusiones así como futuras investigaciones.

2 Antecedentes y literatura previa.

Pese a ser un tema interesante y relevante, son pocos los estudios que existen en la literatura, en los que se plantee el problema con un enfoque riguroso. Por este motivo se ha optado por clasificar los trabajos revisados en cuatro grupos que son: a) estudios cualitativos; b) estudios descriptivos; c) estudios sobre la correlación entre formación y productividad y d) estudios sobre relación causal entre formación y productividad. Asimismo, al final de esta sección se dedica un párrafo detallar las principales características de trabajos realizados en España.

Estudios cualitativos.

En este grupo de trabajos se consideran aquellos realizados a instancias de distintos organismos nacionales o supranacionales (NSF, OECD). En ellos se analizan los problemas más relevantes de la formación de investigadores en diferentes países planteando diferentes soluciones políticas. En uno de estos trabajos, elaborado por la OECD (OECD, 1995), se hace una revisión exhaustiva de los sistemas de formación de investigadores en distintos países -entre los que no se incluye España- identificando los principales retos y el modo de abordarlos. Otro estudio de características similares es el realizado por la *National Science Foundation* (NSF, 1996 y Smith III, 1995) en el que se plantean las principales debilidades de la formación de investigadores en Estados Unidos, alcanzándose conclusiones muy interesantes acerca de la excesiva especialización de los investigadores que les hacen ser poco útiles a

⁴Estos dos grupos de técnicas constituyen lo que se denomina *Structural Equation Modeling (SEM)*.

la sociedad fuera del ámbito académico.

Estudios descriptivos.

En este grupo, se pueden encuadrar una serie de trabajos en los que se recogen los resultados de encuestas dirigidas a investigadores en las que se les pregunta acerca de su período de formación. En el primero de ellos, se recoge la opinión de 277 doctores en astronomía (Irvine, 1980)⁵. Entre otras cosas se plantean la utilidad de las habilidades adquiridas durante el doctorado para la actividad profesional de los investigadores. El resultado muestra que dichas habilidades resultan de gran utilidad tanto en el contexto de la investigación pública como en la privada.

Por su parte en Halfpenny (1992) se evalúa un programa de becas de formación de investigadores en el Reino Unido dirigido tanto a doctores como a graduados ($n = 468$). Se obtienen resultados sobre su actividad posterior a la etapa de formación así como del destino laboral de los mismos, si bien no se hace ningún estudio que trate de analizar la relación entre las mismas.

Un estudio similar es el planteado para evaluar el resultado de los programas de becas de la Comunidad Europea⁶ (Teichler, 1991a; 1991b). Dicho programa, creado para fomentar la movilidad de los investigadores abarca tres modalidades que son: a) estancias para realizar el doctorado; b) estancias postdoctorales para investigadores noveles y c) estancias de investigadores veteranos. Los resultados, que recogen la opinión de 472 becados y 140 individuos que rechazaron la beca, reflejan el desequilibrio existente entre los diferentes países de la UE en cuanto a nivel científico se refiere. Así, en primer lugar, se observa una tasa de renuncia mayor cuando el destino es un país de peor nivel investigador que el de origen. En segundo lugar, tanto el efecto sobre la actividad investigadora como la satisfacción con la estancia, es mayor para quienes provienen de países con menor nivel científico.

Estudios sobre la correlación entre formación y productividad.

En algunos de ellos sólo se tiene en cuenta la relación desde un punto de vista bivariante como es el caso de Cole y Cole (1967), Crane (1965), Over (1982) o Zuckerman (1975). En otros, por su parte, se considera un planteamiento multivariante (Hogan, 1981; Long, 1978; Evered, 1987 y Anderson, 1989).

Estudios sobre relación causal entre formación y productividad.

⁵Este trabajo forma parte de una serie sobre la evaluación de la 'Big Science', sus efectos e impactos científicos y económicos.

⁶También denominados inicialmente como Capital Humano y Movilidad.

Finalmente, el cuarto grupo incluye estudios que plantean la posible causalidad -y no sólo la relación- existente entre la formación de los investigadores, con la actividad investigadora posterior. La idea básica consiste en el hecho de que el aprendizaje tiene lugar de modo secuencial y que depende de numerosos factores como son la habilidad de los individuos, la calidad de la formación y las condiciones ambientales (políticas, de género, etc.). Este planteamiento causal se ajusta a la situación real pues, en primer lugar, la habilidad del individuo condiciona la formación que este recibe, permitiéndole acceder a los mejores grupos y al mismo tiempo aprender mejor. Esta etapa de formación, a su vez, influye sobre la calidad del grupo donde se realiza la estancia postdoctoral así como su aprovechamiento y, por último, la calidad de la formación postdoctoral determina el nivel de actividad final del investigador. Pero además de esta cadena causal, con este planteamiento se incorporan efectos directos como por ejemplo el que existe entre la habilidad y la productividad. Los trabajos más destacados basados en este planteamiento son los de Cole (1973), Chubin (1981), Helmreich (1982) y sobre todo Rodgers (1989) y Maranto (1994). A continuación, se detallan los principales resultados de los citados estudios.

Cole y Cole (1973), empleando técnicas de *path analysis*, estudian el proceso de adquisición de la 'eminencia científica' definida como reputación en el departamento y visibilidad. Para ello usan como variables predictoras del prestigio profesional, por un lado las publicaciones realizadas en los primeros años de la carrera investigadora así como las citas que reciben, y por otro el nivel del departamento de doctorado. Los resultados muestran que existe un efecto significativo de la reputación del departamento donde se ha realizado el doctorado sobre la productividad, si bien, dicho efecto es mayor sobre la actividad a largo plazo que sobre las publicaciones durante los primeros años tras el doctorado o las citas recibidas a dichas publicaciones.

Con enfoques parecidos, existe un grupo de trabajos que analizan la actividad investigadora de los psicólogos. En el primero de ellos (Chubin, 1981) se emplea la regresión para predecir las publicaciones a partir de a) el nivel del departamento de doctorado, b) la realización o no de estancia postdoctoral, c) director de tesis, d) número de publicaciones previas a la lectura de la tesis así como el número de publicaciones derivadas de ésta. El resultado de este estudio fue que el único predictor significativo de las publicaciones fue el número de citas a las publicaciones previas a la etapa predoctoral. El segundo estudio Helmreich et al. (1980) considera como variables predictoras el sexo y la motivación personal de los investigadores. Los resultados mues-

tran que los varones son quienes realizan el doctorado en departamentos de mayor reputación, trabajan en departamentos de mayor prestigio, publican más artículos y reciben más citas⁷. En cuanto a la motivación, como cabe esperar, incide positivamente sobre los resultados.

Por último, se los trabajos de Rodgers (1989) y Maranto (1994), son los más completos tanto por la metodología, ya que emplean modelización de ecuaciones estructurales, como por el fundamento teórico, puesto que tienen en cuenta la habilidad de los individuos y su posible efecto sobre los resultados científicos desde diferentes puntos de vista. En el primero de ellos (Rodgers, 1989), se plantea el estudio de la productividad de una muestra de psicólogos desde una perspectiva pluridisciplinar ya que consideran el problema desde el punto de vista económico con las teorías de Capital Humano y Señalamiento; desde la Sociología mediante el modelo de Mérito y el de Ventaja Acumulativa; y también desde el punto de vista de la Psicología a través del modelo del Conocimiento del Trabajo y el empírico de Helmreich. La principal novedad que aporta este estudio es la incorporación de la habilidad de los individuos como variable explicativa, lo cual permite eliminar los sesgos de diferencia individual (Cohn, 1994) tan comunes en este tipo de estudios. Por su parte, en (Maranto, 1994) se comparan la Teoría del Capital Humano con la de Ventaja Acumulativa para explicar la producción científica de investigadores en contabilidad. La principal aportación de este trabajo consiste en el empleo de modelo de medida para dos variables, por lo que los modelos que se proponen son más sofisticados⁸.

Para el caso español se han realizado también algunos trabajos en los que se trata con diversos enfoques y grado de profundidad la formación de investigadores. El primero de ellos (Martín, 1996 y Martín-Sempere, 1998) presenta los datos de las becas en el extranjero por disciplinas y países de destino durante el período 1984-1994. Por su parte, López Aguado (1987) compara la producción científica de los investigadores que alcanzaron el grado de doctor en Física durante el año 1976-77, con la total española en esa disciplina. Se observa una investigación de alto nivel internacional tanto en el grupo de jóvenes como en el total español. Finalmente, Fernández Esquinas (1995) realizan una encuesta a una muestra de estudiantes de doctorado y doctores de diferentes especialidades ($n \approx 1200$). En ella, los encuestados han

⁷Esto es lo que se conoce como 'efecto Matilda' (Rossiter, 1993).

⁸Por considerar conjuntamente variables latentes y observadas, a este tipo de modelos se les denomina parcialmente híbridos (Kline, 1998).

de responder acerca de diferentes aspectos relacionados con la beca (cuantía, medios, tiempo, etc.). De todos los resultados los más interesantes hacen referencia a las trayectorias ocupacionales observándose una alta concentración en puestos académicos y con elevada tasa de endogamia puesto que en torno al 53% acaban trabajando en la misma institución en la cual realizaron el doctorado. Asimismo, se ofrecen datos relativos a la actividad investigadora durante el periodo de disfrute de la beca así como después de ésta.

3 Hipótesis teóricas.

En este apartado se consideran dos modelos correspondientes a las teorías del Capital Humano y la de Señalamiento con objeto de determinar si la habilidad tiene o no un efecto directo sobre la productividad. La descripción de ambas, así como las hipótesis correspondientes se presentan en los dos apartados siguientes.

3.1 Teoría del Capital Humano.

Desde que Becker (1964) planteara los postulados de esta teoría, muchas han sido las aplicaciones que se han hecho en diferentes contextos. Así, para el caso de la productividad científica algunos investigadores la han empleado con relativo éxito para ver como ésta evoluciona a lo largo del ciclo de vida del investigador (Diamond, 1986; Weiss, 1982; Levin, 1991 y Siow, 1994).

Según esta teoría, la educación se contempla como una inversión de tal modo que si un individuo decide continuar formándose es porque el coste de hacerlo es inferior al rendimiento que espera obtener tras esa formación. Según lo anterior, el individuo decide formarse hasta que el coste marginal asociado a un periodo adicional de formación, es igual al beneficio marginal que espera obtener. Puesto que la formación permite adquirir conocimiento relevante, existe una influencia directa de ésta respecto de la productividad. Además, como los individuos más hábiles suelen ser los más productivos y los que más aprenden, se tiene una doble relación de la habilidad con la productividad, esto es, de modo directo, y de modo indirecto via formación. La posibilidad de aplicar esta teoría a la formación de investigadores a través de las estancias en el extranjero, está justificada por el hecho de que éstas, son un modo *training in job* y, por lo tanto, un tipo de Capital Humano.

Las ecuaciones asociadas a la Teoría del Capital Humano son las siguientes,

$$EST = f(HAB) \quad (1)$$

$$PRO = g(EST, HAB) \quad (2)$$

Es decir, la habilidad (HAB) de los individuos influye sobre la calidad de la formación que éstos reciben (EST) así como directamente sobre la productividad (PRO). Por su parte, ésta también se ve influida por la calidad de la formación (EST).

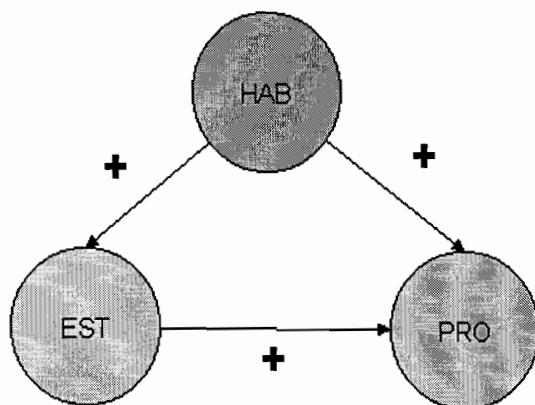
Las hipótesis para el modelo de Capital Humano son las que siguen a continuación:

Hipótesis 1.1: Existe una relación positiva entre las habilidades y la calidad de la formación recibida por el individuo.

Hipótesis 1.2: Existe una relación positiva entre las habilidades y la productividad.

Hipótesis 1.3: Existe una relación positiva entre la calidad de la formación y la productividad.

La Figura 1 representa las hipótesis anteriores



Las ecuaciones correspondientes a las hipótesis de la Teoría del Capital Humano se encuentran en el Apéndice (8.3).

3.2 Teoría del Señalamiento.

En contraposición a la Teoría del Capital Humano, se emplea la del Señalamiento (*screening*). Según esta teoría, la habilidad es el factor principal de la productividad de los individuos. Sin embargo puesto que la habilidad no es observable directamente, los individuos invierten en educación para que ésta sirva de señal y así optar a los mejores trabajos. Además, cuanto más capacitado está el individuo, más habilidad (conocimiento) tiene y menor es el coste marginal de la formación. Esta relación inversa induce una correlación positiva entre habilidad y nivel de la formación recibida. Por tanto, bajo este supuesto, la formación no incide directamente sobre la productividad sino que lo hace a través de la habilidad de los individuos.

Según esta teoría la habilidad *HAB* determina la calidad de la formación recibida, *EST* que a su vez incide sobre la productividad *PRO*⁹. En este caso el modelo queda reducido a las ecuaciones siguientes.

$$EST = f(HAB) \quad (3)$$

$$PRO = g(EST) \quad (4)$$

Las hipótesis del modelo de Señalamiento son las siguientes:

Hipótesis 2.1: Existe una relación positiva entre las habilidades y la calidad de la formación.

Hipótesis 2.2: Existe una relación positiva entre la calidad de la formación y la productividad.

Ambas hipótesis se representan en la Figura 2.

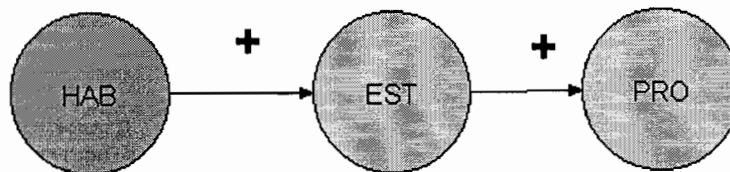


Figura 2

Las ecuaciones correspondientes a las hipótesis de la Teoría del Señalamiento se encuentran en el Apéndice (8.3).

⁹En realidad la calidad de la formación *EST* actúa como señal en el mercado de trabajo lo que implica que aquellos mejor formados son quienes consiguen trabajar en los mejores centros y departamentos. Esta variable, que algunos autores denominan 'Calidad del Primer Trabajo', no se observa en este estudio.

4 Metodología y datos.

4.1 Metodología.

La especificación de los modelos se plantea mediante sistemas de ecuaciones simultáneas, para estimar tanto los parámetros como los estadísticos de ajuste se ha utilizado el programa estadístico EQS (Bentler, 1995). Además, dado que existen dos indicadores para la variable habilidad y sólo uno para el resto de variables consideradas en los diferentes modelos, se ha adoptado una especificación de modelos parcialmente híbridos. Ello supone que se incluye un modelo de medida para la variable latente HAB, en los modelos estructurales en los que el resto de variables sólo tiene un indicador¹⁰.

La metodología de modelización de ecuaciones estructurales (*Structural Equation Modeling* = SEM), engloba los modelos en ecuaciones simultáneas con variables observadas, también conocido como *path analysis*, junto con los modelos de medida o análisis factorial conformatorio (CFA) que permiten estimar variables latentes. Asimismo, la combinación de ambas técnicas da lugar a modelos denominados híbridos. Esta metodología se ha considerado apropiada debido fundamentalmente a dos razones: a) los modelos teóricos se plantean en términos de ecuaciones simultáneas (Ver Apéndice 7.3), y b) se dispone de más de una variable observada (=indicador) para la Habilidad, lo que permite construir las correspondientes variables latentes mediante el análisis factorial confirmatorio.

4.2 Datos.

Los datos que se emplean en este estudio proceden de la encuesta realizada en 1994 para la Evaluación del Subprograma de Becas Postdoctorales MEC-Fleming¹¹ (García Romero, 1996). Dicha encuesta estaba dirigida a investi-

¹⁰Este tipo de modelos está entre los híbridos -en el que se dispone de más de un indicador para cada una de las variables- y los modelos de *path analysis* -un solo indicador para cada variable.

¹¹Durante este período existían dos subprogramas que ofrecían becas. El primero es el MEC-Fleming que representa el 56% de las solicitudes y el 58% de becas. Se trata de un programa específico para el Reino Unido y co-organizado por el Ministerio de Educación y Ciencia y el British Council. En cuanto al segundo, el denominado Programa General, es un programa que otorga becas para distintos países, entre los cuales está el Reino Unido. Si bien ambos son muy similares, existe una diferencia sustancial entre ambos ya que el MEC-Fleming se consideraba de mayor nivel pues las becas eran concedidas a

gadores que habían solicitado alguna beca postdoctoral para la realización de una estancia en el Reino Unido durante el período 1985-1992. Dado que el número de solicitantes ascendía a 1679 se optó por seleccionar una muestra de 419.

La respuesta al cuestionario fue realizada por 267 individuos, de los cuales 228 enviaron, además, su curriculum vitae, a partir de los cuales se ha obtenido información muy fiable. Finalmente, se eliminaron del grupo anterior a los investigadores en Ciencias Sociales y Humanidades puesto que constituyen un grupo muy pequeño (sólo 28) por lo que el grupo que se considera en este estudio está constituido por 200 individuos, lo que supone un error en las estimaciones en torno al 4% (Ver Apéndice técnico para los detalles del muestreo).

Tabla 1. Población y muestra del estudio

Grupo	N (%)
Población	1679
Muestra	419 (100)
Total respuestas	267 (63.72)
Con Curriculum Vitae	228 (54.41)
Con Curriculum Vitae C.Exp.	200 (47.73)

En relación con estudios similares, la encuesta realizada para este estudio, presenta algunas ventajas entre las que cabe destacar las siguientes.

1. Se considera no sólo a quienes disfrutaron de la estancia, sino también a quienes no les fue concedida la ayuda lo que permite contrastar el efecto de la misma así como estudiar los determinantes de la concesión de la ayuda.
2. Se incluyen preguntas sobre la trayectoria profesional tras la estancia, así como datos sobre los ingresos anuales. Esta información permitirá realizar un estudio similar a este en el que se trate de explicar el efecto de la estancia postdoctoral en la carrera profesional de los investigadores, lo cual se hará en un trabajo posterior.

los mejores candidatos, quedando el programa general para los que no eran aptos para el primer programa. Este hecho permite establecer una variable que diferencia la estancia en relación con su nivel.

3. Al solicitar el *Curriculum Vitae* de los encuestados se consiguieron datos muy fiables sobre la productividad y carrera profesional. Este procedimiento, constituye una novedad en este tipo de estudios.

4.2.1 Variables e indicadores.

Las variables que han sido introducidas en las ecuaciones anteriores y cuyas relaciones vienen justificadas por las diferentes teorías no son, sin embargo, observables directamente. Quiere esto decir que lo que se entiende por habilidad del individuo es, en realidad, una variable latente y de modo similar ocurre con la formación (estancia) o la productividad científica. Por ello se ha de trabajar con indicadores¹². Esto supone una dificultad adicional, debido a la escasez de las fuentes de datos, el sesgo existente entre las diferentes disciplinas o la subjetividad en el caso de los indicadores basados en las respuestas de los individuos, etc.

A continuación se presentan los indicadores (i.e. variables observadas) relacionadas con productividad, estancia y habilidades.

Indicadores de la productividad (PRO). La actividad investigadora presenta distintas facetas que dan lugar a resultados de diferente naturaleza. En particular, merece la pena diferenciar entre artículos que han sido publicados en revistas incluidas en el Science Citation Index (*PISID*) frente a los publicados en revistas ajenas a este índice (*PNISID*), dado que, en principio, se trata de publicaciones menos exigentes¹³. Por este motivo, y puesto que se dispone de datos fiables obtenidos a partir de los *curricula*, se han clasificado los indicadores de productividad en los tres grupos siguientes:

Productividad 1: Artículos publicados en revistas científicas incluidas en el ISI (PISID).

Productividad 2: Artículos publicados en revistas científicas no incluidas en el ISI (PNISID).

¹²En Martin e Irvine 1983 se justifica el carácter parcial de los indicadores que se emplean para medir la actividad e impacto científicos, por lo que se recomienda que se empleen varios indicadores para cada variable. Por otra parte en Martin 1996 se presentan las conclusiones de un estudio que demuestra que en la mayoría de los casos sólo se emplean uno, o a lo sumo dos indicadores para cada variable.

¹³El Institute for Scientific Information incorpora revistas en base a su impacto medido por las citas que reciben.

Productividad 3: Factor de impacto de las revistas ISI (FID)

De todos ellos, los más empleados en estudios similares son los artículos en revistas incluidas en el SCI, debido a la posibilidad de disponer de indicadores de la calidad como es el caso de citas y factor de impacto¹⁴. Como se ha argumentado anteriormente, las publicaciones en revistas no incluidas en el SCI, han de considerarse por separado, razón por la que se plantea un modelo para cada tipo de resultado. En este sentido, dado que el factor de impacto sólo lo tienen las revistas incluidas en el ISI¹⁵, esta variable sólo se incluye en los modelos de productividad ISI. Por último, las citas recibidas no se han considerado porque se trata de un estudio que abarca varias áreas científicas, para las que este indicador presenta sesgos difíciles de corregir (Kostoff, 1997; Schwartz, 1996 y Gardfield, 1996).

Además de los indicadores anteriores, existen otros que no se han tenido en cuenta en este estudio por diferentes motivos. Tal es el caso de la obtención de financiación (proyectos) que, si bien puede considerarse un tipo resultado intermedio, no es estrictamente científico¹⁶. En cuanto a la consideración de las contribuciones en congresos científicos, es preciso señalar que han sido poco empleadas en la literatura, debido posiblemente a que las comunicaciones en congresos relevantes acaban siendo artículos en revistas científicas, tal como se señala en Garvey (1971)¹⁷. Otros indicadores como por ejemplo de las Tesis doctorales dirigidas no se han considerado debido a la juventud de los individuos en la muestra por lo que presentan valores

¹⁴La característica fundamental de las bases de datos elaboradas por el ISI es la inclusión de las citas que reciben todos los artículos publicados en sus revistas. Ello les permite elaborar los factores de impacto a partir de la expresión $FI = \frac{C_{t+1} + C_{t+2}}{N_t}$ donde C_x y N_x son, respectivamente el número de citas recibidas por la revista y el número total de artículos publicados por la revista en el año x .

¹⁵Sin embargo, es preciso señalar que existen críticas al empleo de los factores de impacto para la evaluación de la investigación por parte de la comunidad investigadora (véase por ejemplo Seglen, PO, 1997)

¹⁶En realidad es un indicador relacionado con la actividad pasada o background y por tanto presenta un sesgo de edad tal y como queda de manifiesto en los trabajos de Arora et al (1996) y Martanto et al (1994) donde emplean para formular un modelo basado en la teoría de la ventaja acumulativa.

¹⁷En este mismo trabajo también se especifica que en realidad sólo las comunicaciones a congresos basadas en un trabajo de 'calidad' acaban siendo en realidad artículos en revistas prestigiosas. Por este motivo, la consideración de todas las comunicaciones a congresos podría introducir cierto sesgo en los estimadores.

muy bajos dado que se encuentran en los primeros años de su carrera. Algo similar sucede con las patentes o modelos de utilidad, los cuales tienen muy poco peso (sólo hay 2 en toda la muestra).

Indicadores de la etapa de formación o estancia postdoctoral (EST). En primer lugar, es preciso considerar que en la muestra existen individuos que disfrutaron la estancia, frente a individuos que no lo hicieron. Por ello, en este trabajo se considera la etapa postdoctoral como la actividad desarrollada en el primer año siguiente a la obtención del grado de doctor independientemente del entorno y país donde tenga lugar (universidad, empresa, España o extranjero). Esta situación, ha permitido definir una variable, denominada *EST*, que recoge la calidad de la estancia¹⁸.

En segundo lugar, la estancia presenta varios factores que deberían medirse de modo independiente. Entre estos factores se encuentran la existencia de relaciones previas con el grupo donde se realiza la estancia, la calidad y prestigio del mismo, la duración de la estancia, el ambiente de formación de investigadores (Gelso, 1996) y el grado de integración del individuo en el grupo de acogida. La combinación de estas variables puede recoger con bastante fiabilidad la influencia de la estancia sobre la actividad investigadora posterior. Si bien todos los factores anteriores son medibles en un sentido amplio, no es posible emplear dichas medidas en todos los casos.

Así, por ejemplo, existe una medida de la calidad y prestigio del grupo de estancia basada en diversos estudios realizados en el Reino Unido en los que se han elaborado diferentes clasificaciones a diferentes niveles (grupos de investigación, universidades). El problema es que dichas clasificaciones no se han hecho para todas las áreas científicas y, en las que se han realizado, no se ha empleado la misma metodología¹⁹.

Finalmente, también sería preciso incluir una medida del grado de integración del investigador en el grupo receptor, para lo cual se pueden emplear dos variables obtenidas a partir de la encuesta. La primera de ellas es una

¹⁸Las cuatro modalidades o niveles de la estancia, según esta variable son 1: no estancia; 2: estancias cortas; 3: estancia de un año con el programa MEC-General y 4: estancia de un año con el programa MEC-Fleming.

Como puede observarse las dos modalidades inferiores tienen menor duración y en cuanto a las dos modalidades superiores, se diferencian en el hecho de que el programa MEC-Fleming era considerado el más elitista y selectivo que el MEC-General.

¹⁹En algunos casos se ha empleado sólo el *peer review* mientras que en otros se combina con indicadores o paneles de expertos.

pregunta que hace referencia a las actividades de carácter científico que se llevaron a cabo durante la estancia y la segunda es la que incide sobre las actividades que se llevaron a cabo tras la estancia. Lamentablemente, ambas cuestiones son de tipo multirrespuesta por lo que su tratamiento resulta complicado. Para su explotación será preciso emplear la metodología propuesta por Bartholomew (1998) mediante la que es posible obtener una variable cuantitativa o *score* a partir de este tipo de cuestiones.

Indicadores de habilidad (HAB). Para el caso de la habilidad se plantea un modelo de medida con dos indicadores que son los artículos publicados durante el período predoctoral en revistas del ISI (*PISIA*) y el factor de impacto medio de dichas publicaciones (*FIA*). Las razones por las cuales han sido elegidos estos indicadores son dos: primero, se trata de medidas muy relacionadas con la actividad investigadora y por tanto con la habilidad necesaria para ser buen investigador y, segundo, analizando la matriz de correlaciones entre las diferentes variables²⁰, se ha observado una correlación significativa entre ambas, lo que refleja una cierta convergencia y por tanto que se trata de medidas de la misma variable latente. De este modo se asume que la productividad de los individuos durante el doctorado (antes de la estancia) es una *proxy* tanto de la habilidad, como de la calidad de la formación recibida²¹. Los indicadores de habilidad son,

Habilidad 1: Artículos publicados en revistas incluidas en el ISI antes de realizar la estancia (PISIA)

Habilidad 2: Factor de impacto medio de las revistas antes de realizar la estancia (FIA)

Las ecuaciones del modelo de medida son las siguientes:

$$PISIA = f_1(HAB) + \varepsilon_1 \quad (5)$$

$$FIA = f_2(HAB) + \varepsilon_2 \quad (6)$$

Nótese que un modelo de medida con sólo dos indicadores o variables observadas está subidentificado puesto que el número de observaciones es 3

²⁰Ver Tabla 3.

²¹En cierta medida se está aceptando la hipótesis de señalamiento para este periodo.

y es preciso estimar 4 parámetros²². No obstante, dado que el modelo de medida está integrado en otros modelos estructurales (formando así lo que se denomina modelos parcialmente híbridos), el problema de la identificación desaparece (Bollen, 1989; Kline, 1998). Gráficamente el modelo de medida anterior queda recogido en la Figura 3.

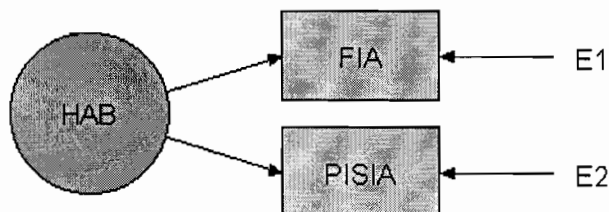


Figura 3

5 Resultados.

5.1 Descripción de las variables.

La Tabla 2 presenta una descripción de las variables empleadas en los diferentes modelos planteados.

Tabla 2. Descriptiva variables

Variable	Media	Std	Definición
<i>PISIA</i>	0.714	0.736	Art. ISI/año antes estancia
<i>FIA</i>	1.324	1.286	FI medio antes estancia
<i>EST</i>	2.460	1.181	Calidad estancia
<i>PISID</i>	1.628	1.607	Art. ISI/año después estancia
<i>FID</i>	1.841	1.854	FI medio después estancia
<i>PNISID</i>	0.644	1.003	Art. no ISI/año después estancia

Puede observarse que tras la estancia hay un sensible incremento en la productividad de artículos publicados en revistas ISI, así como del factor de impacto medio de dichas revistas.

La tabla 3 presenta la matriz de correlaciones de las variables anteriores.

²²El número de observaciones de un modelo estructural se obtiene mediante la expresión $\frac{\nu(\nu + 1)}{2}$ donde ν es el número de variables observadas o indicadores. Los parámetros libres son, en este caso las varianzas de la variable latente así como de los errores y un *factor loading* dado que el otro se fija a 1.0 con objeto de darle una escala a la variable latente (Kline, 1998).

Tabla 3. Matriz de correlaciones de las variables

PISIA	FIA	EST	PISID	FID	PNISID
1.000					
0.220	1.000				
0.079	0.195	1.000			
0.410	0.101	0.173	1.000		
0.159	0.535	0.185	0.172	1.000	
0.004	-0.156	-0.039	0.149	-0.181	1.000

Donde destaca el hecho de que la variable PNISID presenta una correlación negativa con todas las variables excepto con PISID. Una interpretación intuitiva de estos resultados puede ser el hecho de que las publicaciones en revistas no incluidas en revistas en el SCI (ISI) son una práctica poco habitual entre los investigadores prestigiosos en ciencias experimentales.

5.2 Modelo de medida.

El modelo de medida está subidentificado por estar construido sólo con dos indicadores (Bollen, 1989), por lo que no puede ser estimado de modo independiente aunque no hay problema si está integrado en un modelo más amplio como en este caso. En este sentido, conviene señalar que el uso de variables latentes frente a variables observadas mejora la precisión y robustez de los estimadores (Oliver, 1999). Los valores de los parámetros de cada indicador (*factor loadings*) son elevados y significativos, 0.79 ($R^2 = 0.62$) para FIA y 0.75 ($R^2 = 0.20$) para PISIA.

5.3 Modelos estructurales.

5.3.1 Selección del mejor modelo.

A continuación se presentan los estadísticos de ajuste para los modelos estimados tanto para producción de artículos ISI (Tabla 4.1) como no ISI (Tabla 4.2). A la vista de los resultados anteriores, puede decirse que el **modelo que mejor ajusta los datos es el de Capital Humano**, tanto para ISI como no ISI, si bien se aprecia que el ajuste de la productividad ISI es sensiblemente peor que los correspondientes a los modelos no ISI. Este resultado implica que el efecto de la habilidad sobre la productividad científica tiene lugar tanto de modo directo, como de modo indirecto.

Tabla 4.1 Ajuste de los modelos (*ISI*)

Medidas de ajuste	Capital Humano	Screening
χ^2	32.437 (2 df)	80.895 (4 df)
<i>NFI</i>	0.763	0.409
<i>NNFI</i>	-0.200	-0.516
<i>CFI</i>	0.760	0.394
<i>GFI</i>	0.943	0.872
<i>AGFI</i>	0.573	0.519
<i>RMSEA</i>	0.277	0.312
<i>AIC</i>	28.437	72.895
<i>CAIC</i>	19.851	55.722

Se observa que el modelo de Capital Humano presenta mejores estadísticos de ajuste puesto ya que tiene menores χ^2 , *RMSEA*, *AIC* y *CAIC* así como valores más próximos a 1 para *NFI*, *CFI*, *GFI* y *AGFI*.

Tabla 4.2 Ajuste de los modelos (no *ISI*)

Medidas de ajuste	Capital Humano	Screening
χ^2	0.934 (1 df)	6.676 (2 df)
<i>NFI</i>	0.979	0.853
<i>NNFI</i>	1.010	0.643
<i>CFI</i>	1.000	0.881
<i>GFI</i>	0.998	0.984
<i>AGFI</i>	0.985	0.919
<i>RMSEA</i>	0.000	0.109
<i>AIC</i>	-1.066	2.676
<i>CAIC</i>	-5.359	-5.910

Al igual que en el caso anterior, es el modelo de Capital Humano el que ajusta mejor los datos. Además, se aprecia que en ambos casos el ajuste es significativamente mejor que en el caso de las publicaciones *ISI*. Una descripción de los estadísticos de ajuste así como las claves de interpretación de los mismos puede encontrarse en el ANEXO (8.4).

5.3.2 Contraste de hipótesis.

Una vez seleccionado el modelo de Capital Humano, se estiman los parámetros cuyos valores permiten cuantificar los efectos entre las variables. Los

parámetros correspondientes al modelo de Señalamiento se incluyen en el ANEXO (apartado 8.5).

Modelo de productividad ISI. La Tabla 5.1.a presenta los **coeficientes estandarizados**²³ para el modelo Capital Humano de la producción ISI. Se observa, que los signos de los coeficientes coinciden con la teoría (Ver hipótesis 1.1, 1.2, 1.3 en apartado 3.1).

Tabla 5.1.a Modelo Capital Humano (ISI)

Parámetro (β)	Hipótesis	Valor
$HAB \rightarrow EST$	+	0.283* (2.780)
$HAB \rightarrow PISID$	+	0.225* (2.230)
$HAB \rightarrow FID$	+	0.558* (3.610)
$EST \rightarrow PISID$	+	0.109 (1.467)
$EST \rightarrow FID$	+	0.020 (0.265)
$PISID \rightarrow FID$	+	0.035 (0.482)

(*) Significativo al 95%

Este tipo de ecuaciones permite descomponer el efecto total (ET) de la habilidad (HAB) sobre la productividad ISI ($PISID$), como suma de los efectos directo ($ED = \beta_{HAB \rightarrow PISID}$) e indirecto ($EI = \beta_{HAB \rightarrow EST} \cdot \beta_{EST \rightarrow PISID}$). De este modo se tiene que

$$ET = ED + EI = 0.225 + 0.283 \cdot 0.109 = 0.225 + 0.031 = 0.256$$

A partir de estos resultados puede comprobarse que el ratio $\frac{ED}{EI} = \frac{\beta_{HAB \rightarrow PISID}}{\beta_{HAB \rightarrow EST} \cdot \beta_{EST \rightarrow PISID}} \sim 7.25$ lo que permite decir que el principal factor

²³De este modo un parámetro β_{XY} se interpreta del modo siguiente: Si se produce un aumento en una desviación estándar en la variable exógena X la variable variable endógena aumentará (si es positivo) β_{XY} desviaciones típicas de Y . Por ello, el valor de estos coeficientes oscila entre 0 y 1.

determinante de la productividad es la habilidad de los doctores. Por otra parte, se tiene que alrededor del 70% de la productividad es consecuencia de esta dado que $PSID = 0.225 \times HAB + 0.109 \times EST + \varepsilon_i$.

Los resultados anteriores permiten establecer comparaciones de los efectos de dos políticas complementarias como son: a) la mejora de la calidad de la estancia realizada con el mismo nivel de habilidades y b) la mejora de la habilidad de los investigadores con el mismo nivel de estancia. En la tabla 5.1.b se presentan los efectos sobre la productividad de ambas medidas.

Tabla 5.1.b Efecto sobre productividad ISI

Política	Aumento productividad ISI (en std)
$EST + 1 \text{ std}^{(1)}$	0,109
$HAB + 1 \text{ std}^{(2)}$	$0,225 + 0,031 = 0,256$
$EST + 2,35 \text{ std}^{(1)}$	0,256

⁽¹⁾ Mejora de la estancia manteniendo constante la habilidad de los doctores
⁽²⁾ Mejora de la habilidad de los doctores manteniendo constante la estancia

Se observa que tiene el mismo efecto una mejora en una desviación típica en la habilidad de los investigadores que una mejora en 2,35 desviaciones típicas en la calidad de la estancia. Ello implica que resulta más efectivo mejorar el nivel de habilidad de los que disfrutan las estancias que mejorar la calidad de estas para el mismo nivel de habilidades de los doctores.

Modelo de productividad no ISI. La Tabla 5.2 recoge los parámetros estandarizados para el modelo de Capital Humano de la productividad no ISI. Al igual que en el caso anterior se observa una coherencia entre los signos de los coeficientes y las hipótesis de la teoría (Ver hipótesis 1.1, 1.2, 1.3 en apartado 3.1).

Tabla 5.2. Modelo Capital Humano (no ISI)

Parámetro (β)	Hipótesis	Valor
$HAB \rightarrow EST$	+	0.241* (3.487)
$HAB \rightarrow PNISID$	-	-0.174* (-2.414)
$EST \rightarrow PNISID$	+	0.04 (0.052)

* Significativo al 5%

En este caso, al no ser significativo el parámetro del efecto directo de la estancia sobre la productividad ($\beta_{EST \rightarrow PNISID} = 0$), se tiene que $ET = ED + EI = -0.174 + 0$. Por lo tanto, a mayor nivel de habilidades tras el doctorado, se observa un menor nivel de productividad no ISI²⁴.

6 Conclusiones y posteriores investigaciones.

El estudio del impacto que la formación de los investigadores tiene sobre la productividad científica tiene gran interés para la planificación de políticas de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, no hay muchos trabajos en los que se aborde el problema de modo riguroso y con datos fiables.

El enfoque adoptado en este trabajo, basado fundamentalmente en Rodgers (1989) y Maranto (1994) constituye una novedad en cuanto a formación postdoctoral se refiere y aporta resultados que indican tanto la idoneidad de la metodología, basada en modelización de ecuaciones estructurales como en la validez de los indicadores empleados. No obstante, es preciso señalar que conviene eliminar las numerosas deficiencias apreciadas en los datos debido a que distorsionan los resultados.

Los resultados muestran, en primer lugar la Teoría del Capital Humano explica mejor la producción científica que la Teoría del Señalamiento lo cual se traduce en que el efecto de la habilidad sobre los resultados es significativo. Asimismo, también es preciso señalar que los modelos presentan un mejor ajuste cuando se trata de explicar la producción científica de artículos en revistas no incluidas en el ISI. En segundo lugar, los valores de los parámetros permiten comparar cuáles serían los efectos de dos políticas alternativas como son la mejora de la habilidad de quienes disfrutan las estancias, frente a la mejora de las estancias realizadas, siendo más efectiva la primera. Las medidas que podrían tomarse en este sentido pueden ser las siguientes:

- a) Implantación de una normativa que garantice la calidad de los programas de doctorado de modo que sólo los que cumplan dichas normas puedan formar nuevos doctores.
- b) Mejora del proceso de selección de candidatos a estancias postdoctorales.

En cuanto a futuras líneas de investigación se proponen, entre otras, las siguientes:

²⁴Este resultado es coherente con la idea intuitiva de que los mejores investigadores son quienes menos publican en revistas no ISI.

- Obtener una nueva variable para la estancia (EST'), que recoja el grado de integración del becario en el grupo de estancia. Para obtenerla será preciso emplear la metodología propuesta por Bartholomew (1998) para la obtención de variables cuantitativas a partir de preguntas multirrespuesta.
- Estudio de la no respuesta para determinar si ésta ha sido aleatoria MAR (*missing at random*), aleatoria MCAR (*missing completely at random*) o sistemática.
- Homogenizar los indicadores para las diferentes disciplinas científicas, para lo cual es preciso desarrollar una metodología a partir de los escasos métodos desarrollados previamente (Schubert, 1996; Kostoff, 1997 y Schwartz, 1996).
- Planteamiento de dos nuevos estudios siguiendo un esquema similar, para determinar el efecto que la estancia postdoctoral sobre dos aspectos tan importantes como son la colaboración científica y la carrera profesional de los investigadores.

7 Apéndice técnico.

7.1 Población y muestra.

Respecto a la determinación de la población, es preciso hacer una serie de consideraciones. En primer lugar, puesto que para el estudio la unidad de observación es el solicitante y no la solicitud y un mismo individuo puede presentar varias solicitudes durante el periodo estudiado, surge el problema de la existencia de observaciones repetidas, situación que se conoce como *marco imperfecto*. Para entender mejor el problema, considérese la situación en la que un individuo A ha solicitado beca en k convocatorias al subprograma MEC-Fleming, habiéndole sido denegada $k - 1$ veces y concedida en 1 ocasión. Obviamente, este individuo debe ser considerado como becario del subprograma MEC-Fleming y todas las demás solicitudes correspondientes al individuo A deben ser ignoradas, pues de lo contrario se cometería un error importante.

Procedimiento de muestreo:

1. No puede haber dos o más solicitudes de un mismo individuo en la muestra.
2. En el caso de seleccionarse a un individuo con varias solicitudes en distintos años se daban las siguientes situaciones

Si todas las solicitudes habían sido denegadas o concedidas se mantenía el registro seleccionado de denegado.

Si alguna de las solicitudes tuvo éxito, pero el individuo fue seleccionado como denegado, se cambiaba el registro seleccionado por el equivalente de concedido, puesto que sería absurdo considerar a ese individuo como si no hubiese disfrutado beca alguna.

Este procedimiento de muestreo puede considerarse como aleatorio simple sin reposición.

7.1.1 Ficha técnica

Universo: solicitudes a los programas MEC-Fleming y General entre los años 1985-1992. Población: solicitudes no repetidas $N=1679$. Muestra: seleccionada mediante el procedimiento descrito anteriormente $n=419$. Error: 3% para proporciones de datos globales. Nivel confianza: 95% con $p = q = 0,5$ (caso más desfavorable) Distribución: aleatoria. Técnica: encuesta postal. Trabajo campo: 1-10-94 al 15-1-95.

7.2 Deficiencias de los datos.

Los datos que se emplean en este estudio presentan deficiencias que es preciso corregir antes de la utilización de los mismos en la elaboración de modelos. En este sentido es preciso señalar la mayoría de los trabajos revisados, bien no consideran estos defectos, o bien los señalan pero no los corrigen por lo cual el tratamiento que se plantea continuación constituye una novedad en este tipo de estudios. Los principales problemas así como las soluciones adoptadas se presentan a continuación.

Primero, existe un sesgo de edad en los individuos de la muestra puesto que está constituida por individuos que solicitaron y disfrutaron las estancias a lo largo de un periodo de siete años. Este sesgo se ha corregido basándose en

el planteamiento que se hace en García-Romero (1996) consistente en dividir los resultados científicos por los años transcurridos para cada individuo.

Segundo, el posible sesgo de especialidad afecta a la mayoría de indicadores o variables observadas²⁵ y para eliminarlo se plantean dos alternativas. La primera consiste en no alterar los datos apoyándose en el hecho de que existe una distribución similar de especialidades según los tipos de estancia²⁶. La segunda, consiste en la eliminación del sesgo en cada indicador (Schubert, 1996; Kostoff, 1997 y Schwartz, 1996).

Tercero, no existe normalidad multivariante de los datos²⁷ lo cual se cumple en la mayoría de los indicadores de carácter bibliométrico (Haitun, 1982a, 1982b y 1982 c). Ello constituye un problema mayor cuando se utilizan técnicas estadísticas basadas en la regresión para las que se exige la normalidad de las variables²⁸. Para resolver el problema, existen diferentes estrategias (West, 1995) como son: a) la estimación por métodos que asumen la normalidad (MV) y posterior corrección de los contrastes de significación (Satorra, 1994); b) empleo de métodos de estimación libres (ADF) que no asumen la normalidad de los datos si bien en este caso son precisos un número de observaciones muy superior; c) la transformación de las variables mediante funciones (ln, raíz cuadrada, etc); d) el uso de técnicas de remuestreo (*bootstrap*) que permiten estimar el posible sesgo de los estimadores y, finalmente e) eliminar valores atípicos sustituyéndolos por valores simulados. Evidentemente, cada una de las soluciones anteriores puede dar lugar a resultados distintos por lo que resulta interesante su comparación, lo que se hará en trabajos posteriores.

Cuarto, la falta de respuesta parcial que da lugar a lo que se denomina como 'datos contaminados' (Horowitz, 1995 y 1998). Para resolverlo se ha de estimar si el patrón de valores perdidos es MAR, MCAR²⁹ o sistemático para, posteriormente, imputar nuevos valores (Bollen, 1989; Kline, 1998). En este caso, se ha podido comprobar que el problema de valores perdidos no es grave

²⁵ Este sesgo está presente fundamentalmente en indicadores bibliométricos, pero también en captación de recursos y, algo menos en congresos.

²⁶ El valor de la χ^2 correspondiente a la tabla de contingencia (EST vs Especialidad) es de 20,9 (p=0.78), mientras que el coeficiente de correlación de Pearson vale 0.01.

²⁷ El valor de la R de Mardia es de 97.42 lo que indica una fuerte curtosis multivariante Bentler (1995).

²⁸ No hay que olvidar que muchas de estas variables son datos de recuento y por tanto responden a distribuciones truncadas.

²⁹ MCAR: *missing completely at random*. MAR: *missing at random*.

para las variables que se están considerando en este estudio (menos del 2% de los datos) por lo que se ha procedido a la imputación por el procedimiento de media de grupo empleando como variable de agrupación el tipo de estancia realizado.

Por último, el escaso tamaño muestral (200), debido en parte a la falta de respuesta total puede generar problemas de significación así como de sesgos en los parámetros y estadísticos³⁰. Un modo de resolverlo, puede ser mediante el uso de técnicas de remuestreo como el *bootstrap*.

7.3 Ecuaciones de los modelos.

Las ecuaciones que se derivan de la Teoría del Capital Humano, incorporando las ecuaciones de la variable latente *HAB* son las siguientes:

Modelo de medida para la habilidad (*HAB*)

$$PISIA = \lambda_1 HAB + \varepsilon_1 \quad (7)$$

$$FIA = \lambda_2 HAB + \varepsilon_2 \quad (8)$$

Modelo estructural para publicaciones ISI (*PISID*)

$$EST = \beta_1^{HC} HAB + \xi_1^{HC} \quad (9)$$

$$PISID = \gamma_1^{HC} EST + \beta_2^{HC} HAB + \xi_2^{HC} \quad (10)$$

$$FID = \gamma_2^{HC} EST + \gamma_3^{HC} PISID + \beta_3^{HC} HAB + \xi_3^{HC} \quad (11)$$

Modelo estructural para publicaciones no ISI (*PNISID*)

$$EST = \beta_1^{HC'} HAB + \xi_1^{HC'} \quad (12)$$

$$PNISID = \gamma_1^{HC'} EST + \beta_2^{HC'} HAB + \xi_2^{HC'} \quad (13)$$

Por su parte, las hipótesis de la Teoría del señalamiento o *screening* quedan recogidas en las ecuaciones siguientes:

Modelo de medida para la habilidad (*HAB*)

³⁰No obstante, una muestra de 200 individuos permite estimar con garantías alrededor de 20 parámetros, por lo que no es preocupante este aspecto.

$$PISIA = \lambda_1 HAB + \varepsilon_1 \quad (14)$$

$$FIA = \lambda_2 HAB + \varepsilon_2 \quad (15)$$

Modelo estructural para publicaciones ISI (*PISID*)

$$EST = \beta_1^{SC} HAB + \xi_1^{SC} \quad (16)$$

$$PISID = \gamma_1^{SC} EST + \xi_2^{SC} \quad (17)$$

$$FID = \gamma_2^{SC} EST + \gamma_3^{SC} PISID + \xi_3^{SC} \quad (18)$$

Modelo estructural para publicaciones no ISI (*PNISID*)

$$EST = \beta_1^{SC'} HAB + \xi_1^{SC'} \quad (19)$$

$$PNISID = \gamma_1^{SC'} EST + \xi_2^{SC'} \quad (20)$$

Donde los superíndices *HC* y *SC* hacen referencia a los parámetros para los modelos de Capital Humano y Screening respectivamente. Los parámetros λ representan los *factor loadings* dados por el análisis factorial confirmatorio; los β y γ son los coeficientes de *path* que indican el efecto directo de variables exógenas y endógenas respectivamente; finalmente ε y ξ representan los términos de error.

7.4 Estadísticos de ajuste.

Existen decenas de índices de ajuste de los modelos que permiten evaluar y comparar los diferentes modelos desde una perspectiva multicriterio. De todos, en este estudio se han seleccionado algunos de los más empleados en trabajos similares que se describen a continuación.

En primer lugar se considera el estadístico de χ^2 , también conocido como G^2 y refleja simultáneamente el tamaño muestral y el valor de la función de ajuste máximo verosímil minimizada. Se distribuye como una χ_p^2 siendo la diferencia entre observaciones (ν) y parámetros. Lo que mide es la significación de la diferencia de ajuste del modelo saturado (0 grados de libertad), frente al modelo que se analiza. De este modo si su valor está por debajo del valor esperado, ello indica que su ajuste no es peor que el del modelo

saturado, por lo tanto son deseables valores bajos y no significativos de este estadístico. No obstante, y pese a que se incluye en la mayoría de informes de ajuste de modelos, este estadístico presenta limitaciones entre las que cabe señalar dos. En primer lugar, no es un estadístico normalizado puesto que no se conoce su límite superior y, en segundo lugar, depende del tamaño muestral. Para tratar de evitar este problema, se suele emplear el ratio $\chi^2 : df$ según el cual el ajuste es bueno si no es superior a 5:1, aunque es deseable que sea 3:1.

En segundo lugar, se han considerado los estadísticos normalizados de la familia Bentler-Bonet, (NFI , $NNFI$ y CFI) y Joreskog-Sörbom (GFI y $AGFI$) basados en la χ^2 , pero con mejoras que le permiten eludir el posible sesgo debido al tamaño muestral presentan la ventaja adicional de ser normalizados por lo que valores próximos a 1 indican un buen ajuste.

En tercer lugar, se considera un estadístico basado en la suma de residuos como es el $RMSEA$ que han de tomar valores próximos a 0 cuando el ajuste es bueno.

Por último, se incluyen dos estadísticos informativos o de Akaike-Bozdogan $AIC = \chi^2 - 2 df$ y $CAIC = \chi^2 - \ln(N + 1) df$, los cuales permiten comparar modelos no anidados con diferente grado de complejidad de tal modo que el mejor modelo es el que presenta valores menores de dichos estadísticos.

7.5 Estimadores de los modelos de Señalamiento.

De manera análoga las Tablas 6.1 y 6.2 recogen los resultados para los modelos de Señalamiento tanto para la producción ISI como para la no ISI.

Tabla 6.1. Modelo 'screening' (ISI)

Parámetro (β)	Hipótesis	Valor
$HAB \rightarrow EST$	+	0.241*
$EST \rightarrow PISID$	+	0.173*
$EST \rightarrow FID$	+	0.157*
$PISID \rightarrow FID$	+	0.154*

* Significativo al 95%

Se aprecia coherencia de los signos con las hipótesis de la teoría (Ver hipótesis 2.1 y 2.2 en apartado 3.2). Si se compara con el modelo de la producción no ISI (Tabla 6.2) se concluye que la calidad de la estancia es un

determinante de las publicaciones de calidad y no así de las publicaciones no ISI.

Tabla 6.2. Modelo 'screening' (no ISI)

Parámetro (β)	Hipótesis	Valor
$HAB \rightarrow EST$	+	0.241*
$EST \rightarrow PNISID$	-	-0.038

* Significativo al 95%

Del mismo modo que ocurría con el modelo de Capital Humano, el efecto de la calidad de la estancia sobre la productividad no ISI no es significativo.

8 Referencias

- Anderson, J. 1989.** *The evaluation of research training.* In Evered, D (ed). **The Evaluation of Scientific Research.** 93-113. Chichester: John Wiley & Sons.
- Arora, A, and A Gambardella. 1996.** "The Impact of NSF Support for Basic Research in Economics" Working Paper (ewp-othr/9702001). Carnegie Mellon University.
- Bartholomew, DJ. 1998.** *Scaling Unobservable Constructs in Social Science.* Journal of the Royal Statistical Society D: Applied Statistics 47, no. 1: 1-13.
- Bayer, AE, and JE Dutton. 1977.** *Career Age and Research Professional Activities of Academic Scientists.* Journal of Higher Education XLVIII, no. 3 (MAY/JUNE): 259-82.
- Bentler, P. 1995.** *EQS Structural Equations Program Manual.* Encino, CA: Multivariate Software, Inc.
- Becker, GS. 1964.** *Human Capital.* New York. National Bureau of Economic Research.
- Bollen, KA. 1989.** *Structural equations with latent variables.* New York: John Wiley & Sons.

- Buchmueller, TC, J Dominitz and W Lee Hansen. 1999.** *Graduate Training and the early career productivity of Ph.D. economists.* Economics of Education Review; 14, 65-77.
- Carlson, T, and D Martin-Rovet. 1995.** *The Implications of Scientific Mobility Between France and United States.* Minerva 33: 211-50.
- Chubin, DE, AL Porter and ME Boeckmann. 1981.** *Career Patterns of Scientists: A case for Complementary Data.* American Sociological Review, 46, 488-498.
- Cohn, E and T.G. Geske. 1990.** *The Economics of Education.* New York: Pergamon Press.
- Cole, J and S Cole. 1973.** *Social Stratification in Science.* Chicago: University of Chicago Press.
- Cole, S and J Cole. 1967.** *Scientific output and recognition: A Study in the operation in the reward system in science.* American Sociological Review, 32, 377-390.
- Crane, D. 1965.** *Scientists at major and minor universities: A Study of productivity and recognition.* American Sociological Review, 30, 699-714.
- Dasgupta, P, and PA David. 1994.** "Towards a New Economics of Science." Research Policy : 487-521.
- Diamond Jr, AM. 1984.** *An Economic Model of the Life-Cycle Research Productivity of Scientists.* Scientometrics 6, no. 3: 189-96.
- Evered, DC, J Anderson, P Griggs, and R Wakeford. 1987.** *The Correlates of Research Success.* British Medical Journal 295: 241-6.
- Fernández Esquinas, M, MT González de la Fe y M Pérez Yruela. 1995.** *La Formación de investigadores Científicos en el Plan Nacional de I+D (1982-1994): Una Aproximación Evaluativa.* Documento de Trabajo 95-14. Córdoba. IESA.
- García-Romero, A. 1996.** *Evaluación del Subprograma de Becas Postdoctorales MEC-Fleming.* Informe final. Instituto de Estudios Avanzados en Economía 'Flores de Lemus'.

- Gardfield, E. 1996.** *Fortnightly Review: How Can Impact Factors Be Improved?* British Medical Journal 313: 411-3.
- Garvey, WD, and BC Griffith. 1971.** *Scientific Communication: Its Role in the Conduct of Research and Creation of Knowledge.* American Psychologist 26: 349-62.
- Gelso, CJ, B Mallinckrodt and A Brust Judge. 1996.** *Research Training Environment, Attitudes Toward Research and Research Self-Efficacy: the Revised Research Training Environment Scale.* The Counseling Psychologist 24, no. 2: 304-22.
- Guimarães, J. & Humann, M. 1995.** *Training of human resources in Science and Technology in Brazil: the importance of a vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country.* Scientometrics 34, 101-119
- Halfpeny, P, C Pettipher and L Georghiou. 1992.** *A Study of Research Assistants Supported by SERC Grants.* PREST. University of Manchester.
- Haitun, SD. 1982a.** *Stationary Scientometric Distributions. Part I. Different Approximations.* Scientometrics 4, no. 1: 2-25.
- **1982b.** *Stationary Scientometric Distributions. Part II. Non-Gaussian Nature of Scientific Activities.* Scientometrics 4, no. 2: 89-104.
- **1982c.** *Stationary Scientometric Distributions. Part III. The Role of the Zipf Distribution.* Scientometrics 4, no. 3: 181-94.
- Helmreich, RL and JT Spence. 1982.** *Gender differences on productivity and impact.* American Psychologist, 36, 1142.
- Helmreich, RL, JT Spence, WE Beane, GW Lucker and KA Mathews. 1980.** *Making it in academic psychology: demographic and personality correlates of attainment.* Journal of Personality and Social Psychology, 39, 896-908.
- Hogan, TD. 1981.** *Faculty Research Activity and the Quality of Graduate Training.* The Journal of Human Resources XVI: 398-415.

- 1985. *The Publishing Performance of U.S. Ph.D. Programs in Economics During the 1970s*. *The Journal of Human Resources* no. ??: 216-29.
- Horowitz, JL, and CF Manski. 1995.** *Identification and Robustness With Contaminated and Corrupted Data*. *Econometrica* 63, no. 2: 281-302.
- 1998. *Censoring of Outcomes and Regressors Due to Survey Nonresponse: Identification and Estimation Using Weights and Imputations*. *Journal of Econometrics* 84: 37-58.
- Irvine, J, and BR Martin. 1980.** *The Economic Effects of Big Science: the Case of Radio Astronomy*. *Proceeding of the International Colloquium on the Economic Effects of Space and Other Advanced Technologies*. Paris: ESA.
- Kline, RE. 1998.** *Principles and Practice of structural Equation Modeling*. New York: Guilford Press.
- Kostoff, RN. 1997.** *Citation Analysis Cross-Field Normalization: a New Paradigm*. *Scientometrics* 39, no. 3: 225-30.
- Levin, SG and PE Stephan. 1991.** *Research Productivity Over the Life Cycle*. *American Economic Review*, 81(1), 114-32.
- Long, JS. 1978.** *Productivity and Academic Position in the scientific career*. *American Sociological Review*, 43, 889-908.
- López Aguado, G. 1987.** *El Doctorado Español en Física a Través de sus Publicaciones*. *Revista Española de Física*. 1(1). 28-35.
- Maranto, CL, and CA Streuly. 1994.** *The Determinants of Accounting Professors' Publishing Productivity - The Early Career*. *Contemporary Accounting Research* 10, no. 2: 387-407.
- Martin, BR. 1996.** *The Use of Multiple Indicators in the Assessment of Basic Research*. *Scientometrics* 36, 3: 343-62.
- Martín, MJ, LM Plaza, and J Rey. 1996.** *Transnational Mobility of Researchers: the Spanish Fellowships Programme for 'Senior' Scientists*. *Research Evaluation* 6, no. 1: 13-18.

- Martín-Sempere, MJ, LM Plaza, and J Rey. 1998.** *La Movilidad Temporal de los Investigadores Postdoctorales en el Extranjero*. Política Científica: 50-53.
- Martin, BR, and J Irvine. 1983.** *Assessing Basic Research. Some Partial Indicators of Scientific Progress in Radio Astronomy*. Research Policy 12: 61-90.
- Modrego, A and A García-Romero. 1998.** *El español y la Ciencia*. Jornadas sobre el español. Instituto Cervantes y Fundación Duques de Soria. Tordesillas.
- NSF (National Science Foundation). 1996.** *Higher Education in Science and Engineering. US Science and Engineering in a Changing World*. NSF, 2-1/2-35. Washington, DC: NSF-SRS.
- OECD. 1995.** *The Future of Research Training*. Paris: OECD.
- Oliver, A, JM Tomás, PM Hontangas, A Cheyne, and SJ Cox. 1999.** *Efectos del Error de Medida Aleatorio en Modelos de Ecuaciones Estructurales con y sin Variables Latentes*. Psicológica 20: 41-55.
- Over, R. 1982.** *Research productivity and impact of male and female psychologist*. American Psychologist, 37, 24-31.
- Rodgers, RC, and CL Maranto. 1989.** *Causal Models of Publishing Productivity in Psychology*. Journal of Applied Psychology 74, no. 4: 636-49.
- Rossiter, MW. 1993.** *The Matilda Effect in Science*. Social Studies of Science, 23, 325-341.
- Seglen, PO. 1997.** *Why the Impact Factor of Journals Should Not Be Used for Evaluating Research*. British Medical Journal 314: 497.
- Satorra, A and PM Bentler. 1994.** *Corrections to test Statistic and Standard Errors in Covariance Structure Analysis*. In A. von Eye and C.C. Clogg (Eds). **Latent Variables Analysis: Applications for Developmental Research**. 399-419. Thousand Oaks, CA: Sage.

- Schwartz, S, and J López Hellin. 1996.** *Measuring the Impact of Scientific Publications. The Case of Biomedical Science.* *Scientometrics* 35, no. 1: 119-32.
- Shubert, A, and T Braun. 1996.** *Cross-Field Normalization of Scientometric Indicators.* *Scientometrics* 36, no. 3: 311-24.
- Siow, A. 1994.** *The Organization of the Market for Professors.* Workshop in Applications of Economics.
- Smith III, TP, and JC Tsang. 1995.** *Graduate Education and Research for Economic Growth.* *Science* 270, no. 6 October: 48-9.
- Stephan, PE, and SG Levin.** *Measures of Scientific Output and the Age-Productivity Relationship.* In: *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology.* van Raan (ed.). North Holland. Amsterdam. 1988.
- Teichler, U. 1991a.** *Evaluation of the EC Training Fellowship Programme Based on a Fellows's Questionnaire Survey.* *Scientometrics* 21, no. 3: 343-65.
- Teichler, U, G Lewinson, and L Massimo. 1991b.** *Surveys of European Community Transnational Research Fellows.* *Research Evaluation* 1, no. 3: 137-47.
- Weiss, Y and L Lillard. 1982.** *Output variability, academic labor contracts, and waiting times for promotion.* In *Research in Labor Economics.* RG Ehrenburg (ed). 157-188.
- West, SG, JF Finch and PJ Curran. 1995.** *Structural Equation Models with Nonnormal Variables: Problems and Remedies.* In RH Hoyle (ed) *Structural Equation Modeling. Concepts, Issues and Applications.* Thousand Oaks: Sage.
- Zuckerman, H and J Cole. 1975.** *Women in American Science.* *Minerva*, 13, 82-102.