



http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/revista-modelos-matematicos/

ESTÁTICA COMPARATIVA: ANÁLISIS DE EQUILIBRIOS EN UN MODELO DE BIENES NANOTECNOLÓGICOS¹

Pablo Herrera, Flavia Munafó

Centro de investigación en Métodos Cuantitativos aplicados a la Economía y la Gestión (CMA), Facultad de Ciencias Económicas,
Universidad de Buenos Aires, Av. Córdoba 2122 - 1120AAQ - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

pabloherrera@economicas.uba.ar; flaviamunafó@economicas.uba.ar

Resumen

Recibido: 07/2016

Aceptado: 03/2017

Palabras clave

Estática comparada
Equilibrio parcial y general
Nanotecnología- Innovación
Información asimétrica

El presente trabajo es una propuesta didáctica para el mejor entendimiento de la estática comparada. El análisis de equilibrios comparados se encuentra en la primera unidad del programa de la materia “Matemática para economistas”, perteneciente al Ciclo Profesional de las carreras de Licenciatura en Economía y Actuario.

Para esta propuesta, se introducirá en primer lugar el concepto de nanotecnología el cual permite llevar a cabo diversas innovaciones. En la segunda sección se analizará el problema de financiamiento de inversiones innovadoras en el mercado nanotecnológico, que surge de la divergencia de intereses entre el emprendedor y los potenciales inversores. Por último, en la tercera sección, se realizará el análisis comparado del problema de financiamiento en el mercado de bonos y bienes nanotecnológicos.

1. El presente trabajo se enmarca en el proyecto UBACyT 2016 MODI *Impacto económico y social de la nanotecnología en la agroindustria Argentina: Valuación de inversiones e instrumentos de financiamiento*

COMPARATIVE STATIC: ANALYSIS OF BALANCES IN A MODEL OF NANOTECHNOLOGICAL GOODS

Abstract

KEYWORDS

Partial and general
equilibrium
Nanotechnology
Innovation
Asymmetric information

The present work is a didactic proposal for the better understanding of the comparative static. The analysis of comparative equilibria is found in the first unit of the “Mathematics for Economists” program, belonging to the Professional Cycle of the Bachelor's Degree in Economics and Actuary.

For this proposal, the concept of nanotechnology will be introduced first, which allows to carry out various innovations. The second section will analyze the problem of financing innovative investments in the nanotechnology market, which arises from the divergence of interests between the entrepreneur and potential investors. Finally, in the third section, the comparative analysis of the financing problem in the bond market and nanotechnology goods.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN (En línea) 2362 3225

INTRODUCCIÓN

Matemática para economistas brinda el instrumental matemático necesario para licenciados en economía y actuarios. Complementa y relaciona las otras asignaturas del ciclo matemático, que son imprescindibles tanto para investigar, como para abordar problemas teóricos y prácticos de la vida profesional. Desde la perspectiva de la investigación, es fundamental la relación entre el instrumental adquirido en esta materia y las problemáticas de la actualidad. Por este motivo, es de relevancia analizar el problema del financiamiento de una tecnología de propósito general considerada dentro del Plan Argentina Innovadora 2020, la nanotecnología.

La estática comparativa, metodología que es desarrollada dentro los programas de las cátedras de matemática para economistas, permite realizar un análisis comparado de equilibrios ante variaciones de variables exógenas a un modelo establecido. En el campo de la nanotecnología en particular, esta metodología permite realizar un análisis teórico para incorporar una dimensión anticipatoria ante cualquier medida de financiamiento que se quiera tomar y que afecte al equilibrio de este mercado.

En particular, dentro de este trabajo se planteará un ejercicio de estática comparativa adaptado al problema de financiamiento nanotecnológico. Para cumplir con este objetivo, en una primera parte se explicará brevemente qué es la nanotecnología y su potencialidad para ser considerada una tecnología de propósito general dentro del Plan Argentina Innovadora 2020. En una segunda parte se desarrollará la problemática existente en cuanto al financiamiento de una tecnología de punta, como la nanotecnología, que posibilita diferentes tipos de innovaciones. Y por último, en la tercera parte se realizará una estática comparativa del problema de financiamiento nanotecnológico.

1. La relevancia de realizar un modelo matemático económico de nanotecnología en Argentina

Siendo matemática para economistas una asignatura que brinda los elementos teóricos necesarios para analizar situaciones reales desde el campo de la investigación, en este apartado se realizará una introducción a la comprensión de la nanotecnología y la relevancia de realizar un modelo teórico matemático que represente este mercado.

La nanotecnología posibilita nuevas aplicaciones y consecuentemente permite llevar a cabo innovaciones en diversos campos. Por esta razón, ha sido considerada como una tecnología de propósito general dentro del Plan de Innovación Nacional: Argentina Innovadora 2020.

Hoy en día, la nanotecnología no tiene una definición específica. A continuación se expondrán en orden cronológico las definiciones brindadas por tres organizaciones de relevancia a nivel global.

Dentro del Segundo Plan Básico de Ciencia y Tecnología del gobierno de Japón se menciona que:

“Nanotechnology is an interdisciplinary S&T that encompasses IT technology, the environmental sciences, life sciences, materials science and etc. It is for controlling and handling atoms and molecules in the order of nano (1/1,000,000,000) meter enabling discovery of new functions by taking advantage of its material characteristics unique to nano size, so that it can bring technological innovation in various fields.”
(Japan, 2001).

La Royal Society y la Royal Academy of Engineering diferencian entre el concepto de nanociencia y nanotecnologías, y los definen como:

“Nanoscience is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, Where Significantly Differ from Those properties at a larger scale.

Nanotechnologies are the design, characterisation, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at nanometer scale.” (The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, 2004).

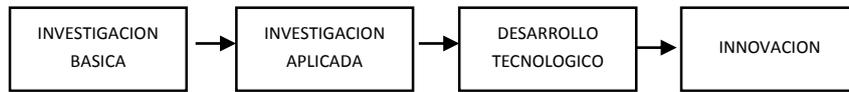
Por su parte, Roco referencia la definición de la National Science Foundation y de la National Nanotechnology Initiative que establecen que:

“...nanotechnology is the ability to understand, control, and manipulate matter at the level of individual atoms and molecules, as well as at the “supramolecular” level involving clusters of molecules (in the range of about 0.1 to 100 nm), in order to create materials, devices, and systems with fundamentally new properties and functions because of their small structure.” (Roco, 2007).

Dentro de este trabajo la nanotecnología es entendida como una actividad interdisciplinar, diferente de la nanociencia, que posibilita el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de materiales, dispositivos y sistemas a través del control de la materia a una escala nano. En esta escala aparecen fenómenos únicos que pueden ser utilizados para nuevas aplicaciones y consecuentemente llevar a cabo innovaciones en diversos campos.

El proceso de innovación, siguiendo al modelo lineal, comprende las etapa de la investigación básica, la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación (Godin, B., 2006). En el gráfico número 1, se muestra la relación entre estas diferentes etapas:

Gráfico 1: Etapas en el modelo lineal de Innovación



Fuente: Elaboración propia

Independientemente de la definición, la nanotecnología, desde los 2000, ha mostrado un progreso significativo y sigue planteando oportunidades concretas de investigación e innovación para obtener determinados resultados sociales esperados (Roco, 2011; Roco, Mirkin, & Hersam, 2011). Las posturas más extremas en cuanto al optimismo de la nanotecnología han planteado que tiene el potencial de inaugurar una nueva revolución industrial (Roco y Bainbridge 2003; 2005). En la esfera nacional, la nanotecnología ha sido impulsada desde la esfera política desde el 2004 (Andrini & Figueroa, 2008; Vila Seoane, 2011), y hoy en día es considerada como una tecnología de propósito general en el Plan Argentina Innovadora 2020 (MINCyT, 2011).

A continuación, se analizarán los problemas de financiamiento que pueden surgir en el proceso de innovación, y seguidamente se describirá un problema de estática comparada que aborde esta temática.

2. El problema de financiamiento

Siendo la nanotecnología una tecnología de punta que posibilita realizar nuevas aplicaciones y consecuentemente llevar a cabo diversas innovaciones, el análisis de los problemas de financiamiento de este mercado cobra especial relevancia. Para explicar estos problemas describiremos en primer lugar los incentivos de los agentes intervinientes: los emprendedores y los inversores.

El emprendedor llevará a cabo el emprendimiento innovador, definido por el Manual de Oslo como:

“... la introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso, nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas” (OECD, 2005).

El emprendimiento se realizará a través de la figura del start-up, definida como:

“... una organización temporal en búsqueda de un modelo de negocio escalable, repetitivo y rentable.” (Blank, S., & Dorf, B, 2012).

Un proyecto de inversión es escalable cuando llegado un punto sus ingresos crecen más que sus

gastos, repetible cuando el modelo de negocio puede ser reproducido en diferentes mercados y rentable cuando produzca un beneficio que compense la inversión inicial.

La característica principal de los start-up que los diferencia de cualquier otra empresa es que posee riesgo de mercado, es decir aquel riesgo en donde no se conoce si existirá o no un mercado para el producto o servicio en cuestión ya que se trata de un bien inexistente, sujeto a condiciones de incertidumbre.

Consideraremos el caso en el que el emprendedor, que puede ser un investigador de una universidad que solo posee una idea innovadora para el mercado, pero no cuenta con el capital necesario para poder llevarla a cabo, por este motivo recurrirá a diferentes fuentes de financiamiento según la etapa en la que se encuentre el desarrollo del proyecto empresarial (Cardullo, 1999).

La fase entre la investigación y el éxito de la innovación, que ocurre una vez que el producto es aceptado en el mercado por los consumidores, se conoce como valle de la muerte (Hudson, J., & Khazragui, H. F., 2013).

La etapa de la gestación, donde los emprendedores arman el plan de negocios y realizan las primeras ventas es financiada por los familiares, amigos y los propios ahorros del emprendedor. Agotados estos recursos el emprendedor puede acceder a financiamiento por parte del gobierno, como bonos soberanos y subsidios.

En la etapa de inicio, que corresponde al primer año de operaciones, los ahorros del emprendedor y los préstamos de los familiares y amigos comienzan a agotarse y el financiamiento bancario resulta inaccesible debido a la inexistencia de una trayectoria empresarial, garantías y por tratarse de un producto desconocido donde hasta el momento nunca fue testeada su aceptabilidad dentro del mercado. Es decir que los start-up no cuentan con activos colaterales que garanticen los préstamos bancarios.

Es en esta etapa cuando cobran gran relevancia los business angels integrados por un conjunto de inversores privados que por lo general poseen cierta experiencia empresarial como dueños o managers y proporcionan su propio capital de riesgo en proyectos con un alto potencial de crecimiento donde no tienen vínculos familiares con el grupo fundador. Brindan “capital inteligente”, es decir capital financiero y experiencias, conocimientos, técnicas profesionales, recursos y su red de contactos, entre otros, ya que buscan involucrarse con la gestión de la empresa, reduciendo así los problemas informativos con el emprendedor al disminuir los costos de transacción. Prefieren invertir en las etapas tempranas del ciclo de vida, en los early stage start-up a cambio de una participación en la empresa. Esto se debe a que suelen tener poca aversión al riesgo por lo que lograrán mayores retornos asociados a la mayor incertidumbre (Maxwell, A. L.,

Jeffrey, S. A., & Lévesque, M., 2011).

La próxima etapa es la de crecimiento o también conocida como expansion stage donde la empresa ha demostrado que es un negocio viable y genera suficiente nivel de ventas como para cubrir sus costos, logra expandir su producción, distribución y participación en el mercado. Esta etapa abarca entre el segundo y el quinto año de la empresa, el nivel de riesgo es alto pero menor que el de la etapa anterior. La fuente de financiamiento son los fondos de capital de riesgo, también conocidos como venture capitalist, quienes invierten dinero de terceros perteneciente a inversores institucionales, como fondos de pensiones, consultoras financieras, empresas de seguros, etc., a cambio de participación. La salida de la empresa la hacen a través de diferentes vías, la oferta inicial de su participación a un inversor estratégico, la fusión o en muchas ocasiones es el propio emprendedor quien una vez que cuenta con el capital suficiente recompra las acciones o bonos vendidos a las sociedades de capital semilla.

Los venture capitalist estarán más preocupados por el riesgo de mercado, que se debe a las condiciones de competencia que afectan al tamaño, crecimiento y accesibilidad al mercado. Mientras que los business angels estarán más preocupados por el riesgo de la agencia, riesgo que es causado por la divergencia de intereses entre empresarios (agentes) e inversores (principales) (Mason, C., & Stark, M., 2004).

Por último, en la etapa de consolidación o también conocida como Large stage, la empresa continua expandiéndose, pero a una tasa menor que en las etapas anteriores. Los venture capitalist salen de la empresa, las cuales pasan a estar financiadas por el sistema bancario y el mercado de capitales.

Para analizar los problemas de información asimétrica nos centraremos en el early stage start-up donde invierten los business angles y en el expansion stage en donde invierten los venture capitalist. Los problemas de información generan costos de agencia que surgen de separar la propiedad de la empresa a cargo de un número de inversores de la dirección y gestión de la misma a cargo de los emprendedores que poseen la idea innovadora.

La discrepancia de intereses entre los agentes económicos involucrados disminuye el valor de la firma. En este caso el emprendedor suele contar con más información sobre la calidad de la innovación que desea realizar en comparación con el inversor, lo que podría desencadenar en problemas de selección adversa, en donde el inversor conceda financiación a proyectos poco viables.

Es importante considerar que tanto los accionistas como los directivos poseen una concepción diferente del riesgo, lo que contribuye a incrementar las asimetrías informativas. Los accionistas, en particular los venture capitalist, se comportan como agentes aversos al riesgo, mientras que los

emprendedores tiene un carácter más neutral.

Otro problema adicional generado por la asimetría informativa es el moral hazard, o también conocido como riesgo moral que se genera una vez realizado el contrato, donde puede ocurrir que el emprendedor subutilice los recursos obtenidos para su propio beneficio o implemente un esfuerzo insuficiente en la realización del proyecto innovador (Jensen, 1986). Por este motivo es que la habilidad de los inversores está en poder captar la información y que la misma sea confiable para poder así tomar correctas decisiones de inversión.

Los costos de agencia desencadenados de los problemas de información asimétrica comprenden tres componentes principales. En primer lugar, los costos de supervisión (Alchian, A. A., & Demsetz, H., 1972), también conocidos como costos de control por parte del principal, que persiguen el objetivo de alinear sus intereses con los del agente, para lograr así contratos perfectos y completos. En muchas ocasiones no se incurre en ellos debido a las grandes pérdidas y tiempo que generan en comparación con la escasa participación. Por otro lado, se encuentran los costos de fianza, que hacen referencia a los costos de garantía de fidelidad del agente y en tercer lugar los costos asociados a la pérdida residual del principal, que surge de comparar el bienestar que alcanzaría el inversor si el directivo no se comportara de manera oportunista.

Coase (1937) agrupa estos costos en dos categorías bien diferenciadas, por un lado los costos de coordinación de producir o desarrollar un determinado insumo en el interior de la empresa y los costos de transacción de utilizar el mercado.

Debido a la imposibilidad de realizar contratos completos y perfectos, al no poder ser contempladas todas las contingencias posibles, existen en la literatura diversas medidas que contribuyen a disminuir los costos de agencia y mejorar los problemas de información asimétrica (selección adversa y riesgo moral) con el objetivo de obtener mayores beneficios, a través de un sistema de incentivos, restricciones y penalizaciones. Para ello, el accionista deberá tomar diversas medidas, como invertir en sistemas de información, para conocer el comportamiento del emprendedor.

El órgano de control clave para realizar un control interno de la empresa y evitar comportamientos oportunistas por parte de los directivos es el consejo de administración que garantiza el cumplimiento de los derechos de los accionistas. Jensen (1986) plantea diversas medidas a ser tenidas en cuenta para disminuir tales costos e incrementar el valor de la empresa, como repartir los dividendos y que sean los propios accionistas los que decidan en qué emplearlos.

Baker, Jensen y Murphy (1988), establecen, por su parte, que las estructuras de incentivos internos son fundamentales para el desarrollo de una teoría de la firma. Los incentivos aumentan la productividad esperada, ya que influyen positivamente el comportamiento de los agentes

económicos.

Luego de ser introducidos los problemas informativos que surgen de separar los intereses del emprendedor (agente) que solo posee una idea innovadora con los del inversor (principal), se planteará en la siguiente sección un ejercicio de estática comparada para una economía compuesta por el mercado de bienes nanotecnológicos y el mercado de bonos de donde se obtiene el financiamiento para el proyecto innovador.

3. Una estática comparativa del problema del financiamiento nanotecnológico

Para analizar el problema de financiamiento, estudiaremos una economía integrada por dos mercados, el mercado de bienes nanotecnológicos y el mercado de valores. Para simplificar, supondremos que existen dos tipos de agentes, por un lado el sector privado formado por las familias y los emprendedores innovadores que constituyen el mercado de bienes y por otro los inversores, en particular los business angels y los venture capitalist, que integran el mercado de bonos y se encargan de financiar el proyecto innovador comprando bonos a los emprendedores en las primeras etapas de su desarrollo, a cambio de participación en los beneficios de la empresa.

El mercado de bienes está integrado por los bienes nanotecnológicos de consumo y de inversión, los primeros demandados por las economías domésticas según la función de consumo familiar y los segundos demandados por las empresas según la eficacia marginal del capital. Los precios de ambos se supone que varían en la misma proporción.

Las variables cuyos valores solución se determinan dentro del modelo se las conoce como variables endógenas, tal es el caso del consumo C , la inversión I , los precios de ambos bienes p y el producto nacional bruto real Y . Por su parte, las variables que se determinan por fuerzas externas al modelo se las conoce como variables exógenas, es el caso de M_0^H y M_0^F que representan las cantidades iniciales de dinero nominal de las familias y las empresas, respectivamente. También constituyen variables exógenas, la tasa de interés r , el salario nominal W y el stock de capital K_0 que supondremos constante.

Las ecuaciones que integran el mercado determinan la estructura del modelo de equilibrio estático, donde el problema estándar se basa en encontrar el conjunto de variables endógenas que satisfagan la condición de equilibrio. Estas ecuaciones son las definicionales que establecen una identidad entre dos expresiones alternas que tienen un mismo significado, tal es el caso de la demanda total de bienes E y la oferta real de mercaderías Y . Al igualar las cantidades ofrecidas y demandadas de bienes se constituye una ecuación de comportamiento que expresa la manera en la cual se comporta una variable en respuesta a cambios en otras variables, especificándose así, una relación de equilibrio.

Un equilibrio es un conjunto de variables seleccionadas e interrelacionadas, tan ajustadas entre sí que ninguna tiene una tendencia inherente a cambiar, por lo que prevalecen en el modelo a menos que cambien las fuerzas externas, tal es el caso del producto y precios que integran el equilibrio de este mercado.

El mercado de valores por su parte, resulta de particular importancia debido a que las empresas irán a él para conseguir financiamiento para su proyecto innovador a través de la emisión de bonos que venderán a los inversores, que denotamos como B^S . La demanda de bonos por parte de los inversores será B_d , que junto con la tasa de interés r , constituyen las variables endógenas del modelo. Las variables determinadas fuera del modelo son el producto Y , el precio p y M_0 integrado por la suma de M_0^H y M_0^F . Los valores de equilibrio del modelo lo constituyen los precios y las cantidades de bonos que surgen de la igualación de las ecuaciones definicionales (Anexo 1).

Definidos ambos mercados podrá realizarse un ejercicio de estática comparada (Anexo 2) para ver como varían los precios y las cantidades de equilibrio de ambos mercados frente a variaciones de las variables exógenas, como puede ser la cantidad nominal de dinero entre otras determinaciones de política.

4. Conclusión

Matemática para economistas ofrece una herramienta de análisis económico en el cual el economista emplea símbolos matemáticos para enunciar problemas y se basa en teoremas matemáticos para auxiliarse en el razonamiento. Brinda elementos fundamentales para la investigación y la resolución de diversos problemas teóricos y prácticos de la vida profesional.

La estática comparada, perteneciente a la unidad número uno del programa de la materia, permite realizar un análisis comparado de equilibrios ante variaciones de variables exógenas a un modelo teórico. Esta herramienta puede utilizarse en el campo de la nanotecnología para analizar las decisiones de financiamiento que afectan el equilibrio de un mercado en la etapa de planeamiento.

El financiamiento de un emprendimiento innovador nanotecnológico debe ser considerado en un contexto de problemas informativos entre los agentes económicos involucrados, como la selección adversa y el riesgo moral, donde la discrepancia de intereses disminuye el valor de la empresa y genera pérdidas de las dos partes involucradas, es por eso que ambas tendrán incentivos a encontrar el contrato óptimo minimizando de esta manera los costos de agencia y maximizando su ganancia.

Referencias bibliográficas

- Alchian, A. A., & Demsetz, H. (1972). Production, information costs, and economic organization. *The American Economic Review*, 62(5), 777–795.
- Andrini, L., & Figueroa, S. (2008). El impulso gubernamental a las nanociencias y nanotecnologías en Argentina. Foladori, G. & Invernizzi, N. *Nanotecnologías En América Latina ReLANS*.
- Blank, S., & Dorf, B. (n.d.). *The startup owner's manual* (2012th ed.).
- Cardullo. (1999). *Technological Entrepreneurism: Enterprise Formation, Financing and Growth*. Baldock, Reino Unido: Research Studies Press Ltd.
- Godin, B. (2006). The Linear model of innovation the historical construction of an analytical framework. *Science, Technology & Human Values*, p. 639–667.
- Hudson, J., & Khazragui, H. F. (2013). Into the valley of death: research to innovation. *Drug Discovery Today*, 18(13), 610–613.
- Japan, C. D. (2001). *Science and technology basic plan*.
- Mason, C., & Stark, M. (2004). What do investors look for in a business plan? A comparison of the investment criteria of bankers, venture capitalists and business angels. *International Small Business Journal*, 22(3), 227–248.
- Maxwell, A. L., Jeffrey, S. A., & Lévesque, M. (2011). Business angel early stage decision making. *Journal of Business Venturing*, 26(2), 212–225.
- MINCyT. (2011). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: Lineamientos estratégicos 2012-2015*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Nordmann, A. (2006). *Theories of nanotechnoscience*. Nanotechnology.
- Nordmann, A. (2008). *Philosophy of nanotechnoscience*. Nanotechnology.
- Roco, M. C. (2007). National nanotechnology initiative-past, present, future. *Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology*, 2. Retrieved from http://www.ecole-doctorale-cli.org/ecole-doctorale/IMG/pdf/NNI_Past_Present_Future.pdf
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 427–445.
- Roco, M. C., Mirkin, C. A., & Hersam, M. C. (2011). *Nanotechnology research directions for*

societal needs in 2020: summary of international study. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(3), 897–919.

The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Royal Society and Royal Academy of Engineering London.

Vila Seoane, M. F. (2011). *Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial*. Tesis de Maestría Universidad Nacional de General Sarmiento.

ANEXO 1

Mercado de bienes

Ecuaciones:

$$C = g\left(Y, r, \frac{M_0^H}{p}\right) \quad (1)$$

$$I = h\left(Y, r, \frac{M_0^F}{p}\right) \quad (2)$$

Los gastos que demanda el gobierno supondremos para simplificar que son constantes.

$$G = G_0 \quad (3)$$

La demanda real total de bienes es E. De esta manera podemos formar, a partir de las tres funciones anteriores, una ecuación definicional que representa la demanda total de bienes.

$$E = F\left(Y, r, \frac{M_0}{p}\right) \quad (4)$$

Desarrollo para llegar a (4)

$$F\left(Y, r, \frac{M_0}{p}\right) = C + I + G_0 = g\left(Y, r, \frac{M_0^H}{p}\right) + h\left(Y, r, \frac{M_0^F}{p}\right) + G_0 \quad (5)$$

Ecuación definicional que indica la oferta real de mercaderías:

$$Y = S\left(\frac{w}{p}, K_0\right) \quad (6)$$

Relación de equilibrio del modelo:

$$E = Y$$

$$F\left(Y, r, \frac{M_0}{p}\right) = S\left(\frac{w}{p}, K_0\right)$$

Mercado de bonos

Ecuaciones:

Ecuación definicional que indica la cantidad demandada de valores:

$$\frac{B_d}{rp} = H\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^H}{p}\right) \quad (7)$$

Ecuación definicional que indica la cantidad ofrecida de valores:

$$\frac{B^s}{rp} = J\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^F}{p}\right) \quad (8)$$

La condición de equilibrio del mercado de valores está representada por la siguiente ecuación condicional:

$$B^d = B^s$$

$$H\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^H}{p}\right) = J\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^F}{p}\right)$$

ANEXO 2

Estática comparada del mercado de mercancías

A los fines prácticos simplificaremos las expresiones como aparecen en el lado derecho de la hoja en ambos mercados.

$$F_1: E = F\left(Y, r, \frac{M_0}{p}\right) - Y = 0 \longrightarrow Q^d = D(P, r_0, M_0)$$

$$F_2: S\left(\frac{w}{p}, K_0\right) - Y = 0 \longrightarrow Q^s = S(P, r_0, M_0)$$

$$\begin{bmatrix} -1 & D_P \\ -1 & S_P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial M} \\ \frac{\partial P}{\partial M} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_P \\ -S_P \end{bmatrix}$$

Estática comparada del mercado de valores

$$B^d = H\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^H}{p}\right) \longrightarrow B^d = D(r, M_0, P_0)$$

$$B^s = H\left(Y, \frac{1}{r}, \frac{M_0^F}{p}\right) \longrightarrow B^s = S(r, M_0, P_0)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial D}{\partial r} & -1 \\ \frac{\partial S}{\partial r} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial r}{\partial M} & \frac{\partial r}{\partial p} & \frac{\partial r}{\partial y} \\ \frac{\partial B^*}{\partial M} & \frac{\partial B^*}{\partial p} & \frac{\partial B^*}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{P_0} & -D_{M_0} & -D_y \\ -S_{P_0} & -S_{M_0} & -S_y \end{bmatrix}$$

Estática comparada de ambos mercados

$$F_1 = f(Q, r, M_0)$$

$$F_2 = g(Q, r, M_0)$$

$$\begin{bmatrix} f_r & f_g \\ g_r & g_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial r}{\partial M} \\ \frac{\partial Q}{\partial M} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f_m \\ -g_m \end{bmatrix}$$