

ATLANTIC REVIEW OF ECONOMICS – AROEC

ISSN 2174-3835

www.aroec.org

7th Volume – nº 1, 2024 – July

Reference: Received: October 2023 | Accepted: April 2024 |

Agentes heterogéneos bajo el enfoque de equilibrio parcial competitivo

Heterogeneous agents under the competitive partial equilibrium
approach

Miguel Cervantes Jiménez

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Abstract

The objective of the article is to construct a mathematical model of partial equilibrium in competitive markets with heterogeneous economic agents. On one hand, consumers with Cobb-Douglas preferences, perfect substitute goods, quasilinear and Stone-Geary preferences are considered, in addition to incorporating an unequal income distribution. On the other hand, producers are analyzed in terms of diminishing and increasing marginal returns, as well as decreasing, constant, and increasing returns to scale. The results are compared with the model of homogeneous agents. The characteristics and advantages of models employing heterogeneous agents are discussed in comparison with models of homogeneous agents. The evolution in the modeling of both types of agents is also addressed. It is concluded that, in a competitive market, the mechanism of flexible prices is crucial for reaching equilibrium, regardless of whether homogeneous or heterogeneous agents are used. However, it is highlighted that changes in preferences, income distribution, as well as the existence of various marginal and scale returns, are determinants of the price and quantity levels that clear the market, with the possibility that when the equilibrium price of good 1 equals the price of good 2, given perfect substitutes preferences, an endogenous disequilibrium situation may arise.

Keywords: heterogeneous agents, partial equilibrium, microeconomics, income distribution.

JEL Codes: D41, D51, L11

Resumen

El objetivo del artículo es construir un modelo matemático de equilibrio parcial en mercados competitivos con agentes económicos heterogéneos. Por un lado, se consideran consumidores con preferencias Cobb-Douglas, bienes sustitutos perfectos, cuasilineales y Stone-Geary, además, se incorpora una distribución desigual del ingreso. Por otro lado, se analizan productores con rendimientos marginales decrecientes y crecientes y rendimientos a escala decrecientes, constantes y crecientes. Los resultados se comparan con el modelo de agentes homogéneos. Se discuten las características y ventajas de los modelos que emplean agentes heterogéneos en comparación con los modelos de agentes homogéneos. También se aborda la evolución en la modelización de ambos tipos de agentes. Se llega a la conclusión que, en un mercado competitivo, el mecanismo de precios flexibles es crucial para alcanzar el equilibrio, independientemente de si se utilizan agentes homogéneos o heterogéneos. Sin embargo, se destaca que los cambios en las preferencias, la distribución del ingreso, así como la existencia de diversos rendimientos marginales y a escala son determinantes en los niveles de precios y cantidades que vacían el mercado, con la posibilidad que cuando el precio de equilibrio del bien 1 es igual al precio del bien 2, dadas las preferencias de sustitutos perfectos, se llegue a una situación de desequilibrio endógeno.

Palabras clave: agentes heterogéneos, equilibrio parcial, microeconomía, distribución del ingreso.

Códigos JEL: D41, D51, L11

1. Introducción

La teoría económica explica las relaciones económicas a través de modelos que se desenvuelven en diversos contextos institucionales y que intentan explicar el comportamiento de los agentes ante un problema, ya sea particular o general, por ejemplo, la determinación de los precios que cohesionan a la sociedad, las externalidades, la inflación, el desempleo, entre otros. Los modelos son simplificaciones de la realidad, por lo que en el mercado inicialmente se incluía un consumidor o productor representativos considerando que era suficiente para explicar el comportamiento de los agentes en un sistema agregado. Cuando se utilizan agentes homogéneos se simplifica la obtención de resultados y el análisis de las relaciones económicas para proponer políticas públicas. Un agente representativo sólo piensa de una manera, toma decisiones unilaterales y tiene una dotación inicial, por lo que para Navarrete (2018) solo será necesario analizar el comportamiento de una sola persona, la cual fungirá como el agente representativo para analizar a todas las unidades en su conjunto.

Sin embargo, como las personas son diferentes los modelos fueron transitando a la incorporación de agentes heterogéneos que se distinguen por características particulares. El modelizado con agentes heterogéneos trata de explicar, acorde con la realidad, considerando diferentes tipos de preferencias, ingresos y condiciones en las empresas. Pero hacerlo de esta manera tiene costos, ya que el análisis requiere de mayor complejidad. En este tenor, Barrientos (2021) apunta que aproximarse más a la realidad tiene costos: lo que se gana en simplicidad se pierde en replicar mejor la realidad; en contraste, una mayor complejidad será más parecido a la realidad, pero a un costo mayor. Diversos autores han abordado la discusión de agentes heterogéneos y homogéneos, entre ellos Hartley (1996), Debortoli y Galí (2018), Haldane y Turrell (2018), Navarrete (2018), Jackson y Yariv (2019), Vidal (2020), Barrientos (2021) y Cerquera, Manrique y Ovalle (2021).

Por su parte, Varian (1993), Mas Colell, Whinston y Green (1995), Nicholson (2008), Jehle y Reny (2011) y Cervantes (2021) utilizan agentes homogéneos en la determinación de un equilibrio parcial, en donde un consumidor tiene preferencias Cobb-Douglas y el empresario tiene una función de producción de corto plazo que cumple condiciones de Inada, lo que permite alcanzar un precio y una cantidad de equilibrio, simplemente multiplicando la función de demanda marshalliana por el número de consumidores y la función de oferta por el número de empresas.

En este tenor, objetivo del artículo es construir un modelo matemático de equilibrio parcial en mercados competitivos con agentes económicos heterogéneos, por una parte, consumidores con preferencias Cobb-Douglas, de bienes sustitutos perfectos, cuasilineales y Stone-Geary, además con distribución del ingreso desigual y, por otra parte, productores con rendimientos marginales decrecientes y crecientes y con rendimientos a escala

decrecientes, constantes y crecientes, incumpliendo las condiciones de Inada, para comparar sus resultados con el modelo de agentes homogéneos.

El documento se estructura en cuatro apartados, además de la introducción, en la segunda sección se revisa la literatura; en la tercera parte, se exhibe el desarrollo del modelo matemático; en la cuarta división, se presentan la evaluación y la interpretación de los resultados y, en el quinto componente, se presentan las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

El concepto de agente representativo comenzó a emplearse con el surgimiento de la corriente neoclásica cuando los fenómenos económicos se expresaron en términos matemáticos, lo que facilitó el uso de agentes representativos en el consumo y la producción. Esta simplificación se atribuyó, según " Navarrete (2008), a Francis Edgeworth en 1881 en su obra *Mathematical Psychics* al utilizar el término "particular representativo" y, según Hartley (1996), a Alfred Marshall, quien en 1890 en su libro *Principles of Economics* habló de "empresa representativa", pero con un uso diferente al que se le dota actualmente, ya que Marshall se refería a una empresa con larga vida, éxito razonable y administrada con capacidad normal, cuyo propósito esencial "era evitar la necesidad de asumir que todas las empresas eran iguales". Hartley (1996, p. 171). Sin embargo, en los modelos de duopolio, tradicionalmente conocidos como oligopolio, existen diversos resultados en función de las características de los productores, a saber: i) el modelo de Cournot (1838) considera empresarios homogéneos y costos fijos, en donde cada empresa produce un tercio de la máxima producción posible; ii) en el modelo de Stackelberg (1934) se incluye un empresario líder y otro seguidor, en donde el primero produce el doble de la producción del seguidor; iii) cuando se coluden las empresas homogéneas, actuando como un monopolio (Cournot, 1938), cada una produce un cuarto de la máxima producción posible, y iv) en el modelo de Bertrand (1883) se compite vía precios y la producción de cada una de ellas es la máxima posible. Así se confirma que la homogeneidad o heterogeneidad en los productores conduce a resultados diferentes en el bienestar.

Con la aparición de la crisis de 1929-1933 la discusión en teoría económica transitó hacia los modelos de corte keynesiano y hicksiano, los que se desarrollaron a nivel macroeconómico sin discutir formalmente las características de los agentes. No fue hasta la década de los setenta, con la crítica de Lucas¹, que se favoreció el desarrollo de los microfundamentos de la macroeconomía y, con ello, la utilización de un agente representativo como un instrumento de modelizado generalizado y extendido en el campo (Hartley (1996), Haldane y Turrell (2018), Jackson y Yariv (2019) y Navarrete, (2018)). El uso

¹ Lucas, Robert (1976), «Econometric Policy Evaluation: A Critique», en Brunner, K.; Meltzer, A., eds., *The Phillips Curve and Labor Markets*, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1, New York: American Elsevier, pp. 19-46, ISBN 0-444-11007-0.

del agente representativo permite analizar, entre otros elementos, la toma de decisión de los agentes en temas de consumo y ahorro en reacción a políticas públicas que afectan los rendimientos (Lucas, 1978), la elección de la oferta de trabajo ante un esquema impositivo (Chamley, 1986) y la selección de los agentes en bienes públicos (Rogoff, 1990), tal como lo cita Jackson y Yariv (2019).

A principios de la década de los ochenta surgieron los modelos de ciclos económicos reales (los que consideraban que el impulso del ciclo económico surgía de un factor real como los choques en impuestos, legislación, clima, entre otros) como una vertiente de la nueva economía clásica (la que consideraba que el impulso de los ciclos económicos era un choque esencialmente monetario). En general, esta familia de modelos utiliza agentes racionales homogéneos, mercados competitivos, enfoque de equilibrio general, de elección intertemporal e hipótesis de expectativas racionales. Por su parte, a principios de la década de los noventa Mankiw y Romer coordinaron la publicación del libro intitulado *Nueva economía keynesiana*², quienes difieren con los nuevos clásicos al incorporar las fallas de coordinación institucional, la afectación de fallos mercado (entre los que destacan la viscosidad o semirigidez de los precios), la predominancia de mercados no competitivos y la racionalidad limitada. Barrientos (2021) cita a Galindo y Montesinos (2018) para coincidir con la afirmación que a mediados de los noventa surgió un consenso entre ambas corrientes, al que se le denominó la nueva síntesis neoclásica, ya que incorporó la optimización intertemporal e hipótesis de expectativas racionales de los primeros con la competencia imperfecta y la semirigidez de precios de los segundos. Para ello, emplearon modelos de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés) con ajustes acordes al nuevo consenso, ejemplo de ello son los modelos de agentes representativos nuevos keynesianos (RANK, por sus siglas en inglés), los cuales han sido usados por los bancos centrales en diversos países. Por su parte, Haldane y Turrell (2018), citando a Burgess et al. (2013), concluyeron que:

Los modelos que dominan la metodología de expectativas racionales con optimización en macroeconomía son los modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general (DSGE) (Smets y Wouters, 2003). En su forma más reducida, estos modelos tienen un equilibrio único con pequeñas y suaves desviaciones, sin ningún papel de las variables de nivel y del comportamiento micro de los agentes, que se puede agregar simple y linealmente en el comportamiento de un agente representativo con expectativas racionales. La mayoría de los bancos centrales adoptan el marco DSGE como punto de partida, incluido el Banco de Inglaterra. (Haldane y Turrell, 2018, p. 79)

² Mankiw, Gregory; Romer, David. eds., (1991), *New Keynesian Economics*. Vol. 1: *Imperfect competition and sticky prices*, MIT Press, ISBN 0-262-63133-4 Vol. 2: *Coordination Failures and Real Rigidities*. MIT Press, ISBN 0-262-63133-2.

Las primeras modelizaciones con agentes heterogéneos se remontan a la segunda mitad del siglo XX, se incorporaron choques idiosincráticos y mercados incompletos. Básicamente este tipo de arquetipos nacieron como una crítica a los modelos con agentes homogéneos. Parafraseando a Vidal (2020) entre los modelos que incorporaron heterogeneidad se encuentran los modelos de generaciones solapadas tales como las aportaciones de Samuelson (1958), Diamond (1965), Blanchard y Fisher (1989), Huggett (1993) y Acemoglu (2009) [citados por Vidal (2020, p. 11)]. Estos modelos se dedicaron a analizar cómo la tasa de interés afecta diversos sistemas como el de pensiones, de seguros de salud, el mercado laboral y las transiciones demográficas que influyen en el valor de los activos financieros. Recientemente, se han desarrollado los modelos de agentes heterogéneos nuevos keynesianos (HANK, por sus siglas en inglés) y los modelos con dos agentes nuevos keynesianos (TANK, por sus siglas en inglés). Los de mayor uso son los modelos TANK, ya que se fundamentan en un modelo DSGE con dos hogares heterogéneos identificados como "no restringidos" o "restringidos". Debortoli y Galí (2018) identificaron tres dimensiones de heterogeneidad: "(i) cambios en la brecha de consumo promedio entre hogares restringidos y no restringidos, (ii) variaciones en la dispersión del consumo dentro de los hogares no restringidos y, (iii) cambios en la proporción de hogares restringidos". (Debortoli y Galí, 2018, p. 2).

En la actualidad se ha incrementado la abstracción de la realidad económica con agentes heterogéneos, los cuales se han centrado en el consumo y la política económica. Por una parte, Cerquera, Manrique y Ovalle (2021) citan a Heymann y Kawamura (2009) al plantear un modelo de diferentes conjuntos de agentes con distintas capacidades de acceso al crédito; por otra parte, se enuncia que este tipo de modelado se encabeza por el modelo HANK; al exponer hipótesis necesarias para comprender el comportamiento de los hogares. Asimismo, se encuentra otro tipo de abstracción al cual se le llama modelo basado en agentes (MBA) los cuales usan la teoría del caos considerando diversas restricciones que describen el desarrollo global de un sistema al simular cómo se comporta cada individuo y luego, de manera explícita, combinan sus comportamientos individuales para proporcionar una visión a nivel macro; una alternativa muy interesante y con avances destacados, pero con debilidad en la calibración de los modelos. Tras la crisis suprimida de 2008, los investigadores económicos añadieron heterogeneidad en los tipos de agentes, otorgado un papel al ámbito financiero y reconociendo la existencia de restricciones en la racionalidad de ciertos agentes. Según Barrientos (2021) la crisis económica del 2008 dio una lección a la teoría económica mostrando que los agentes que interactúan en la realidad económica tienen comportamiento heterogéneo. Además, menciona que empíricamente los modelos HANK replican mejor la realidad, al considerar diferentes tipos de ingresos en las familias, a saber:

Los economistas empezaron a darse cuenta de que se necesitaban dos ingredientes fundamentales para un análisis coherente de las fluctuaciones y la política de estabilización: 1) heterogeneidad de los hogares; y 2) un marco que pueda

adaptarse a las deficiencias de la demanda agregada. En respuesta, varios investigadores de macroeconomía optaron por abordar esta brecha de la manera más natural: combinando características clave de modelos de agentes heterogéneos y modelos nuevos keynesianos. [Kaplan y Violante (2018, p. 171), como se cita en Barrientos (2021, p. 49)]

Haldane y Turrell (2018) sugieren que un solo modelo no puede satisfacer todas las necesidades de los macroeconomistas y que es necesario utilizar una variedad de modelos que compitan entre sí. La combinación de varios modelos puede mejorar la capacidad de predicción y proporcionar percepciones más ricas. Estos autores, clasifican como modelos tipo I a los agentes homogéneos y modelos tipo II a los agentes heterogéneos. En este tenor, los autores opinan lo siguiente:

- 1) Los modelos económicos “tipo I” son de equilibrio único y sirven para abordar fluctuaciones cercanas al equilibrio, son estacionarios y aproximadamente lineales, cercanos a la optimización, con interacción de los agentes predecibles porque agregan a un agente representativo y la crisis se genera a partir de un choque exógeno.
- 2) Los modelos económicos “tipo II” son más complejos, son de equilibrios múltiples y se utilizan para abordar fluctuaciones alejadas del equilibrio, captan comportamientos “irracionales” o “heurísticamente racionales” y heterogéneos, con incertidumbre (diferente al riesgo). Además, pueden representar escenarios no esperados al construir el modelo y producir resultados agregados inesperados. Además, las crisis aparecen como una consecuencia de las reglas y comportamientos de los agentes en el modelo, con lo que se asume que se pueden explorar políticas que reduzcan la frecuencia o gravedad de las crisis.

Los modelos con agentes homogéneos o heterogéneos producen resultados diferentes. Al modelizar con agentes representativos se simplifica el análisis, se obtiene un punto de equilibrio que soluciona el sistema, asumiendo que individuos semejantes, en igualdad de condiciones, se beneficiaría de la misma forma y en igual proporción (Navarrete, 2018). De acuerdo con Barrientos (2021) al incorporar agentes heterogéneos se generan diferentes resultados, pero con mayor grado de complejidad.

3. Desarrollo matemático del modelo

En el presente apartado se desarrollan dos modelos, uno con agentes homogéneos y otro con heterogéneos.

3.1. Agentes homogéneos

En general, por una parte, por una parte, los consumidores desean alcanzar la máxima utilidad que les reporta su plan de consumo $[u(x_1, x_2)]$, el que indica que la función de utilidad que depende del bien 1 (x_1) y del bien 2 (x_2), sujetos a la restricción presupuestal

($m=p_1x_1+p_2x_2$) y, por otra parte, los productores buscan maximizar la diferencia entre sus ingresos ($p[f(q_1, \bar{q}_2)]$) y costos totales ($w_1q_1 + w_2\bar{q}_2$) de la venta de la mercancía 1 (la mercancía 2 no se incluye porque se aborda el equilibrio parcial de x_1). Los consumidores desean precios bajos y los productores precios altos, así que el precio de mercado es el mecanismo de asignación de recursos escasos que permite compatibilizar ambas conductas.

Es común encontrar la solución de mercados competitivos con consumidores y productores homogéneos (Varian, 1993, p. 257-260), (Mas Colell, Whinston y Green, 1995), (Nicholson, 2008, p. 285-289), (Jehle y Reny, 2011, p. 165-168), (Cervantes, 2021, p. 127) en donde la función de demanda obtenida por la maximización de la utilidad restringida por el ingreso se multiplica por la cantidad de demandantes y la solución de la maximización de beneficio de la empresa se multiplica por el número de oferentes. Así, en conjunto determinan el precio y la cantidad de equilibrio. En términos matemáticos se plantea de la siguiente forma:

Consumidores	Productores
Problema de consumo de la mercancía x_1 del consumidor j-ésimo: $\max_{x_1^j, x_2^j} x_1^{\alpha_1} x_2^{1-\alpha_1} \text{ s. a. } m^j = p_1x_1^j + p_2x_2^j$ $\alpha_1, m^j, p_1, p_2 > 0, \forall j = 1, \dots, \bar{n}$	Problema de producción de la mercancía x_1 del empresario i-ésimo: $\max_{q_1^i} \pi^i = p_1 (A^i q_1^\beta \bar{q}_2^{1-\beta}) - w_1q_1^i - w_2\bar{q}_2^i$ $A^i, p_1, w_1, w_2 > 0, \beta \in (0,1); \forall i = 1, \dots, n$
Consumo óptimo de x_1 del agente j-ésimo: $x_1^{j*} = \frac{\alpha_1 m^j}{p_1}$	Producción óptima de x_1 del agente i-ésimo: $x_1^{i*} = A^{i, \frac{1}{1-\beta}} \left(\frac{p_1 \beta}{w_1} \right)^{\frac{\beta}{1-\beta}} \bar{q}_2^i$
Cantidad demandada de equilibrio de los consumidores homogéneos: $x_1^d = \frac{\alpha_1}{p_1} \sum_j^{\bar{n}} m^{j*}$	Producción de equilibrio de la industria con productores homogéneos: $x_1^s = \left(\sum_1^n A^{\frac{1}{1-\beta}} \right) \left(\frac{p_1 \beta}{w_1} \right)^{\frac{\beta}{1-\beta}} \bar{q}_2^i$
Para alcanzar el equilibrio entre productores y consumidores se debe determinar el precio que vacía el mercado, a saber: $x_1^d = x_1^s$; dado $p_1^* = \left(\frac{\alpha_1 \sum_j^{\bar{n}} m^{j*}}{\left(\sum_1^n A^{\frac{1}{1-\beta}} \right) \left(\frac{\beta}{w_1} \right)^{\frac{\beta}{1-\beta}} \bar{q}_2^i} \right)^{1-\beta}$	

3.2. Agentes heterogéneos

Para incluir en el modelo agentes heterogéneos, en torno a la mercancía x_1 se asume independencia de las decisiones de los agentes económicos, inexistencia de externalidades, hipótesis de expectativas racionales en precios de bienes y factores y en las calidades de la mercancía 1, así como preferencias y tecnologías constantes en el tiempo, lo que coincide con los apuntes de Gorman que dan lugar a curvas lineales de Engel (*c.fr.* Honohan y Neary [2003]). Con este marco, las decisiones de los agentes económicos formalmente son las siguientes:

1. Consumidores heterogéneos con preferencias completas, reflexivas, transitivas, continuas, monotónicas, no saciables localmente y convexas, cuyas funciones de utilidad son heterogéneas al incluir cuatro agentes con preferencias Cobb-Douglas, sustitutos

perfectos, cuasilineales y Stone-Geary, en donde cada uno de ellos tiene una distribución del ingreso establecida por los ponderadores b_{cd} , b_{sp} , b_{cl} y b_{sg} ($\sum b_i=1$), respectivamente, de tal manera que la heterogeneidad de los consumidores se presenta tanto en las preferencias como en su ingreso. Bajo estas condiciones, la elección de los consumidores heterogéneos según su tipo de preferencia e ingreso se define de la siguiente forma:

- $\max_{x_1, x_2} x_1^{\alpha_1} x_2^{1-\alpha_1}$ s. a. $b_{cd}m = p_1x_1 + p_2x_2$
en donde $\alpha_1 \in (0,1)$, $b_{cd}m > 0$ es el ingreso del consumidor con preferencias Cobb-Douglas, $p_1 > 0$ es el precio del bien 1 y $p_2 > 0$ es el precio del bien 2.
- $\max_{x_1, x_2} x_1 + x_2$ s. a. $b_{cp}m = p_1x_1 + p_2x_2$
en donde $b_{sp}m > 0$ es el ingreso del consumidor con preferencias de bienes sustitutos perfectos.
- $\max_{x_1, x_2} \ln x_1 + x_2$ s. a. $b_{cl}m = p_1x_1 + p_2x_2$
en donde \ln es el logaritmo natural y $b_{cl}m > 0$ es el ingreso del consumidor con preferencias cuasilineales.
- $\max_{x_1, x_2} (x_1 - s_1)^{\alpha_2} (x_2 - s_2)^{1-\alpha_2}$ s. a. $b_{sg}m = p_1x_1 + p_2x_2$
en donde $s_1 \geq 0$ y $s_2 \geq 0$ indican el consumo mínimo de x_1 y x_2 , respectivamente, y $b_{sg}m > 0$ es el ingreso del consumidor con preferencias Stone-Geary.

Las respectivas funciones de demanda marshallianas de la mercancía 1 por tipo de preferencia son: $x_1 = \frac{\alpha_1 b_{cd}m}{p_1}$, $x_1 = \frac{b_{sp}m}{p_1}$ cuando $p_1^* < p_2$, $x_1 = 0$ cuando $p_1^* > p_2$ e indeterminada cuando $p_1^* = p_2$, $x_1 = \frac{p_2}{p_1}$ y $x_1 = s_1 + \frac{\alpha_2(b_{sg}m - s_1p_1 - s_2p_2)}{p_1}$, en donde p_1^* es el precio de equilibrio.

Cuando los consumidores se definen con una distribución desigual del ingreso, la demanda de mercado del bien 1 se determina por el sumatorio de las demandas individuales:

$$x_1 = \frac{\alpha_1 b_{cd}m}{p_1} + \frac{b_{sp}m}{p_1} + \frac{p_2}{p_1} + \frac{\alpha_2(b_{sg}m - s_1p_1 - s_2p_2)}{p_1} + s_1$$

$$x_1^d = \frac{1}{p_1} [m(\alpha_1 b_{cd} + b_{sp} + \alpha_2 b_{sg}) + p_2 - \alpha_2 s_2 p_2] + s_1(1 - \alpha_2)$$

La función de demanda marshalliana del bien 1 cumple con las siguientes propiedades: decreciente en p_1 , creciente en m , homogénea de grado cero en p_1 y m , cuasiconvexa en p_1 y continua para cualquier p_1 estrictamente positivo. Cabe señalar, que el ingreso de los consumidores (m) incluye renta laboral y no laboral y se distribuye con base en los ponderadores que fueron denominados b_{cd} , b_{cp} , b_{cl} y b_{sg} , los cuales determinan la desigualdad en el ingreso de los agentes.

- Productores heterogéneos de la mercancía x_1 , distinguidos por diferentes parámetros tecnológicos ($A^i > 0$) y distintas elasticidades producto del factor 1 ($\beta^i \neq 1$) las cuales pueden presentar rendimientos marginales decrecientes o crecientes, se supone que los empresarios comparten la misma elasticidad producto del factor 2 ($\gamma > 0$), lo que implica que la presencia de rendimientos a escala decrecientes, constantes y crecientes dependen del valor que asuma la elasticidad producto del factor 1; además se asume que las empresas utilizan la misma cantidad de factor 2 ($\bar{q}_2^i = \bar{q}_2$). En estas condiciones, el problema de maximización de beneficio del empresario mediano se define por:

$$\max_{q_1^i} \pi^i = p_1 (A^i q_1^{\beta^i} \bar{q}_2^\gamma) - w_1 q_1^i - w_2 \bar{q}_2$$

En donde $x_1^i = A^i q_1^{\beta^i} \bar{q}_2^\gamma$, q_1 y \bar{q}_2 son los factores de la producción, w_1 y w_2 corresponden a la remuneración a los factores de la producción 1 y 2, respectivamente.

La cantidad de equilibrio del factor variable (q_1) de la empresa mediana es $q_1^{i*} = \frac{p_1 \beta^i x_1}{w_1}$ y la producción de equilibrio de la mercancía 1 de un empresario es $x_1^i =$

$A_i^{i, \frac{1}{1-\beta^i}} \left(\frac{p_1 \beta^i}{w_1} \right)^{\frac{\beta^i}{1-\beta^i}} \bar{q}_2^{\frac{\gamma}{1-\beta^i}}$. Considerando que existen n empresarios ($\sum_i^n x_1^i = x_1^s$), entonces la producción de la industria que produce el bien 1, o función de oferta, se obtiene por medio del sumatorio de las producciones de todos los empresarios, lo que se expresa como:

$$x_1^s = \sum_i A_i^{i, \frac{1}{1-\beta^i}} \left(\frac{p_1 \beta^i}{w_1} \right)^{\frac{\beta^i}{1-\beta^i}} \bar{q}_2^{\frac{\gamma}{1-\beta^i}}$$

La función de producción cumple con las siguientes propiedades: creciente en p_1 , decreciente en w_1 , homogénea de grado uno en p_1 y w_1 , convexa en p_1 y w_1 , continua en p_1 y diferenciable en p_1 , con p_1 y w_1 estrictamente mayores que cero.

3. Para que la cantidad consumida sea igual a la cantidad producida y el mercado se vacíe se requiere del mecanismo de los precios como variable de ajuste de las conductas de productores y consumidores. El precio de equilibrio se obtiene igualando la cantidad demandada con la cantidad ofrecida, esto es:

$$\frac{[m(\alpha_1 b_{cd} + \alpha_2 b_{sg} + b_{sp}) + p_2 - \alpha_2 s_2 p_2]}{p_1} + s_1(1 - \alpha_2) = \sum_i A_i^{i, \frac{1}{1-\beta^i}} \left(\frac{p_1 \beta^i}{w_1} \right)^{\frac{\beta^i}{1-\beta^i}} \bar{q}_2^{\frac{\gamma}{1-\beta^i}}$$

Como p_1 es la única variable, ya que todos los términos restantes son parámetros y datos como la distribución del ingreso ($b_{cd}m + b_{sp}m + b_{cl}m + b_{sg}m$), el precio de la mercancía 2 (p_2), la cantidad del factor fijo (\bar{q}_2) y su precio (w_2), se procede a despejarlo, pero al tratarse de un sumatorio es preferible optar por un procedimiento de iteración que prueba diversos precios de la mercancía 1 (p_1) hasta que la cantidad demandada se iguala con la cantidad ofrecida; el tâtonnement walrasiano.

4. Evaluación e interpretación de resultados

Para evaluar los resultados del mercado parcial con agentes homogéneos se parte del caso 1 en donde los parámetros adquieren los siguientes valores.

- i. Consumidores: $\alpha_1=0.5$, $\alpha_2=0.5$, $s_1=0$, $s_2=0$, $m^i=\$50,000$ (m^i es el ingreso individual de cada consumidor, lo que implica que al incluir 10 agentes el ingreso agregado es $\$500,000$), $p_1=\$90$, $p_2=\$92$, $b_{cd}=1$, $b_{sp}=0$, $b_{cl}=0$, $b_{sg}=0$ y 10 consumidores.
- ii. Productores: $A=1$, $\beta=0.5$, $\gamma=0.5$, $p_1=\$90$, $w_1=\$22$, $w_2=\$30$, $\bar{q}_2=100$ y 20 empresas.
- iii. El equilibrio de corto plazo del mercado en condiciones de equilibrio parcial establece un precio de $\$74$ y una cantidad de 3,372 (*vid. infra* homogéneos de la Tabla 1).

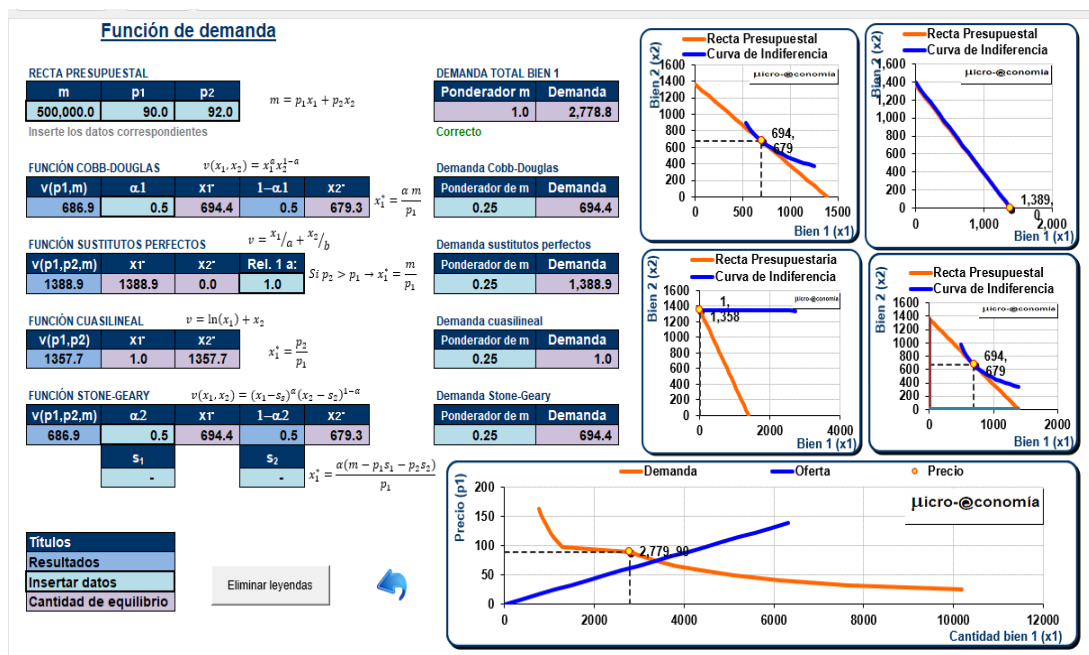
Para contrastarlo con el modelo de agentes heterogéneos se suponen los siguientes parámetros (*vid. infra* caso 2 de la Tabla 1).

- i. Consumidores: $\alpha_1=0.5$, $\alpha_2=0.5$, $s_1=0$, $s_2=0$, $\Sigma m=\$500,000$, $p_1=\$90$, $p_2=\$92$, relación marginal de sustitución de los bienes sustitutos perfectos =1, un ingreso equitativamente distribuido con ponderados $b_{cd}=0.25$, $b_{sp}=0.25$, $b_{cl}=0.25$, $b_{sg}=0.25$ y 4 consumidores (los que se homologan con un ingreso agregado equivalente con el caso de agentes homogéneos). La Figura 1 ilustra en las primeras cuatro gráficas la elección de los consumidores con preferencias tipo Cobb-Douglas, bienes sustitutos perfectos, cuasilineales y Stone-Geary, cuyos ingresos pueden

diferenciarse para cada consumidor. La última gráfica, por su parte, muestra la función de demanda que se construye con el sumatorio de la cantidad demandada de los consumidores heterogéneos agregados distinguidos por sus preferencias e ingreso. También se adiciona la función de oferta para ilustrar la incompatibilidad existente entre la cantidad demandada y ofrecida cuando el consumidor no enfrenta un precio de equilibrio. Cabe señalar, la función de demanda tiene una zona quebrada cuando el precio del bien 1 es igual o supera al precio del bien 2, lo que muestra la elección discreta por el bien más barato cuando las preferencias disputan mercancías del tipo sustitutos perfectos y abre la posibilidad a un desequilibrio cuando el precio de la mercancía 1 es igual al precio de la mercancía 2.

Figura 1.

Función de demanda de consumidores heterogéneos.

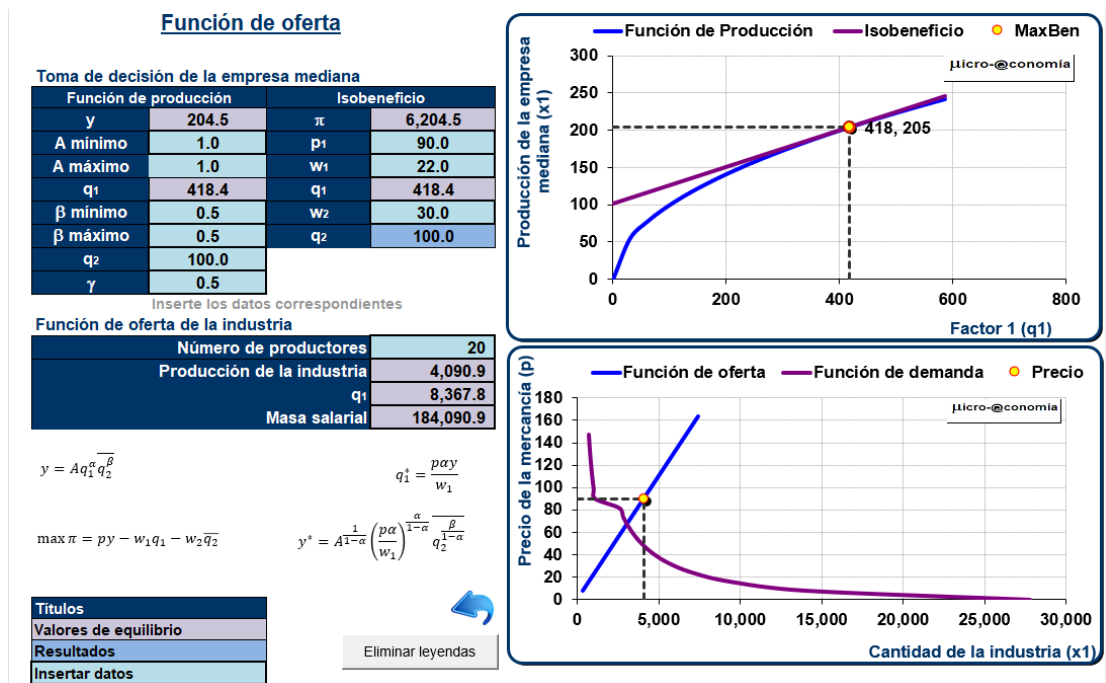


Fuente: simulador computacional Micro@conomía®, disponible en <http://www.economia.unam.mx/profesores/miguelc/microeconomia.html> y descargable del sitio <https://tinyurl.com/4zc4r8jz>.

- ii. Productores: para simplificar el análisis en las empresas se establecen los mismos parámetros que el caso de agentes homogéneos, $A_{min}=1, A_{max}=1, \beta_{min}=0.5, \beta_{max}=0.5, \gamma=0.5, p_1=\$90, w_1=\$22, w_2=\$30, \bar{q}_2=100$ y 20 empresas. La Figura 2 exhibe la construcción de la función de oferta por medio del sumatorio de la cantidad ofrecida de los productores heterogéneos con el mismo parámetro tecnológico e igual elasticidades producto del factor variable, en donde la gráfica superior muestra la maximización del beneficio de la empresa mediana y la gráfica inferior la función de oferta de la industria. Cabe señalar que se agrega la función de demanda para mostrar la incompatibilidad que existe entre la cantidad ofrecida y demandada cuando el oferente desconoce el precio de equilibrio.

Figura 2.

Función de oferta de empresarios heterogéneos.



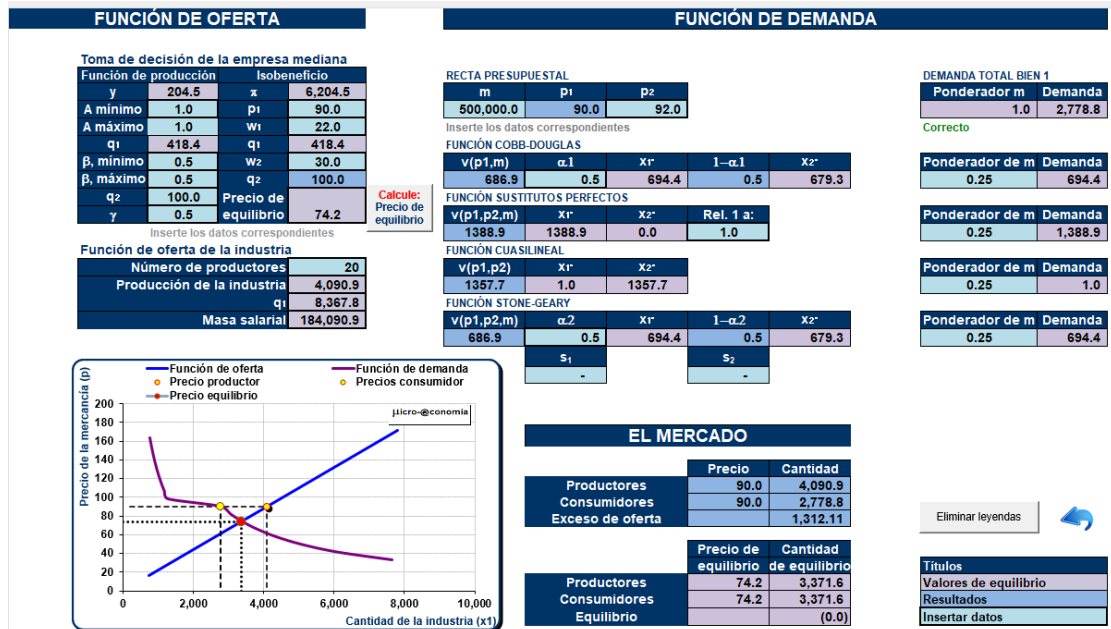
Fuente: simulador computacional Micro@conomía®, disponible en <http://www.economia.unam.mx/profesores/miguelc/microeconomia.html> y descargable del sitio <https://tinyurl.com/4zc4r8jz>.

- iii. El equilibrio de corto plazo en condiciones de equilibrio parcial con agentes heterogéneos determina un precio de \$74 y una cantidad de 3,372³. La Figura 3 exhibe tanto la función de demanda (construida con el sumatorio de la cantidad demandada de los consumidores heterogéneos) como a la función oferta (formada por la suma de la cantidad ofrecida de los productores heterogéneos), y muestra que a cualquier precio la toma de decisiones de los demandantes y oferentes no conduce al vaciamiento del mercado. Sin embargo, cuando se permite la iteración del precio se alcanza el equilibrio, con lo que se demuestra que a pesar de que los productores y consumidores son heterogéneos casi siempre existe un precio, el de equilibrio, que es compatible entre la cantidad ofrecida y demandada.

³ Los casos 1 y 2 tienen resultados similares porque en el caso 2 la renta está distribuida equitativamente entre los consumidores, matemáticamente la solución del caso 1 es $x_1 = 0.5 \frac{\sum m}{p_1}$ y la del caso 2 es $x_1 = 0.5 \frac{\sum m(0.25)}{p_1} + \frac{\sum m(0.25)}{p_1} + 1 + 0.5 \frac{\sum m(0.25)}{p_1}$, en donde la unidad corresponde al consumo de las preferencias cuasilineales porque no depende del ingreso, lo que es igual a $x_1 = \frac{\sum m(0.5)}{p_1} + 1$.

Figura 3.

Equilibrio parcial del mercado competitivo con agentes heterogéneos.



Fuente: simulador computacional Micro@conomía®, disponible en <http://www.economia.unam.mx/profesores/miguelc/microeconomia.html> y descargable del sitio <https://tinyurl.com/4zc4r8jz>.

Para identificar los cambios que suceden en el equilibrio parcial cuando existe una distribución desigual del ingreso entre los agentes heterogéneos se procede a simular los resultados cuando se altera el ingreso de los consumidores, ya que de acuerdo con Vidal (2020) "Los recientes trabajos de modelos nekeynesianos como el de McKey y Reis (2016); Auclert (2017); Galí (2018); Kaplan et al (2018); entre otros, permiten capturar la heterogeneidad de los ingresos". (Vidal, 2020, p. 8), así como cuando se modifican los rendimientos a escala. La Tabla 1 presenta los escenarios de sensibilidad.

Tabla 1.

Análisis de sensibilidad del equilibrio parcial cuando se altera la distribución del ingreso de los consumidores y los rendimientos a escala de los productores.

Parámetros	Homogéneos	Agentes heterogéneos						
	(Caso 1)	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
s_1	0	0	0	0	0	0	100	100
s_2	0	0	0	0	0	0	500	500
b_{cd}	1	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.1	0.1
b_{sp}	0	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.2	0.2
b_{cl}	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0.3	0.3
b_{sg}	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0.4	0.4
β_{min}	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2
β_{max}	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5
p_1^*	\$74.2	\$74.2	\$94.8	\$29.0	\$90.8	\$33.3	\$67.2	\$92.0
x_1^*	3,372	3,372	1,320	8,615	4,129	11,267	3,056	Deseq

Nota: Los siguientes parámetros son constantes en todos los escenarios, $p_1=\$90$ (inicial), $p_2=\$92$, $m=500,000$, $\alpha_1=0.5$, $\alpha_2=0.5$, $A_{min}=1$, $A_{max}=1$, $\gamma=0.5$, $q_2=100$, $w_1=\$22$ y $w_2=\$30$.

Fuente: simulador computacional Micro@conomía®, disponible en <http://www.economia.unam.mx/profesores/miguelc/microeconomia.html> y descargable del sitio <https://tinyurl.com/4zc4r8jz>.

La explicación e interpretación de los escenarios contenidos en la Tabla 1 es la siguiente.

Caso 1: Se describió al inicio del apartado, corresponde al equilibrio parcial con agentes homogéneos. Se considera un consumidor representativo con preferencias Cobb-Douglas y una empresa con rendimientos a escala constantes. El precio de equilibrio es \$74 y la cantidad demandada es 3,372.

Caso 2: Se incorporan consumidores heterogéneos con preferencias Cobb-Douglas, sustitutos perfectos, cuasilineales y Stone-Geary. El precio de equilibrio es \$74 y la cantidad demandada es 3,372. No hay alteración en el precio y la cantidad de equilibrio debido a una distribución equitativa del ingreso y consumos mínimos nulos.

Caso 3: Se presentan distintos niveles de rendimientos a escala en las empresas, todos decrecientes respecto al Caso 2. El precio de equilibrio aumenta a \$95 debido a la menor producción del bien 1 por unidad de factor de producción, lo que reduce la cantidad demandada a 1,320.

Caso 4: Similar al Caso 3, pero con rendimientos a escala crecientes. El precio de equilibrio disminuye a \$29 debido a la mayor producción del bien 1 por unidad de factor de producción, lo que aumenta la cantidad demandada a 8,615.

Caso 5: Se incluyen únicamente consumidores con preferencias Cobb-Douglas y de sustitutos perfectos, con una distribución simétrica del ingreso y empresas con rendimientos a escala constantes. El precio es \$91 y la cantidad es 4,129. El precio y la cantidad son elevados debido al poder adquisitivo del consumidor con preferencias de sustitutos cercanos concentrado en el bien 1.

Caso 6: Similar al Caso 5, pero con empresas de rendimientos a escala crecientes. El precio se reduce a \$33 y la cantidad demandada aumenta a 11,267.

Caso 7: Se incluyen los cuatro tipos de consumidores con una distribución asimétrica del ingreso y empresas con rendimientos a escala constantes. El precio es \$67 y la cantidad es 3,056.

Caso 8: Similar al Caso 7, pero con empresas de rendimientos a escala decrecientes. El precio del bien 1 aumenta a 92 igualando al precio del bien 2, lo que torna inestable al sistema debido a la posibilidad de elección múltiple del consumidor con preferencias tipo sustitutos perfectos.

La interpretación de los ocho escenarios permite deducir que el precio y la cantidad de equilibrio de corto plazo en condiciones de equilibrio parcial depende en gran medida de la distribución del ingreso entre los agentes heterogéneos, del tipo de preferencias de cada uno y de los rendimientos a escala de las empresas, por lo que, al incluir agentes heterogéneos en los modelos, si bien son más complicados por los detalles, son más convenientes para obtener resultados acordes con la realidad.

Con base en los resultados del análisis de sensibilidad de la Tabla 1, también se puede concluir, en sincronía con Janssen (2006, pp. 8-9), citado por Barrientos (2021), que se pueden mejorar los resultados al incluir agentes heterogéneos vs homogéneos y que la heterogeneidad de los agentes puede proporcionar un mejor resultado en la agregación de las conductas individuales de los agentes heterogéneos. Asimismo, la variación del precio del bien 1 puede conducir a una situación de desequilibrio endógeno cuando es igual al precio del bien 2, ya que su demanda no está determinada, lo que coincide con la caracterización de Haldane y Turrell (2018) de los modelos tipo II en donde las crisis aparecen como una consecuencia de las reglas y comportamientos de los agentes en el modelo.

5. Conclusiones

Al inicio del desarrollo de la teoría neoclásica, Edgeworth y Marshall incorporaron el concepto de agente representativo. Sin embargo, los trabajos de Cournot, Stakelberg y Bertrand demostraron que la heterogeneidad de los productores tiene consecuencias en los resultados del oligopolio. En la década de los setenta, a partir de la crítica de Lucas, se microfundamentó la macroeconomía y se generalizó el uso del agente representativo. A mediados de los años noventa surgió un nuevo consenso macroeconómico, amalgamando la nueva economía clásica y la nueva economía keynesiana, que incorporó los avances de la primera pero, a su vez, incluyó los mercados no competitivos y la inflexibilidad de los precios en el marco del modelo de equilibrio general dinámico estocástico; el modelo de agentes representativos nuevos keynesianos es típico de esta fase.

Por su parte, los modelos de agentes heterogéneos surgieron a partir de mediados de la década de los cincuenta con los modelos de generaciones solapadas. Sin embargo, la crisis de 2008 tuvo un impacto fundamental en la incorporación de agentes heterogéneos en el ámbito financiero. Estos modelos son capaces de captar los comportamientos irracionales, heterogéneos e incertidumbre de los agentes, logrando resultados agregados inesperados. En ellos, se busca que las crisis no se generen a partir de un choque externo, sino como resultado de la conducta de los agentes dentro del modelo. Entre los arquetipos de agentes heterogéneos, destacan los modelos de la corriente denominada nuevos keynesianos.

Los modelos con agentes homogéneos son simples y permiten obtener conclusiones básicas. Sin embargo, en la realidad, los agentes no son iguales. Por ello, se han incorporado agentes heterogéneos, lo que torna más complejo y costoso el desarrollo de la modelización. No obstante, los resultados son más acordes con los eventos cotidianos.

La inclusión de agentes heterogéneos, que comprenden consumidores con diversas preferencias (Cobb-Douglas, sustitutos perfectos, quasilineales y Stone-Geary), una distribución desigual del ingreso y empresas con diferentes rendimientos a escala determina una amplia variedad de resultados en precios y cantidades. Por ejemplo, cuando la distribución del ingreso es equitativa, el precio y la cantidad de equilibrio son idénticos en los modelos de agentes homogéneos y heterogéneos. Sin embargo, cuando la distribución del ingreso favorece al consumidor con preferencias de sustitutos perfectos, aumenta la demanda, lo que a su vez incrementa el precio y la cantidad de vaciado de mercado. De hecho, la sola distribución del ingreso modifica los resultados del modelo, como han señalado los autores de la nueva economía keynesiana. Además, cuando las empresas presentan rendimientos a escala decrecientes, la reducida productividad de las empresas eleva el precio y viceversa. Cabe señalar que la inclusión de agentes heterogéneos el modelo puede provocar un desequilibrio de carácter endógeno.

El análisis de sensibilidad de los casos permite deducir que el precio y la cantidad de equilibrio parcial dependen de la distribución del ingreso, el tipo de preferencias de los agentes y la productividad de las empresas. Esto lleva a concluir que al incluir agentes heterogéneos en los modelos, a pesar de su mayor complejidad y coste debido a los detalles adicionales, resultan más convenientes para obtener mejores resultados en la agregación de las conductas individuales de los agentes económicos. Sin embargo, un solo modelo, por complejo que sea, no es suficiente, por lo que es recomendable disponer de

una variedad de modelos que compitan entre sí para mejorar la capacidad predictiva. En este sentido, sería apropiado incluir modelos basados en agentes con utilidad aleatoria, elección discreta, elección conjunta e incluso con diferenciación de producto.

Referencias bibliográficas

- BARRIENTOS, E. A. “Discusión epistemológica sobre los modelos económicos de equilibrio general y agentes heterogéneos”. *Escritura y Pensamiento*. 2021, vol. 20, n. 42, p. 35-54. <https://doi.org/10.15381/escrypensam.v20i42.21290>.
- CERQUERA, O. H., Manrique S., & Ovalle, A. L. “Análisis teórico de los modelos de agentes heterogéneos y el Covid-19”. *Civilizar*. 2021, vol. 21, n. 41, p. 1–13. <https://doi.org/10.22518/jour.cesh/2021.2a01>.
- CERVANTES, M. *Microeconomía. Teoría, simuladores computacionales y retos*. Tomo II. Ciudad de México: LAES, S.C. 2021, p. 127-129. <https://n9.cl/7rv4w>.
- DEBORTOLI, D., & Galí, J. “Monetary policy with heterogeneous agents: Insights from TANK models”. Department of Economics and Business, *Universitat Pompeu Fabra Economics Working Papers*. 2018, n. 1686, p. 1-29. Obtenido de <https://econpapers.upf.edu/ca/paper.php?id=1686>.
- HALDANE, A. G., & Turrell, A. E. “Un modelo interdisciplinario para la macroeconomía”. *Revista de Economía Institucional*. 2018, vol. 21, n. 40, p. 69–110. <https://doi.org/10.18601/01245996.v21n40.03>.
- HARTLEY, J. E. “Retrospectives: The origins of the representative agent”. *Journal of Economic Perspectives*. 1996, vol. 10, n. 2, p. 169–177. <https://doi.org/10.1257/jep.10.2.169>.
- HONOHAN, P. & Neary, P. “W. M. Gorman (1923–2003)”. *The Economic and Social Review*. 2003, vol. 34, n. 2, p. 195-209. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/eso/journal/v34y2003i2p195-209.html>.
- JACKSON, M. O., & Yariv, L. “The non-existence of representative agents”. *SSRN Paper*. 2019. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2684776>.
- JEHLE, G., & Reny, P. *Advanced microeconomic theory*. Gosport, Hampshire: Prentice Hall. 2011, p. 165-168.
- MARTINEZ, X. *Microeconomía avanzada*. CODE y Departament d’Economia Universitat Autònoma de Barcelona. 2008, p. 67-68.
- MAS-COLELL, A; Whinston, M; Green, J. *Microeconomic theory*. Oxford University Press. 1995, p. 105-126.
- NICHOLSON, W. *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. Ciudad de México: Cengage Learning. 2008, p. 314-316.
- NAVARRETE, J. P. “El agente representativo: ¿supuesto fuerte y equívoco u opción reductora de dificultades analíticas para el estudio macroeconómico?” *Econógrafos, Escuela de Economía*. 2018, n. 16423, p. 1-11. <https://ideas.repec.org//p/col/000176/016423.html>.
- VARIAN, H. *Análisis microeconómico*. España: Antoni Bosch editor. 1992, p. 263-264.
- VIDAL, R. (2020). “¿La desigualdad de los agentes afecta al consumo? Una visión desde la política monetaria”. *Revista de Análisis Económico y Financiero*. 2020, vol. 2, n. 1, p. 7-24. <https://doi.org/10.24265/raef.2020.v3n1.18>