CONVERGENCIA EN EL MODELO DE CRECIMIENTO DE CICLOS DE GOODWIN (1967) CON PROGRESO TÉCNICO INDUCIDO

CUESTIONES ECONÓMICAS VOL. 28, Nº 1:2, 2018

CONVERGENCIA EN EL MODELO DE CRECIMIENTO DE CICLOS DE GOODWIN (1967) CON PROGRESO TÉCNICO INDUCIDO

Convergence in Goodwin's growth-cycle model with induced technical progress

Fecha de recepción: 4 de noviembre de 2017
Fecha de aceptación: 27 de julio de 2018

Jorge Mauricio Falcón Gómez*
Fernando Martín-Mayoral**

Resumen:

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la dinámica de un sistema económico, en el que existe conflicto entre capitalistas y trabajadores por la distribución de la renta, a partir del modelo de crecimiento de Goodwin (1967) con progreso técnico endógeno, inducido por la participación del salario en el *output*. Partiendo de unas condiciones iniciales, el sistema económico presentará ciclos económicos cada vez más pequeños hasta alcanzar un estado estacionario estable. El nivel de empleo y la distribución de la renta entre las dos clases en el equilibrio estará en función de variables exógenas al modelo como la ratio capital-*output*, la tasa de crecimiento de la población, la tasa de progreso técnico exógena o la sensibilidad de la inversión en I+D ante aumentos en el costo salarial.

Palabras clave: modelo de crecimiento Goodwin, ciclos económicos, progreso técnico endógeno.
Clasificación JEL: D33, E24, O41

* Candidato a máster en Economía del Desarrollo de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso-Ecuador). Correo electrónico: gejor_z@hotmail.com.

** Profesor investigador del Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso-Ecuador), doctor en Economía por la Universidad de Salamanca. Correo electrónico: fmartin@flacso.edu.ec.

Abstract:

The paper analyzes the dynamics of an economic system, where there is a conflict between capitalists and workers over the distribution of income. It is based on Goodwin's (1967) growth model with endogenous technical progress, induced by the participation of salaries in output. Starting from arbitrary initial conditions, the economic system presents increasingly smaller economic fluctuations until it reaches a stable steady state. At this point, the level of employment and the distribution of income between the two classes will be functions of exogenous variables such as capital-output ratio, population growth, rate of exogenous technical progress or the sensitivity of investment in R&D on increases in wage costs.

Keywords: Goodwin growth model, economic cycles, endogenous technical progress.
JEL Classification: D33, E24, O41

I. INTRODUCCIÓN

En 1967, Goodwin planteó un modelo de crecimiento económico liderado por los beneficios (en inglés *profit-led*) para describir el conflicto distributivo entre clases sociales en las economías capitalistas avanzadas, provocando fluctuaciones en la participación del trabajo en el *output*. Bajo este modelo, la economía se encuentra permanentemente en un equilibrio no estacionario[2], generándose ciclos endógenos en el empleo y en la participación del trabajo y del capital en el *output*, por lo que los salarios y la productividad laboral podrían crecer a tasas diferentes. El conflicto por la distribución del ingreso se representa a partir de dos variables: la participación de los salarios en el total de ingresos, que representa a los trabajadores, y la tasa de empleo, que depende positivamente de las ganancias de los capitalistas. La relación inversa entre salarios y tasa de desempleo es asimilado a una curva de Phillips, mostrando el balance de poder entre ambas clases sociales.

Este modelo se distancia de los tradicionales modelos neoclásicos, en los que la fuerza laboral es constante en el pleno empleo y las participaciones distributivas convergen monotónicamente hacia su valor de estado estacionario (Tavani y Zamparelli, 2014). Por el contrario, el modelo de Goodwin describe la *teoría marxista de la reducción de las ganancias* (en inglés *profit squeeze theory*)[3], en la que los incrementos en la tasa salarial están asociados a una menor tasa de ganancia de los capitalistas, provocando una caída en la inversión, en la demanda de empleo y en el crecimiento económico (Stockhammer y Michell, 2016). La reducción de los beneficios como consecuencia del incremento salarial muestra el conflicto entre las dos clases sociales, además de aceptar la lógica de un *output* determinado por la demanda (Bhaduri y Marglin, 1990).

---

2 El equilibrio estacionario es aquel en el que todas las variables crecen de forma constante, coincidiendo con la tasa de crecimiento de la productividad laboral en el modelo de participación salarial convencional.

3 Marglin y Bhaduri (1991) explican la teoría marxista de la reducción de ganancias (*profit squeeze*) de la siguiente forma. Después de largos períodos con una elevada demanda de empleo, se puede llegar a tener un crecimiento de la productividad inferior al crecimiento del salario, disminuyendo la tasa de beneficios empresariales (P). Esta caída tiene un efecto negativo en la tasa de acumulación de capital a través de dos vías: la primera, por un menor ahorro para realizar inversiones ($S = sP$), y la segunda, porque induce a las firmas a anticipar menores beneficios en el futuro, reduciendo la demanda de inversiones. Esta fue, de acuerdo a los dos autores, la principal causa de la disminución en las tasas de crecimiento que tuvo lugar en la década de 1970 en las economías capitalistas desarrolladas, contradiciendo la visión keynesiana de que salarios más altos incrementan la demanda agregada y, con ella, el volumen de producción y ventas, incrementando los beneficios totales.

Los ciclos económicos se generan de la siguiente forma en el modelo de Goodwin (1967). Supongamos que la economía se encuentra en una fase de crecimiento. El aumento de la demanda efectiva es respondido por los empresarios con un incremento en el *output* y en la demanda de trabajo, provocando la consiguiente subida salarial por aumento del poder de negociación de los trabajadores (Gordon, 1997)[4]. Esto lleva a que la participación del salario en el *output* aumente (siempre y cuando el incremento del salario real supere al incremento de la productividad laboral)[5], disminuyendo la participación de los beneficios en el *output* $(1 - b)$. Si además suponemos que los trabajadores no ahorran, y que los capitalistas son los únicos que invierten, entonces, un menor $(1 - b)$ reduce la tasa de acumulación del capital y del *output*, lo que a su vez disminuye la demanda de trabajo y, con ella, la tasa salarial, motivando una bajada en la participación del trabajo y un aumento de la participación de los beneficios en la economía, lo que lleva a un nuevo incremento de la inversión, repitiéndose el ciclo constantemente.

La dinámica del modelo de Goodwin (1967) está basada en dos leyes de movimiento (ecuaciones diferenciales no lineales) que coinciden con la de algunos sistemas biológicos. Lotka (1925) y Volterra (1927) plantearon las *ecuaciones predador-presa*, que describen la simbiosis de dos poblaciones parcialmente complementarias y parcialmente hostiles. En su modelo, cuando crece la población de presas, se produce un crecimiento en la población de predadores; sin embargo, este crecimiento lleva a una caída en la población de presas, lo que a su vez provoca a una caída en la población de predadores. La interacción de estos dos elementos genera una dinámica de ciclos biológicos. En el modelo de Goodwin (1967), las presas están representadas por el nivel de empleo que crece con el *output*, mientras que los predadores estás representados por la participación del salario en el *output*, generándose una dinámica de ciclos económicos en el crecimiento económico y la distribución de la renta entre ambos grupos.

4 Los marxistas norteamericanos a menudo afirman que una caída en el desempleo o un incremento en la utilización de la capacidad productiva aumentan el poder de negociación de los trabajadores.

5 Este supuesto no es marxista, ya que, para Marx, existe una relación inversa entre la rentabilidad de la inversión y el salario real, mientras que, en este caso, el salario real está relacionado con la productividad laboral. Es decir, en el modelo de Goodwin (1967), para que la tasa de beneficios aumente, es necesario que el salario real caiga en relación a la productividad laboral, pudiendo también caer en términos absolutos, dependiendo de la severidad del ciclo (Goodwin 2014, 7).

El modelo de Goodwin (1967) ha sido utilizado como marco de referencia para numerosos estudios sobre crecimiento y ciclos económicos dada la simplicidad de sus ecuaciones no lineales (Desai *et al.*, 2006). Siguiendo a Serebriakov y Mirko (2017), algunos autores han tratado de generalizar el modelo de Goodwin (1967) incorporando nuevas variables (Sordi y Vercelli, 2014 o Sportelli, 1995), otros se enfocaron en estudiar diversas propiedades del modelo original como las condiciones de estabilidad del sistema a largo plazo (Yoshida y Asada, 2007; Cao y Jiang, 2011; Veneziani y Mohun, 2006; Tabani y Zampareli, 2014), mientras que otros han centrado su interés en evaluar empíricamente el modelo aplicándolo a diferentes países y períodos (Weber, 2005; Harvie, 2000; Moura y Ribeiro, 2013).

El presente trabajo pertenece a la segunda categoría, es decir, busca analizar los efectos de la endogenización del progreso técnico sobre la estabilidad y el crecimiento económico del sistema en el largo plazo. El resto del trabajo está organizado de la siguiente forma. En la sección 2 se desarrolla el modelo original de Goodwin (1967), mostrando la dinámica de comportamiento de sus dos variables fundamentales, la tasa de empleo y la participación del empleo o del salario en el *output*. La sección 3 estudia los efectos de la endogenización del progreso técnico en el equilibrio de largo plazo, partiendo de un simple supuesto en el que la productividad laboral depende linealmente de la tasa de participación del empleo en el *output*. En la sección 4 se concluye.

II. MODELO DE CRECIMIENTO DE GOODWIN (1967) CON PROGRESO TÉCNICO EXÓGENO

El modelo de crecimiento de Goodwin (1967) se sustenta en los siguientes supuestos: economía cerrada y sin sector público, se produce un solo bien que puede ser consumido o invertido. Todos los mercados están en equilibrio, por lo que el ahorro es igual a la inversión ($S = I$). Existen dos factores productivos, trabajo (L) y capital (K), ambos homogéneos y no específicos. No toda la población está empleada, de modo que la tasa de empleo se puede obtener de la relación entre la población empleada (L) y la población total u oferta de trabajo (N), que crece a una tasa exógena y estacionaria (n) $N = N_0 e^{nt}$. La tasa de empleo ($l = L/N$), por definición, es positiva y menor que 1. El progreso técnico, medido a través de la productividad laboral, es asumido estacionario en el corto plazo, pero en el largo plazo crece a una tasa exógena constante (g). $\frac{Y}{L} = A = A_0 e^{gt}$. Además, el progreso técnico es considerado ahorrador de trabajo. Todas las cantidades son tratadas en términos reales y netas de depreciación.

El modelo parte del supuesto de que todos los salarios son consumidos y todos los beneficios son ahorrados e invertidos ($P = S = I = \dot{K}$)[6]. También se asume una ratio capital-*output* $v = K/Y$ constante, lo que significa que no se permite sustitución entre factores productivos.

El salario real crece en las cercanías del pleno empleo, por tanto, es una función creciente de la tasa de empleo (l). Goodwin (1967) plantea una relación lineal en la que el poder de negociación de los trabajadores aumenta con la tasa de empleo (al aumentar la demanda de trabajo). Esta relación se puede interpretar como una curva de Phillips de salario real (Tarassow 2010).

$$\frac{\dot{w}}{w} = f(l) = -\gamma + \rho l \tag{1}$$

donde γ y ρ son parámetros constantes[7].

La participación del trabajo en el *output* (b) coincide con la participación del salario total (wL) en *output* (Y). Teniendo en cuenta que $A = Y/L$, entonces:

$$b = \frac{wL}{Y} = \frac{w}{A} \tag{2}$$

Donde $0 < b < 1$, aunque puede ser excepcionalmente mayor que 1, por ejemplo, cuando los salarios y el consumo son mayores al *output*, mostrando un estado de desinversión (Goodwin, 1967).

La participación del capital en el *output* $(1 - b)$ coincide con la participación de los beneficios en el *output* y viene dada por la siguiente expresión:

$$(1 - b) = 1 - \frac{w}{A} \tag{3}$$

6 Coincidiendo con la idea plasmada en la obra de Kalecki (1942), con la famosa frase "los capitalistas ganan lo que ellos gastan y los trabajadores gastan lo que ellos ganan".

7 Esta es una diferencia importante con el modelo clásico marxista, que suponía constante la tasa de salario real w.

En estas dos ecuaciones podemos ver el conflicto que existe entre las dos clases sociales por la distribución del ingreso. Por ejemplo, un incremento en la tasa salarial real llevará a una reducción en la participación de los beneficios empresariales en el *output* y viceversa. Por otra parte, un aumento de la productividad del trabajo incrementará la participación de los beneficios y provoca una reducción en la participación de los salarios en el *output*.

En el equilibrio, el valor excedente[8] generado por el proceso productivo después de pagar salarios coincide con el beneficio obtenido por los capitalistas (P) y, como hemos supuesto que todo el beneficio es ahorrado, entonces, este será igual al ahorro (S) y a la inversión (I). Es decir: $P = S = I = \dot{K} = (1 - b)Y$, donde Y es el *output* agregado.

Teniendo en cuenta que la tasa de beneficios es la relación entre las ganancias empresariales y el *stock* de capital ($r = P/K$), podemos observar que coincide con el crecimiento del capital, el cual a su vez coincide con el crecimiento del *output*.

$$r = \frac{P}{K} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{(1-b)Y}{K} = \frac{(1-b)}{v} \tag{4}$$

Veamos ahora la dinámica de la tasa de crecimiento de la tasa de empleo (l) y la tasa de crecimiento de la participación del trabajo en la producción (b). Partiendo de $l = L/N$, tomamos logaritmos y diferenciamos respecto al tiempo:

$$\frac{\dot{l}}{l} = \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\dot{N}}{N} = \frac{\dot{L}}{L} - n \tag{5}$$

Para obtener la dinámica de crecimiento del empleo $\dot{L}/L$, calculamos la productividad del trabajo $A = Y/L$ que, como ya se ha indicado, crece a una tasa constante (g).

8 El valor excedente puede ser entendido como el valor creado por los trabajadores en exceso de su propio costo laboral y que es apropiado por los capitalistas en forma de beneficios cuando venden su producción (Marx 1885, Capítulo 8).

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{(1-b)}{v} - \frac{\dot{L}}{L} = g \tag{6}$$

Despejando $\frac{\dot{L}}{L} = \frac{(1-b)}{v} - g$

Sustituyendo en (5), obtenemos la tasa de crecimiento de la tasa de empleo ($\acute{l}$):

$$\hat{l} = \frac{\dot{l}}{l} = r - (g+n) = \frac{(1-b)}{v} - (g+n) \tag{7}$$

A continuación se calcula la tasa de crecimiento de la participación del trabajo en el *output* (participación de los salarios) ($\hat{b}$). Partiendo de $b = w/A$, tomando logaritmos y diferenciando respecto al tiempo, se obtiene:

$$\hat{b} = \frac{\dot{b}}{b} = \frac{\dot{w}}{w} - \frac{\dot{A}}{A} = -(g+\gamma) + \rho l \tag{8}$$

Las ecuaciones diferenciales no lineales de primer orden (7) y (8) son las ecuaciones fundamentales del modelo de Goodwin (1967), a partir de las cuales podemos estudiar la dinámica del sistema planteado. Así, por ejemplo, un incremento en la participación de los beneficios en el *output* $(1-b)$ lleva a una mayor demanda de empleo, creciendo (l) (por 7). A su vez, el incremento de (l) presiona los salarios hacia arriba, lo que lleva a un incremento en la participación del trabajo en el *output* (b) (por 8). Por el contario, un aumento de la productividad laboral (g) provoca una reducción de la mano de obra empleada al ser más eficientes los trabajadores, disminuyendo la participación de los trabajadores en el *output* (b) (por 8). Esta baja afecta positivamente a la tasa de beneficio de los capitalistas por (4).

A continuación se analiza la dinámica del sistema a través de un diagrama de fases. Para ello se igualan a cero las ecuaciones (7) y (8) y se despejan l y b para calcular los valores de ambas variables en el estado estacionario.[9]

9 Para el desarrollo de las ecuaciones dinámicas ver Goodwin (1982).

Primeramente, igualamos a cero la tasa de crecimiento del empleo ($\hat{l} = 0$) y despejamos b:

$$\frac{(1-b)}{v} \text{-}(g+n) = 0$$

$$b_{ee} = 1 - (g+n)v \qquad (9)$$

Obtenemos el nivel de participación del trabajo (o de los salarios) en el *output* en el estado estacionario, donde debemos asumir $(g+n)v < 1$ para que $b_{ee} > 0$. Dado que g, n y v son constantes, obtenemos una recta que corta al eje de abcisas (b) en el punto $1 - (g+n)v$.

A continuación, igualamos a cero el crecimiento de la participación del trabajo en el *output*: $\hat{b} = 0$ y despejamos $\boldsymbol{l}$.

$$\text{-}(g+\gamma) + \rho l = 0$$

$$l_{ee} = (g+\gamma)/\rho \qquad (10)$$

Obtenemos la tasa de empleo de estado estacionario, que puede moverse entre 0 y 1, por lo que $0 < (g+\gamma) < \rho$.

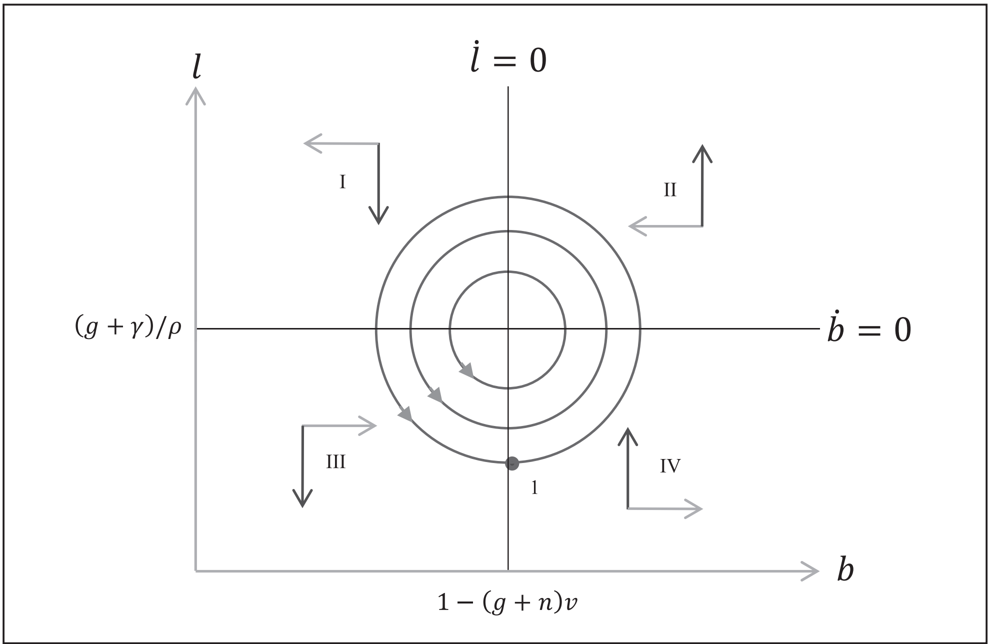
Para determinar la estabilidad del equilibrio del modelo, calculamos la matriz jacobiana en el punto de equilibrio.

$$J_{(l_{ee},\, b_{ee})} = \begin{bmatrix} 0 & \text{-}\,\frac{1}{v}\left(\frac{g+\gamma}{\rho}\right) \\ \rho(1-(g+n)v) & 0 \end{bmatrix}$$

Podemos observar que la traza $tr(J) = 0$ y el determinante $Det(J) = (g+\gamma)\left(\frac{1}{v}\text{-}g\text{-}n\right) > 0$. Este resultado nos permite afirmar que estamos ante un equilibrio de tipo central, en el que las variables l y b fluctúan permanentemente alrededor del estado estacionario dado por $\dot{l} = 0$ y por $\dot{b} = 0$, pero sin llegar a alcanzarlo. Este tipo de dinámica, como ya señalamos, ha sido usualmente denominada *predador-presa*.

Los valores que puede tomar el eje de abscisas (b) van por lo general de 0 a 1, mostrando la distribución del ingreso entre la participación de los trabajadores (hacia la derecha) y la participación de los capitalistas (hacia la izquierda). En el eje de ordenadas está la tasa de empleo ($\boldsymbol{l}$), que va de 0 hasta algún valor menor a 1. Por otra parte, cuando la participación de los beneficios en *output* $(1-b)$ es máxima, la tasa de empleo ($\boldsymbol{l}$) estará en la media. El crecimiento económico lleva a la tasa de empleo hasta su nivel máximo, empujando a la participación del empleo en el *output* hasta su valor medio. La consiguiente desaceleración económica vuelve a empujar a la tasa de empleo hacia su nivel mínimo, reestableciendo la tasa de beneficios hacia su nivel medio.

Gráfico 1: Dinámica del sistema de Goodwin (1967) con progreso técnico exógeno



Fuente: Adaptación de la figura 3 de Goodwin (1967)

Las fuerzas que gobiernan este equilibrio vienen dadas por las flechas. Si la tasa de empleo ($\boldsymbol{l}$) es mayor a la que hace que $\dot{b}=0$, se producirá una disminución de la participación del trabajo en el *output* (b) y viceversa (flechas horizontales). Por otro lado, si la participación del trabajo en el *output* (b) es mayor a la que hace que $\dot{l}=0$, entonces se producirá un incremento de la tasa de empleo ($\boldsymbol{l}$) y viceversa (flechas verticales). Desde cualquier punto en el que se comience, el sistema se moverá en ciclos alrededor del estado estacionario, fluctuando dentro de cada círculo concéntrico. Por ejemplo, si se parte del punto 1, como la tasa de empleo (l) es menor a la que hace $\dot{b} = 0$, las fuerzas de mercado llevan a un incremento en la tasa de participación del trabajo (b), aumentando la tasa de empleo por encima del nivel que hace $\dot{l} = 0$ (cuadrante IV). Cuando la tasa de empleo pasa al cuadrante II, las fuerzas de mercado siguen incrementando la tasa de empleo (salario), a costa de los beneficios empresariales, lo que repercute negativamente en la tasa de acumulación empresarial, produciéndose una reducción en la contratación de los trabajadores que finalmente acaba disminuyendo la tasa de empleo (cuadrante I). Por tanto, el sistema describe fluctuaciones concéntricas en contra de las agujas del reloj alrededor del estado estacionario.

Los círculos concéntricos dependen de las condiciones iniciales de la economía desde las que se parte, por lo que *shocks* exógenos alterarán la forma del círculo pero no los valores medios de las variables l y b, produciendo una alternancia entre el crecimiento económico y el crecimiento del empleo con mayor o menor intensidad. Sin embargo, dado que $(1 - b)$ es positivo, la tasa de crecimiento de la economía también será positiva, lo que significa que, a largo plazo, los períodos de crecimiento del *output* deben superar a los períodos de decrecimiento.

III. CONDICIONES DE ESTABILIDAD DEL MODELO DE GOODWIN (1967) CON PROGRESO TÉCNICO INDUCIDO

Hasta ahora, se ha visto cómo el modelo de Goodwin (1967) describe a una economía que está eternamente fluctuando alrededor de un estado estacionario que nunca se alcanza, presentando ciclos económicos constantes a lo largo de tiempo. Sin embargo, como señalan Tabani y Zampareli (2014, 3), el modelo es demasiado estilizado como para explicar de manera convincente los cambios en el largo plazo en el ciclo de crecimiento de los países, especialmente si se tiene en cuenta que los ciclos económicos están motivados por dos factores exógenos: el crecimiento de la población y el crecimiento de la productividad laboral.

Numerosos autores han analizado las propiedades del modelo de crecimiento de Goodwin (1967), buscando identificar las fuentes que explican los cambios en el largo plazo en los ciclos de crecimiento. Entre otras propiedades, el estudio de las condiciones de estabilidad a largo plazo del sistema y la convergencia hacia un estado estacionario han llamado la atención de un número significativo de investigadores (Rose, 1967; Yoshida y Asada, 2007; Cao y Jiang, 2011; Veneziani y Mohun, 2006; Tabani y Zampareli, 2014, por citar algunos).

El modelo de ciclos de empleo de Rose (1967) logró la convergencia del modelo de Goodwin (1967) hacia un equilibrio de largo plazo estable, utilizando una función neoclásica en la que existe una sustitución suave entre factores productivos, combinada con un salario nominal flexible y asumiendo mercados de competencia monopolística.

Otros autores, en cambio, se han enfocado en endogenizar alguna de las variables determinantes de la senda de crecimiento, siendo el progreso técnico una de las más analizadas (Shah y Desai, 1981; Van der Ploeg, 1987; Foley, 2003 o Julius, 2005, citados en Tabani y Zampareli, 2014). La mayor parte de estos trabajos adoptó la *teoría de la innovación inducida* introducida por Hicks (1932) y posteriormente retomada por Fellner (1961 y 1962) y Kennedy (1964). De acuerdo a esta teoría, el aumento en el precio relativo de un factor productivo debido a su escasez lleva a las empresas a realizar cambios tecnológicos (a través de inversiones en I+D) encaminados a reducir la utilización relativa de ese factor, permitiendo de esta forma la sustitución de factores relativamente escasos por otros relativamente más abundantes (Ruttan y Hayami, 1989). Bajo esta teoría, las empresas que se enfrentan a un creciente costo laboral originado por un crecimiento en la participación laboral en el *output* estarían motivadas a destinar recursos para introducir mejoras tecnológicas ahorradoras de trabajo, incrementando así la productividad laboral.

La mayoría de estos trabajos permitió alcanzar un equilibrio estable entre distribución de ingresos y productividad del trabajo a través de una función de progreso técnico determinada endógenamente, manteniendo constante la propensión marginal a ahorrar de los capitalistas. Sin embargo, continuaban teniendo como principal limitación que el crecimiento de largo plazo seguía siendo exógeno (Tabani y Zampareli, 2014). Esto llevó a algunos autores a endogenizar el progreso técnico basados en modelos de crecimiento endógeno.

Chiarella *et al.* (2013) utilizan una función de progreso técnico inducido basada en el enfoque de Uzawa (1965)-Romer (1986)-Lucas (1988). Tabani y Zampareli (2014) analizan las dinámicas del crecimiento, el empleo y la distribución de la renta en una economía en la que el progreso técnico está asociado con el proceso de innovación llevado a cabo por una empresa capitalista representativa que buscan maximizar sus beneficios futuros. Para ello utilizan una función de progreso técnico basada en los modelos de crecimiento endógeno, extendiendo la configuración básica presentada por Foley y Michl (1999), en la que la innovación es el resultado de la inversión en I+D, financiada con las ganancias empresariales, y cuyo objetivo es incrementar la productividad laboral. Una vez que las condiciones iniciales son elegidas para las variables de estado, el sistema converge de manera cíclica hacia un estado estacionario.

Precisamente este es el enfoque que vamos a adoptar a continuación. Supongamos que el progreso técnico incrementa la productividad laboral, disminuyendo la cantidad de trabajo necesaria para realizar cada una de las actividades productivas. Es decir, a medida que aumenta la participación del trabajo en el *output*, el salario de los trabajadores tenderá a aumentar, al reducirse el ejército de reserva, generando una caída en la rentabilidad empresarial. Las firmas en un mercado competitivo estarán interesadas en implementar nuevas técnicas productivas a través de la inversión en I+D, con el fin de reducir la utilización relativa del factor productivo trabajo, aumentando la productividad del trabajo y disminuyendo la demanda laboral, con lo que la presión salarial se reduce.

Para simplificar el análisis, se va a suponer que el progreso técnico es una función lineal que tiene dos componentes: uno autónomo (τ_0), asumido constante e independiente del proceso productivo, y uno inducido, que depende positivamente de la participación del trabajo en el *output* ($\tau_1 b$).

$$\frac{\dot{A}}{A} = g = f(b) = \tau_0 + \tau_1 b, con\, \tau_0, \tau_1 > 0 \qquad (11)$$

La ecuación (11) es una recta donde $\tau_1 \tau_1$ es la pendiente que puede interpretarse como la intensidad con la que los empresarios desean invertir en nuevos procesos para incrementar la productividad laboral cuando aumenta la participación laboral en el *output*. Veamos cómo influye este supuesto en la dinámica del sistema planteado en el apartado anterior sustituyendo g por la ecuación (11).

La tasa de crecimiento de la tasa de empleo ($\hat{l}$) obtenida en la ecuación (7) queda:

$$\hat{l} = \frac{\dot{l}}{l} = \frac{(1-b)}{v}\text{-}\tau_0\text{-}\tau_1 b\text{-}n = \left(\frac{1}{v}\text{-}\tau_0\text{-}n\right)\text{-}b\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right) \tag{12}$$

La tasa de crecimiento de la participación del trabajo en el *output* (participación de los salarios) ($\hat{b}$) de la ecuación (8) queda:

$$\hat{b} = \frac{\dot{b}}{b} = \text{-}\tau_0\text{-}\tau_1 b\text{-}\gamma + \rho l \tag{13}$$

Ahora se calcula el equilibrio en el estado estacionario. Se iguala a cero la tasa de empleo: $\hat{l} = 0$ y se despeja *b* obteniendo:

$$\left(\frac{1}{v}\text{-}\tau_0\text{-}n\right)\text{-}b\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right) = 0$$

$$b_{ee} = \left(\frac{1}{v}\text{-}\tau_0\text{-}n\right)/\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right) \tag{14}$$

Dado que τ_0, τ_1 n y v son constantes, se obtiene una recta que corta al eje de abcisas (b) en el punto $\left(\frac{1}{v}\text{-}\tau_0\text{-}n\right)/\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right)$. Dado que debe estar entre un valor 0 y 1, entonces, una condición necesaria es que $\frac{1}{v} > n + \tau_0$ y $\left(\frac{1}{v}\text{-}\tau_0\text{-}n\right) < \left(\frac{1}{v}+\tau_1\right)$.

Ahora se iguala a cero la participación del trabajo en el *output* $\hat{b} = 0$ y se despeja *l*.

$$\text{-}\tau_0\text{-}\tau_1 b\text{-}\gamma + \rho l = 0$$

$$l_{ee} = \frac{(\tau_0 + \gamma)}{\rho} + \frac{\tau_1}{\rho} b \tag{15}$$

Se obtiene la tasa de empleo de estado estacionario, que ahora es una función lineal creciente de *b* con pendiente τ_1/ρ.

Para determinar la estabilidad del equilibrio del modelo se calcula la matriz jacobiana en el punto de equilibrio.

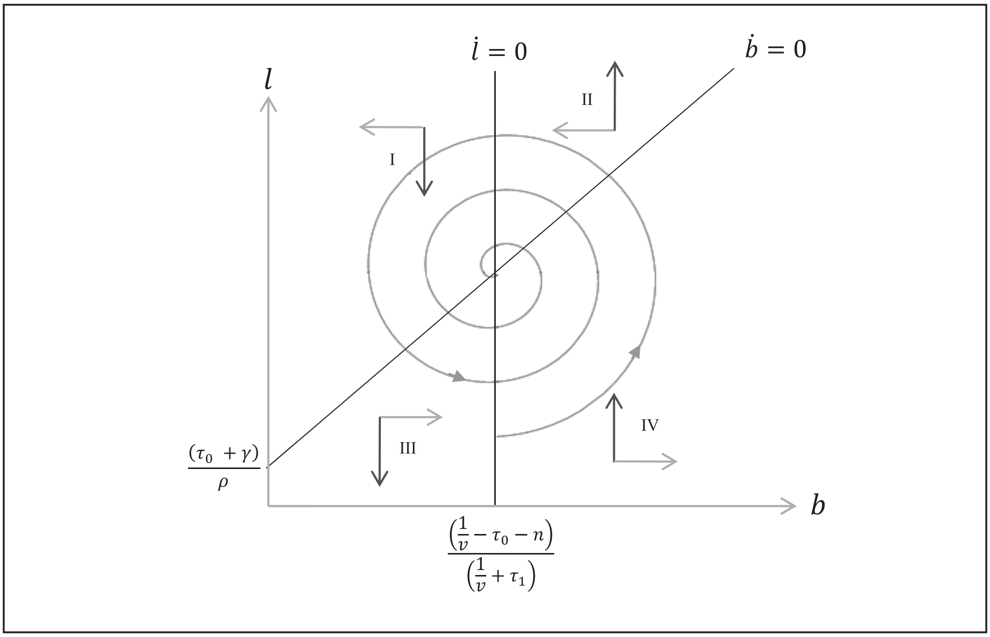
$$J_{(l_{ee},b_{ee})} = \begin{bmatrix} 0 & -\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right)\left(\frac{\tau_0+\gamma}{\rho}+\frac{\tau_1}{\rho}b\right) \\ \rho\left[\frac{\left(\frac{1}{v}-n-\tau_0\right)v}{1+\tau_1 v}\right] & -\tau_1\left[\frac{\left(\frac{1}{v}-n-\tau_0\right)v}{1+\tau_1 v}\right] \end{bmatrix}$$

$$T_r(J) = -\tau_1\left[\frac{\left(\frac{1}{v}-n-\tau_0\right)v}{1+\tau_1 v}\right] < 0$$

$$Det(J) = -\left\{-\left(\frac{1}{v}+\tau_1\right)(\tau_0+\gamma+\tau_1 v)\left[\frac{\left(\frac{1}{v}-n-\tau_0\right)v}{1+\tau_1 v}\right]\right\} > 0$$

Ahora la traza $tr(J) < 0$ y el determinante $Det(J) > 0$, dado que $\frac{1}{v} > n+\tau_0$, lo que significa que el sistema describe ciclos económicos cada vez más pequeños hasta que se alcanza un equilibrio de largo plazo estable.

Gráfico 2: Dinámica del sistema de Goodwin (1967) con progreso técnico inducido



La tasa de empleo y la participación del trabajo en el *output* que se alcance en el equilibrio dependen del valor que tomen las diferentes variables consideradas en el modelo. Así, cuanto mayor sea la ratio capital-*output*, todo lo demás constante, más hacia la izquierda estará la recta donde $\dot{l} = 0$, siendo menor la participación del trabajo en la economía y menor la tasa de empleo. Lo mismo sucede cuando mayor es la tasa de crecimiento de la población. Un incremento en la tasa de crecimiento exógena del progreso técnico (τ_0) provoca un desplazamiento en paralelo en ambas rectas, moviendo hacia arriba la recta $\dot{b} = 0$ y hacia la izquierda la recta $\dot{l} = 0$. El resultado es un incremento en la tasa de participación del capital en el *output* y un incremento en la tasa de empleo. Finalmente, cuando crece la sensibilidad de la inversión en I+D ante cambios en la participación laboral en el *output* (τ_1), la recta $\dot{l} = 0$ se desplaza a la izquierda, disminuyendo la participación del trabajo en el *output* y también la tasa de empleo. Pero simultáneamente aumenta la pendiente de la recta donde $\dot{b} = 0$, contrarrestando la tasa de empleo. El efecto neto de ambas fuerzas sobre la tasa de empleo dependería de las condiciones iniciales en el resto de variables del sistema.

Otro resultado interesante es que el modelo de Goodwin (1967) con progreso técnico endógeno describe un proceso de crecimiento endógeno con ciclos económicos que se van agotando hasta alcanzar un equilibrio de largo plazo estable, como sostienen los modelos de crecimiento neoclásicos, aunque nada dice que se alcance una tasa de empleo pleno. Una vez que se alcanza el equilibrio, el crecimiento a partir de ese momento depende de variables exógenas.

IV. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha presentado el modelo de ciclos económicos de Goodwin (1967), que permite describir el conflicto entre clases sociales por la distribución del ingreso en las economías capitalistas avanzadas. Esta dinámica sería la responsable de las fluctuaciones en la actividad económica y en la distribución de la renta entre capitalistas y trabajadores alrededor de un estado estacionario. Así, tras un período de crecimiento económico liderado por la demanda efectiva, las empresas aumentan su tasa de acumulación de capital con el consiguiente incremento en la demanda laboral, generando una presión inflacionista sobre la tasa salarial. Este proceso genera una redistribución de la renta hacia la clase trabajadora a costa de la renta capitalista, provocando una disminución en su decisión de inversión con la consiguiente caída en la demanda de empleo. La dinámica del sistema describe ciclos económicos constantes alrededor de un estado estacionario que nunca se alcanza. Para llegar a este resultado se ha considerado que la tecnología crece de forma exógena y, por tanto, constante.

Una vez que se introduce en el modelo un progreso técnico inducido por la participación del salario en el *output*, los ciclos económicos se van haciendo cada vez más pequeños, convergiendo el sistema hacia un estado estacionario estable en el largo plazo. Alcanzado dicho equilibrio, la participación del trabajo en el *output*, la tasa de empleo y, en definitiva, el *output* crecerán a una tasa constante determinada por factores exógenos, como sostienen los modelos de crecimiento neoclásicos, aunque sin asumir la existencia de pleno empleo.

BIBLIOGRAFÍA

Bhaduri, Amit y Stephen Marglin. (1990). Unemployment and the real wage: the economic basis for contesting political ideologies. *Cambridge Journal Economics* 14: 375–393. doi: 10.1093/oxfordjournals.cje.a035141.

Cao, J. and Jiang H. (2011). Stability and Hopf bifurcation analysis on Goodwin model with three delays. Chaos, Solitons & Fractals, 44, 613-618.

Chiarella, Carl, Peter Flaschel, and Willi Semmler. (2013). *Reconstructing Keynesian Macroeconomics Volume 2: Integrated Approaches*. Routledge.

Desai, M.; Henry, B.; Mosley, A. and Pemberton, M. (2006). A clarification of the Goodwin model of the growth cycle. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 30, 2661-2670.

Fellner, William. (1961). Two propositions in the theory of induced innovations. *The Economic Journal* 71, 305-308.

Fellner, William. (1962). Does the market direct the relative factor-saving effects of technological progress?. *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton University Press, 171-194.

Foley, D.K. y Michl, T. (1999). *Growth and Distribution*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Goodwin, Richard. (1967). A growth cycle, in: Carl Feinstein, editor, *Socialism, capitalism, and economic growth*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Gordon M, David. (1997). Must we save our way out of stagnation? The investment-saving relationship revisited. *The Macroeconomics of Saving. Finance, and Investment,* editado por R. Pollin, 95–171. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Harvie, D. (2000). Testing Goodwin: growth cycles in ten OECD countries. *Cambridge Journal of Economics*, 24, 349-376.

Hicks, John R. (1932). *The Theory of Wages*, London: Macmillan.

Kalecki Michalu. (1942). A theory of profits. *The Economic Journal* 52 (206/207): 258–267. : http://www.jstor.org/stable/2225784.

Kennedy, Charles. (1964). Induced bias in innovation and the theory of distribution. *The Economic Journal* 74, 541-547.

Lotka, Alfred J. (1925). Elements of physical biology. *Science Progress in the Twentieth Century (1919-1933*) 21(82): 341-343.

Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.

Marglin, Stephen Alan y Amit Bhaduri. (1991). Profit squeeze and Keynesian theory. En *Nicholas Kaldor and Mainstream Economics,* editado por Edward J. Neil y Willi Semmler, 123-163. Reino Unido: Palgrave Macmillan. doi: 10.1007/978-1-349-10947-0_8.

Marx, Karl. (1885). *El capital*. Biblioteca de pensamiento socialista. México DF: Siglo XXI.

Moura, Jr. N. J. y Ribeiro, M. B. (2013). Testing the Goodwin growth-cycle macroeconomic dynamics in Brazil. *Physica A*, 392, 2088-2103.

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth, *Journal of Political Economy* 94(5), 1002-1037.

Rose, Hugh. (1967). On the non-linear theory of the employment cycle. *The Review of Economic Studies* 34.2, 153-173.

Ruttan, Vernon W. y Yujiro Hayami. (1989). El cambio técnico inducido en la agricultura. *Agricultura y Sociedad,* 53 (España), 19-72.

Serebriakov, Vladimir, and Mirko Dohnal. (2017). Qualitative Analysis of the Goodwin Model of the Growth Cycle//Análisis cualitativo del modelo de Goodwin de ciclos de crecimiento. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa* 23, 223-233.

Sordi, S. and Vercelli, A. (2014). Unemployment, income distribution and debt-financed investment in a growth cycle model. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 48, 325-348.

Sportelli, M. C. (1995). A Kolmogoroff generalized predator–prey model of Goodwin's growth cycle, *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 61: 1, 35–64.

Stockhammer, Engelbert y Jo Michell. (2016). Pseudo-Goodwin cycles in a Minsky model. *Cambridge Journal of Economics* 41 (1): 105-125. doi: 10.1093/cje/bew008.

Tarassow, Artur. (2010). *The empirical relevance of Goodwin's business cycle model for the US economy*. University Library of Munich, Alemania.

Uzawa, H. (1965). Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review* 6, 18–31.

Veneziani, R. and Mohun, S. (2006). Structural stability and Goodwin's growth cycle. *Structural Change and Economic Dynamics*, 17, 437-451.

Volterra, Vito. (1927). *Une théorie mathématique de la lutte pour la vie*. París: Gauthier-Villars.

Weber, L. (2005). A contribution to Goodwin's growth cycle model from a system dynamics perspective. In Proceedings of the 23rd International System Dynamics Conference, System Dynamics Society, Boston, July 17-21, 28pp. Available at http://www.systemdynamics.org/conferences/2005/proceed/papers/WEBER196.pd.

Yoshida, H. and Asada, T. (2007). Dynamic analysis of policy lag in a Keynes-Goodwin model: Stability, instability, cycles and chaos. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, 62, 441-469.