



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Facultade de Economía e Empresa

Traballo de
fin de grao

Revisión dinámica
del modelo del
multiplicador-
acelerador de
Samuelson

Eva Pérez Ansede

Tutor: Rafael María García
Rodríguez

Grao en economía

Ano 2015

Resumen

En este trabajo se tienen tres objetivos principales. El primero de ellos y más importante es el aprendizaje de una nueva metodología, la dinámica de sistemas, que no se ha estudiado con anterioridad. A partir de dicho aprendizaje, se tratará de lograr el segundo objetivo, que es la aplicación de los conocimientos obtenidos a un modelo ya elaborado, que es el modelo del multiplicador-acelerador de Samuelson (1939) revisado por W. Low (1976), tratando de reproducirlo mediante la utilización del software de simulación Vensim PLE y observando la utilidad de la dinámica de sistemas en este tipo de modelos complejos. El tercer objetivo consiste en elaborar una estrategia de simulación, o lo que es lo mismo, seleccionar las simulaciones más importantes que se obtengan del desarrollo del modelo.

Para el logro de los tres objetivos, se ha revisado la literatura macroeconómica referida al modelo de Samuelson. Aunque el objetivo del trabajo no sea la descripción teórica del modelo, se comentarán determinados aspectos importantes para la comprensión de los resultados de las simulaciones.

En el desarrollo de dichas simulaciones, se partirá de un modelo similar al original, al que se irán añadiendo variables para reflejar mejor la realidad macroeconómica, obteniendo la conclusión de que, añadiendo realismo al modelo, no se obtiene el comportamiento cíclico derivado de la interacción del multiplicador y del acelerador, característico del modelo tradicional, aunque éste siga siendo válido para los supuestos que hace Samuelson.

Se obtiene la conclusión de que la dinámica de sistemas tiene una gran utilidad para tratar modelos en los que la solución analítica se vuelve muy compleja.

Palabras clave: ciclos económicos, multiplicador, acelerador, dinámica de sistemas.

Número de palabras: 14891.

Abstract

There are three main objectives in this work. The first and most important is learning a new methodology, system dynamics, which has not been studied previously. From this learning, it will seek to achieve the second objective, which is the application of knowledge gained to a model already developed, which is the model of the multiplier-accelerator of Samuelson (1939) reviewed by W. Low (1976) trying to play through the use of simulation software Vensim PLE and noting the usefulness of

system dynamics in such complex models. The third objective is to develop a simulation strategy, or what is the same, selecting the most important simulations obtained from the model's development.

To achieve the three objectives have been revised macroeconomic literature referred to Samuelson model. Although the aim of the work is not theoretical description of the model, certain important aspects for understanding the results of the simulations will be discussed.

In the development of such simulations, we start with a similar to the original model, which will be added variables to better reflect the macroeconomic reality, obtaining the conclusion that, if we added realism to the model, the cyclical behavior derivative by the interaction of the multiplier and accelerator, characteristic of the traditional model, is not obtained, although this remains valid for the assumptions made by Samuelson.

The conclusion that we obtain is that the system dynamics is very useful for treating problems where analytical solution becomes very complex.

Keywords: economic cycles, multiplier, accelerator, dynamic systems.

Índice

Introducción	7
1.Ciclos económicos	10
1.1 Características de los ciclos.....	11
1.2 Características de las recesiones.....	12
1.3 Teorías sobre los ciclos económicos	13
2. Modelo del multiplicador y DA	15
2.1 La producción en el modelo del multiplicador.....	16
2.1.1 Equilibrio del ahorro y la inversión	16
2.1.2 El gasto total.....	17
2.2 El multiplicador	17
2.3 Crítica.....	18
3. El principio de aceleración	20
5.1 Principios subyacentes	21
4. Interacción multiplicador y acelerador	23
4.1 Un modelo multiplicador-acelerador.....	24
4.2 Versión de Smith	26
4.3 Crítica al modelo.....	28
5. Dinámica de sistemas	30
6. Resultados de la simulación	35
6.1 Modelo similar al tradicional.....	35
6.2 Inclusión del inventario	41
6.3 Relación capital-output variable	48
6.4 Inclusión del trabajo.....	51
Conclusiones	55
Bibliografía	57
Anexo	59

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del modelo similar al tradicional	36
Figura 2. Bucle del multiplicador.....	38
Figura 3. Bucle del acelerador.....	39
Figura 4. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para un modelo con acumulación de capital	40
Figura 5. Simulación que introduce cambios en los parámetros	41
Figura 6. Diagrama de flujo del modelo que incluye el inventario	43
Figura 7. Bucle capital-inventario.....	45
Figura 8. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para el modelo con acumulación de inventario.....	46
Figura 9. Comportamiento del modelo con acumulación de inventario ante cambios de TSV y TAK	47
Figura 10. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para el modelo con ruido en producción	48
Figura 11. Bucle inventario-producción	49
Figura 12. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) con feedback inventario-producción	50
Figura 13. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para cambios en producción ante valores para TAK y TSV.....	51
Figura 14. Diagrama de flujo del modelo que incorpora el trabajo.....	52
Figura 15. Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) del modelo que incorpora el trabajo con ruido en producción	53

Índice de tablas

Tabla 1. Cambios en la ecuación general ante un aumento de la inversión.. 25

Introducción

Con la realización de este trabajo se persiguen tres objetivos principales. El primero de ellos, quizás el más importante y también el que más horas de trabajo implica por la dificultad que supone, es el aprendizaje de una nueva metodología, no estudiada anteriormente, que es la dinámica de sistemas a través de la utilización del software de simulación Vensim PLE.

Una vez logrado este objetivo, se aplicarán los conocimientos adquiridos a un modelo macroeconómico ya elaborado y conocido, tratando de lograr reproducirlo, que es el modelo del multiplicador-acelerador, desarrollado por Samuelson en 1939 y revisado por W.Low. Tomando como referencia el artículo de W. Low (1976), en el que se ofrece una nueva visión dinámica de este modelo, nos preguntaremos principalmente cuál es la utilidad de la dinámica de sistemas para este tipo de modelos complejos. Se observará que, debido al diferente punto de vista desde el que se analiza el modelo, se obtienen diferentes conclusiones a las del modelo tradicional, destacando que este nuevo modelo refleja mejor la realidad macroeconómica.

Por último, el tercer objetivo consiste en la explotación del modelo, elaborando una estrategia de simulación o, dicho de otra manera, seleccionando las simulaciones más importantes obtenidas a partir del modelo desarrollado.

Para la realización del trabajo y la mejor comprensión del mismo, resultó útil la revisión de la literatura macroeconómica referida al modelo del multiplicador-acelerador de Samuelson, del que se hará mención a lo largo del trabajo, aunque la profundización en los aspectos teóricos no sea un objetivo perseguido con el mismo, sino un soporte utilizado para conseguir un fin, que es el aprendizaje de una nueva metodología y su posterior aplicación.

Además, utilizando esta metodología, la solución analítica al modelo del multiplicador-acelerador no resultaría ya tan necesaria, ya que resulta bastante compleja y se pueden obtener las mismas conclusiones mediante los gráficos obtenidos al realizar las simulaciones, desde el punto de vista de la estructura del sistema y de una manera mucho más visual. Hay que destacar que el método analítico

y la simulación se complementan, pero la simulación resulta sobre todo útil en modelos en los que la solución analítica se vuelve muy compleja. Por ejemplo, en el caso del modelo del multiplicador-acelerador se puede observar esto, ya que el modelo tradicional desarrollado por Samuelson se puede resolver de manera analítica (aunque sería también útil la aplicación de la dinámica de sistemas), pero el desarrollo del modelo propuesto por W. Low, es posible gracias a la dinámica de sistemas, ya que se trata de una estructura en la que el desarrollo analítico se volvería muy complejo.

Para realizar el trabajo, primero se identificó un patrón de comportamiento determinado, característico del modelo del multiplicador-acelerador de Samuelson, que es el comportamiento cíclico. A partir de la identificación de los ciclos económicos, que son la principal conclusión obtenida del modelo tradicional, se seleccionan las variables que formarán el modelo de simulación basándonos en el artículo de W. Low (1976), y se realiza el diagrama de flujo, que refleja las principales relaciones que se dan dentro del sistema. Posteriormente se introducen las ecuaciones, que van a determinar los valores de las variables incorporadas para después realizar las simulaciones.

En cuanto a la estructura del trabajo, se comenzará con una introducción teórica sobre los ciclos económicos, mencionando sus principales características y los principales tipos de teorías que tratan de explicar este fenómeno.

Para comprender mejor la elaboración del modelo, a pesar de no ser el objetivo principal del trabajo, se analizarán brevemente el multiplicador y el acelerador por separado, para después mencionar las principales características del modelo tradicional del multiplicador-acelerador, descrito por Samuelson en 1939, describiendo también la versión realizada por Smith y las críticas realizadas al mismo.

Después de la introducción teórica, se tratarán de lograr los objetivos fijados para el trabajo. Es decir, tras introducir teóricamente la metodología de la dinámica de sistemas, se tratará de reproducir a través de la misma el modelo ya elaborado de W. Low (1976). Se realizarán simulaciones y se elaborará una estrategia de simulación, observando el comportamiento del modelo desarrollado.

La teoría del multiplicador y acelerador es una teoría endógena acerca del crecimiento económico. Define un proceso en el que, una perturbación que se produce exógenamente se expande cíclicamente en la economía, por la combinación del principio acelerador y el multiplicador. La interacción entre estos elementos, según esta teoría, que es de las pocas que se han descrito que logra producir ciclos endógenos, puede producir ciclos regulares de la demanda agregada.

Pero el modelo tradicional ha sido criticado, ya que no tiene en cuenta determinadas variables que son importantes para representar la dinámica del modelo y reflejar mejor lo que ocurre en la realidad. Por este motivo, se va a realizar una revisión del modelo tradicional.

1. Ciclos económicos

La economía no crece de acuerdo a un patrón continuo y uniforme, según demuestran las experiencias económicas históricas. Durante un tiempo de duración suficiente, la producción de bienes y servicios suele tender a aumentar, además del crecimiento, por la mayor disponibilidad de los recursos disponibles, la mejora de la tecnología o el descubrimiento de nuevos recursos. Pero, en torno a esta tendencia, el PIB real y el nivel de empleo suelen estar sujetos a oscilaciones coyunturales pendulares, que son los ciclos económicos. El ciclo económico que caracteriza las economías de mercado, está formado por movimientos de subida y bajada de variables como la producción, inflación o empleo.

Los ciclos económicos son un tipo de fluctuaciones producidas en la actividad económica agregada de los países que organizan su trabajo principalmente en empresas, según Burns (1946). Un ciclo consta de expansiones producidas al mismo tiempo, más o menos, en diferentes actividades económicas, seguidas de recesiones, contracciones y recuperaciones generales, terminando en la fase de expansión del posterior ciclo. La secuencia es recurrente, pero no periódica. Los ciclos duran desde más de uno hasta diez o doce años, sin poder dividirse en ciclos más cortos de carácter y magnitud parecidos.

Al aparecer fluctuaciones económicas de la producción, el ingreso y el empleo nacional, aparecen los ciclos económicos, caracterizados por la expansión (o contracción), que se generalizan en la mayoría de sectores de la economía. Se dividen en dos fases, la recesión y la expansión, siendo los puntos de cambio de los ciclos los cimas y valles.

Un periodo recurrente de declive en la producción, ingreso y empleo total, constituirían una recesión, caracterizada por las contracciones generalizadas que se observan en muchos sectores económicos. Cuando una recesión es mayor, en cuanto a duración y a escala, se produce lo que se conoce como una depresión.

Se denominan ciclos a las fluctuaciones económicas que se producen en el corto plazo, siendo su patrón real irregular, ya que no se pueden encontrar dos ciclos

económicos iguales, lo que no significa que no puedan parecerse entre sí. Cuando un indicador económico fiable prevee, por ejemplo, una recesión, hay determinados fenómenos que se espera que la acompañen.

1.1 Características de los ciclos

Para explicar los ciclos económicos, que son una característica principal del avance de las economías descentralizadas, se debería comenzar tratando de encontrar aspectos que se puedan observar en su evolución a lo largo del tiempo, considerándose así rasgos esenciales de los mismos. Para valorar las diferentes teorías que explican los ciclos, hay que considerar la capacidad que tienen para explicar los rasgos que caracterizan a las fluctuaciones cíclicas en conjunto.

Algunas de las características de los ciclos económicos, según Birch (2009), son que, por un lado, un ciclo económico completo tiene una duración de más de un año (los de menor duración no tienen los rasgos característicos). También, las variaciones son persistentes, ya que cuando empieza una expansión, las fuerzas expansivas tienden a reforzarse durante un tiempo y, cuando comienza una recesión, se suele intensificar durante un tiempo. Por otro lado, a pesar de que los ciclos se repiten, no son periódicos de manera estricta, ya que la duración puede ser desde más de un año hasta diez o doce, y las recesiones no siempre terminan en depresiones. Los periodos de expansión de la actividad económica seguidos de periodos de contracción son característicos de los ciclos, igual que la covariación de un gran número de actividades económicas (no sólo las variaciones de una única variable) o que este fenómeno se produzca en economías descentralizadas.

Sin embargo, aunque no existe un acuerdo sobre los aspectos fundamentales de las fluctuaciones económicas, algunas características sí son irrefutables, según Novales (1999).

Una de estas características es que los ciclos consisten en fluctuaciones del producto y del empleo con alta correlación serial y también alta correlación entre sectores.

Por otro lado, durante el ciclo, la renta, el consumo, la inversión en capital fijo y el empleo, están positivamente correlacionados.

También, la inversión en capital fijo muestra unas fluctuaciones más amplias que las que se producen en el consumo y la renta.

Por último, pesar de no ser aceptado por unanimidad, se suele decir que la inversión en capital fijo es más volátil que la renta y el consumo.

Sobre otras características de los ciclos económicos no existe consenso, pero se podría establecer un orden según el grado de aceptación. En un primer lugar, están las perturbaciones que se producen en la demanda, incluyendo las perturbaciones de tipo monetario, que parecen relacionarse con las fluctuaciones cíclicas (existe una curva de Phillips a corto plazo). El consumo, por otra parte, es menos volátil que la renta, mostrando fluctuaciones menos amplias, a pesar de que existen evidencias en algunas economías que no están de acuerdo con esta afirmación.

El salario real, por otro lado, es pro cíclico de manera ligera, mientras que el empleo, es fuertemente pro cíclico.

Para determinar los rasgos que caracterizan a las fluctuaciones cíclicas existen dificultades ya que, en primer lugar, muchos cambian dependiendo del caso histórico que se analice. Por otra parte, el análisis de las series económicas, necesario para caracterizar las fluctuaciones cíclicas, necesita que las series tengan unas determinadas propiedades estadísticas que no suelen tener, filtrándose antes de poder realizar la estimación de los estadísticos de interés. Estos procedimientos de filtrado tienen elementos arbitrarios diferentes entre sí, por lo que, utilizando procedimientos diferentes, se puede llegar a caracterizaciones diferentes tanto de los ciclos como de sus propiedades. La mayoría de los filtros que se utilizan son procedimientos para extraer la tendencia de la serie, de manera que el ciclo sea el componente que se conserva y así tenga buenas propiedades estadísticas.

Se han ido desarrollando diversos procedimientos para tratar de estimar el ciclo-tendencia de una variable, como el PIB, eliminando a través de dicho filtrado las perturbaciones, con carácter secundario.

1.2 Características de las recesiones

Como se ha mencionado, cuando tiene lugar una expansión o una recesión, se esperan determinados fenómenos acompañándolas. Por ejemplo, en el caso de una recesión, se produce la caída de las compras de los consumidores, mientras que en los inventarios de las empresas ocurre lo contrario, ya que aumentan (hay menos ventas). En las empresas se produce la reacción de limitar la producción, provocando que el PIB real baje. Más tarde, también se produce la caída de la inversión de las empresas.

Por otra parte, disminuye la demanda de empleo, en principio debido a la disminución de la semana laboral promedio, a lo que después siguen despidos y consecuentemente mayor desempleo.

La inflación, por su parte, se va desacelerando mientras se reduce la producción, ya que, al ser menor la demanda de materias primas, su precio baja. Sin embargo, los precios de los servicios y los salarios puede que no disminuyan, pero sí aumenten más lentamente.

En esta situación, los beneficios de las empresas disminuyen. Antes de que se produzca esta situación, también suele producirse la caída de los precios de las acciones, si se intuye la baja económica. En cuanto a la demanda de crédito, se reduce, por lo que en general, los tipos de interés bajan.

Cabe destacar que cada uno de los factores explicados para el caso de una recesión, se mueve en dirección contraria en el caso de una expansión, ya que son imágenes especulares de las recesiones.

1.3 Teorías sobre los ciclos económicos

Según Samuelson (2006), no existe un único término para explicar la producción de los ciclos económicos, pero se pueden clasificar las diferentes fuentes que influyen en ellos en endógenas y exógenas.

Las teorías exógenas indican que las fuentes que influyen en el ciclo se sitúan fuera del sistema económico, en circunstancias como pueden ser el precio del petróleo, guerras, avances tecnológicos...etc.

Las teorías endógenas, a diferencia de las anteriores, indican que existen determinados mecanismos dentro del propio sistema económico que producen los ciclos. En este enfoque, cada expansión va a alentar una recesión y contracción, de la misma manera que más adelante, cada contracción alimenta una expansión, en una cadena que se repite de forma casi regular.

Dentro de las teorías endógenas se encuentra la teoría en la que nos vamos a centrar a lo largo del trabajo: la teoría del multiplicador-acelerador. Esta teoría define un mecanismo en el que, una perturbación exógena, tiende a propagarse en la economía de una manera cíclica, debido a la combinación de la teoría de la inversión llamada principio acelerador y el multiplicador.

Esta teoría, indica que la forma de interaccionar del multiplicador y del acelerador puede producir ciclos regulares de la demanda agregada. Es uno de los pocos modelos descritos que genera ciclos endógenos.

2. El modelo del multiplicador y DA

En este punto se hará una breve explicación sobre el multiplicador keynesiano, para conseguir facilitar la comprensión posterior del modelo. La teoría del multiplicador es una teoría macroeconómica que explica la manera de determinarse en el corto plazo la producción. Se denomina multiplicador debido a que, cada cambio monetario producido en los gastos exógenos, como la inversión, produce un cambio monetario todavía mayor en el PIB. En este modelo se explica la manera en que los choques en inversiones, comercio exterior y políticas de gasto público y fiscales afectan a la producción y el empleo de una economía.

Las hipótesis básicas aplicadas en el modelo del multiplicador, son que los precios y los salarios permanecen fijos, que existen recursos que se encuentran sin emplear, que el papel de la política monetaria es nulo y que los mercados financieros no van a reaccionar ante los cambios económicos que se produzcan.

Dicho de otra manera, el modelo del multiplicador proporciona una forma sencilla de entender el efecto de la demanda agregada sobre el nivel de producción. Para facilitar la comprensión, se explicarán a continuación algunas de las características de la demanda agregada.

La demanda agregada es la cantidad agregada de producto que se compra voluntariamente a un nivel determinado de precios. Es el gasto deseado de los sectores de producción, que son el consumo, la inversión, el gasto del gobierno y exportaciones netas.

La demanda agregada se desplaza tanto al producirse cambios en las políticas macroeconómicas (por ejemplo el gasto del gobierno), como cuando sucesos exógenos hacen variar el gasto (por ejemplo cambios en la producción extranjera).

Por otro lado, la pendiente negativa de la DA se debe a que hay elementos del ingreso o riqueza que no se desplazan cuando sube el nivel de precios. Ocurre cuando

dichos elementos están en términos nominales y al aumentar el nivel de precios, el ingreso real disponible real disminuye, disminuyendo también el gasto en consumo.

Por otro lado, si aumentan los precios siendo la oferta de dinero fija, manteniéndose constante el resto, se produciría la contracción monetaria y, por lo tanto, la disminución del gasto total real.

2.1 La producción en el modelo del multiplicador

A continuación se expondrá brevemente la manera de realizar el cálculo de la producción en el modelo del multiplicador.

2.1.1 Equilibrio del ahorro y la inversión

La función de ahorro indica el ahorro deseado a un determinado nivel de ingreso disponible en cada uno de sus puntos, mientras que cada punto de la función de consumo muestra el consumo deseado a un determinado nivel de ingreso disponible. La suma de ambas funciones es el ingreso disponible, por lo que ambas funciones están relacionadas.

En cuanto a las relaciones entre variables, el ahorro principalmente depende del ingreso disponible, mientras que la inversión depende del producto, tipo de interés, los impuestos y la confianza de las empresas. Para simplificar, la inversión se va a tomar como una variable exógena ya dada.

El punto en el que se cortan las funciones descritas, es el nivel donde el PIB está equilibrado y el punto de gravitación de la producción nacional. Es decir, el nivel de equilibrio del PIB, está en el punto donde el ahorro y la inversión que se han planeado coinciden. Pero no tienen por qué coincidir el ahorro corriente y el ahorro planeado o la inversión corriente y la inversión planeada, ya que se pueden cometer equivocaciones o no hacer una buena previsión, desviándose los valores de estas variables respecto de los planeados.

El ahorro deseado por las familias y la inversión deseada por las empresas no se igualan en otro punto que no sea el de equilibrio. Esto traerá consigo que las empresas varíen sus niveles de producción y de empleo, para conducir a la economía hacia el anterior PIB de equilibrio.

En este modelo, la producción está determinada por la inversión y, el ahorro, responde pasivamente a los cambios producidos en el ingreso. La producción

puede aumentar o disminuir, hasta el momento en que el ahorro planeado se ajusta al nivel de la inversión planeada.

2.1.2 Gasto total

Este enfoque del modelo del multiplicador incluye el gasto total en función de la producción o el ingreso nacional total.

La función de consumo representa el consumo deseado para cada nivel de ingresos. Para obtener el nivel de gasto total deseado, a esta función se le suma la inversión deseada. La curva de gasto total que se obtiene representará el nivel de gasto que los consumidores y las empresas desean, correspondiente a cada nivel de producción. En equilibrio, la economía está en el nivel en el que el gasto deseado en consumo e inversión iguala al nivel de producción total, y nadie está incentivado a cambiar su comportamiento. El nivel de equilibrio de la renta no puede ser uno en el que el gasto total que se ha planeado supere a la producción total, ya que, las empresas querrán aumentar la producción al ver cómo disminuyen sus existencias, ni tampoco uno en el que el gasto total no supere a la producción total, ya que las empresas no desean que sus existencias aumenten de forma indefinida. En este caso, cuando las existencias sufren un aumento no deseado, se trata de reducir la producción.

2.2 El multiplicador

Cuando la función de demanda global se desvía, manteniéndose en el tiempo, aparece un movimiento de la renta y la producción que conducirá a un nuevo equilibrio. Este nuevo equilibrio es superior al nivel de equilibrio original, en un múltiplo de la desviación de la función de demanda global. El valor de este múltiplo es lo que se denomina multiplicador. El multiplicador representa el número por el cual se multiplica la desviación de la función de demanda global, para calcular el cambio producido ante esta desviación del nivel de renta y de producción, necesario para que se pueda establecer un equilibrio nuevo.

Resumiendo, el modelo del multiplicador indica que si se produce un aumento en la inversión, lo que va a ocurrir es que el PIB aumentará en una cantidad mayor o multiplicada que la de esa inversión que produce el aumento. El multiplicador, así, es el efecto de un cambio unitario de los gastos exógenos sobre la producción total. En

un modelo sencillo, el multiplicador iguala a la relación del cambio en la producción total, entre el cambio ocasionado en la inversión.

La definición de multiplicador define los cambios en la producción por unidad de cambio producido en los gastos exógenos, es decir, se toman componentes del gasto que vienen dados desde fuera del modelo.

Cabe señalar que la inversión tiene un efecto multiplicador sobre la producción, igual que lo tendría la política fiscal, ya que las compras del gobierno pueden estabilizar o desestabilizar la producción a lo largo del ciclo.

Cuando la inversión cambia, la producción inicialmente aumenta en una cantidad igual. Cuando las industrias de bienes de capital van adquiriendo ingresos, comienza a producirse una cadena de consumo, gasto y empleo adicionales.

En cuanto al tamaño del multiplicador, va a depender de la propensión marginal a consumir. Se puede expresar en función de su concepto simétrico, que es la propensión marginal a ahorrar. El multiplicador simple, por lo tanto, es la inversa de la propensión marginal a ahorrar, es decir, $\frac{1}{1-PMC}$. Hay que recordar que, según Ackley (1970) este multiplicador expresa la relación que existe entre la cantidad de inversión, que se trata como si fuera autónoma, y el nivel de ingreso. Aunque este multiplicador de la inversión también es el multiplicador del gasto público, llamándose ambos multiplicadores del gasto.

La sencilla fórmula del multiplicador queda por lo tanto de la siguiente manera:

Cambio en la producción = $\frac{1}{PMS}$ *Cambio en la inversión = $\frac{1}{1-PMC}$ *Cambio en la inversión.

2.3 Crítica

Las primeras críticas recibidas tenían que ver con el concepto de multiplicador. Por ejemplo, Haberler (1936) critica a Keynes por, de alguna manera, definir algo como necesariamente cierto e indicar un descubrimiento, cuando la relación es hecha inevitable por definición.

Por otra parte, el modelo del multiplicador, o de consumo-inversión keynesiano, es un análisis estático comparativo, que se pregunta cómo van a ser los niveles de equilibrio del ingreso correspondientes a diferentes niveles dados de la inversión. Pero, expresando el modelo en forma de multiplicador, no es fácil mantener las condiciones estáticas. Es decir, el proceso en el que un aumento del gasto en

inversión de una unidad monetaria hace aumentar el gasto total en dos, no ocurre en un momento sino a lo largo el tiempo. Es decir, a medida que los consumidores ven crecer sus ingresos, aumentan sus gastos; de nuevo se encuentran con que sus ingresos son superiores, por lo que aumentan más los gastos, y así sucesivamente.

Aunque el modelo del multiplicador sencillo influye de manera importante sobre la teoría del ciclo económico, proporciona una imagen muy simplificada de la economía.

Algo muy importante que no tiene en cuenta, es el efecto de los mercados financieros y de la política monetaria sobre la economía o las interacciones entre la economía nacional y el resto del mundo. Por otra parte, sólo analiza el lado de la demanda, apartando el lado de la oferta de la economía, que se representa por la interacción del gasto, la oferta agregada y los precios.

Las relaciones que se han descrito anteriormente están simplificadas, pero mantendrán su validez, aun extendiéndose a la intervención de la política monetaria y el comercio exterior.

Se debe recordar que el análisis del multiplicador es válido cuando existen recursos que se encuentran sin emplear. Si hay exceso de capacidad, un aumento de la DA puede aumentar los niveles de producto, pero si la economía está produciendo a toda su capacidad, no se puede producir la expansión en el caso del que aumente la DA. En este caso, los aumentos de la DA sólo podrían dar origen a precios mayores, pero no a aumentos de producción.

3. El principio de aceleración

Según A. Diulio (1976), la teoría del acelerador de la inversión explica la inversión neta en términos del crecimiento del gasto colectivo.

Es decir, según Saphiro (1975), el principio de aceleración relaciona el cambio del nivel de producción y el volumen del gasto de inversión. El acelerador es lo que se conoce como la relación capital-producto, que es el número de unidades monetarias de capital necesarias para obtener una unidad monetaria de producto por unidad de tiempo. Suponiendo que las empresas mantienen una relación entre su existencia de capital y el nivel colectivo de producción, $K=w*Y$, w es la relación capital-producto o la razón de la existencia deseada de capital al nivel colectivo de producto. Estos cambios afectan a la inversión de reposición y a las adiciones de capital, ya que al disminuir el gasto colectivo, en ese periodo las empresas pueden preferir aplazar las inversiones de reposición.

En el caso de que la economía produzca a capacidad plena, que se corresponde con el stock de capital existente, y la relación entre el producto y el capital sea fija, cualquier aumento de la producción requiere un aumento del stock de capital.

Cuando el acelerador es mayor que 1, el aumento que se necesita del stock de capital debe superar al aumento en producción. Es decir, en la medida en que la demanda de planta y equipo adicional se derive de la demanda de producción, un cambio en la misma con un acelerador mayor que 1, conduce a un aumento aún mayor de la demanda de planta y equipo derivada del cambio, necesario para producir más cantidad de producto.

El principio de aceleración proporciona una explicación de la mayor amplitud relativa de la demanda de bienes de capital, frente a la de los bienes finales en general. Indica que, en ciertas circunstancias, los máximos y los mínimos de la demanda de bienes de capital se producen antes que los de la demanda de producción final, algo observable en muchos ciclos económicos.

Es decir, las bajas de la inversión tienen lugar habitualmente antes de que se inicie la crisis de la actividad comercial. Igual, las alzas en los gastos de inversión, tienen lugar habitualmente antes de que se recupere la actividad comercial.

Algunas objeciones a esta teoría son que, por ejemplo, pueden existir retrasos en las adiciones de capital, porque la formación de capital es cuestión de tiempo o por la acumulación de pedidos en las productoras de bienes capitales. También puede ocurrir que la inversión de reposición y la inversión neta se basen en expectativas a largo plazo y no en las variaciones corrientes del producto. Por último, puede ocurrir que los progresos tecnológicos aumenten o disminuyan la cantidad de capital necesario para un nivel de producto específico.

3.1 Principios subyacentes

Para que funcione el principio de aceleración descrito es imprescindible que se de un supuesto: que el stock de planta y de equipo existente sea plenamente usado. Si por ejemplo, tuviese lugar un aumento de la demanda de producción, no se necesitaría incrementar la demanda de bienes de capital si las empresas tienen ya exceso de capacidad para atender este aumento. Según el volumen del excedente de capacidad, la inversión neta puede ser cero o incluso negativa, frente al aumento producido en la demanda. Es decir, en ese momento, dado este supuesto, puede ser que la inversión iguale a la del momento anterior o incluso caiga.

Este supuesto puede cumplirse para determinadas empresas, pero es raro que se cumpla para la economía en conjunto. Se acercará más al cumplimiento en los últimos estadios de la fase de expansión del ciclo económico, que es cuando la demanda presiona frente a la capacidad.

Otro supuesto, relacionado con el anterior, es que las empresas aumenten su capacidad para atender a todo crecimiento que se produzca en la demanda. Es decir, los empresarios serían autómatas: aumentan o disminuyen la inversión respondiendo a aumentos o disminuciones de la demanda. En la práctica, aún cuando el capital opere a plena capacidad, los empresarios tratarán de aumentar la producción, aprovechando la planta y equipo existentes, a no ser que crean que el aumento de la demanda vaya a ser permanente.

La expansión de capital puede parecer justificada pero también no ser del todo necesaria para atender aumentos de la demanda, siendo probablemente ya suficiente para atender al aumento anticipado de la demanda durante futuros años. La expansión

de los servicios de capital para afrontar aumentos de la demanda a corto plazo, puede ser antieconómica y hasta tecnológicamente imposible, dependiendo de la industria.

Otro supuesto, el de un acelerador constante, es necesario pero irreal. Aunque las empresas pudiesen ajustar automáticamente el stock de capital a cambios de la demanda actual, la relación capital-producto no sería constante. Puede ser que el aumento de la demanda en un momento se produzca en industrias con una tecnología con alta relación capital-producto, pero en otro momento se de en la producción de industrias en las que dicha relación es baja. Es decir, aún sin producirse cambios tecnológicos, la respuesta de la inversión a un aumento de la demanda de producción final, depende de la distribución del aumento entre los bienes de las distintas industrias, con distintas relaciones capital-producto.

Aquí aparece otra limitación. Para el conjunto de la economía, separando por industrias, puede darse la inversión sin crecer la demanda de producción final. A través del principio de aceleración, una redistribución de una demanda total entre los bienes disponibles, puede traer consigo el aumento de la inversión neta en industrias que tengan ese aumento de demanda, mayor que la desinversión de las que tengan disminución de demanda, ya que, la desinversión en una industria no puede superar a la tasa a la que se gastan los servicios de capital.

Sin duda, las decisiones empresariales referidas al gasto en servicios de capital en parte dependen de las variaciones producidas en las ventas de sus productos. Es decir, el principio de aceleración es uno de los factores que explican las fluctuaciones de la inversión, aunque no existe consenso sobre que sea la explicación del gasto en inversión, debido a estas limitaciones.

4. Interacción multiplicador-acelerador

Según Dernburg (1969), el principio de aceleración establece una relación causal entre los cambios en el producto y el nivel de inversión. Para construir una teoría completa del ciclo, hay que explicar cómo afectan al producto los cambios en inversión, lo que viene dado por el multiplicador. Por ejemplo, una perturbación podría forzar a la renta a aumentar, lo que induciría la inversión y por lo que, mediante el multiplicador, aumentaría más la renta. Dicho aumento daría lugar a inversión inducida, la renta subiría otra vez y así sucesivamente en un proceso dinámico acumulativo. Como la propensión marginal es menor que 1, el proceso puede ser autolimitativo y generar sus propios puntos de giro. Es decir, una vez la inversión alcanza un nivel determinado, la renta no aumenta más. Como se puede producir un nivel de renta constante con un capital constante, la inversión neta bajaría y entonces el ciclo comenzaría a ir hacia abajo.

Al producirse la interacción de la teoría keynesiana con las antiguas teorías de flujos de negocios, “se aportan razones, en virtud de las que, las fluctuaciones de la actividad económica durante un ciclo de negocios, podría transmitir impulsos cíclicos hacia el futuro” (Andréu, 1991, p. 85)

Si se produjese un cambio en la renta, Y , la inversión de un periodo, será diferente a la inversión del periodo anterior, tal y como lo establece el principio de aceleración. Por su parte, un aumento o disminución del nivel de inversión, va a afectar en periodos siguientes a Y , de una forma que está determinada por el análisis del multiplicador. Además, cualquier cambio que se produzca en el nivel de renta de un periodo al periodo siguiente, a través del principio de aceleración, va a afectar a la inversión del periodo siguiente. Por lo tanto, como Samuelson demostraba, es posible que se lleve a cabo una secuencia interminable de cambios de la renta, producción, consumo e inversión debido a la forma en que se interrelacionan el multiplicador y el principio de aceleración.

4.1 Un modelo multiplicador-acelerador

Un posible modelo del multiplicador-acelerador, puede sintetizarse en el hecho de que, “un aumento autónomo de la demanda va a dar lugar a una serie de cambios de renta en periodos subsiguientes, siendo cada vez menores a medida que se aproximan a un nuevo equilibrio”. (Brooman, 1978, p.355)

Bajo unos supuestos determinados, cambios que se den en la renta Y , van a provocar una demanda de inversión a través del acelerador. Así, cada etapa del proceso del original multiplicador darán lugar a una etapa nueva de inversión, que pone en marcha a otro multiplicador, el cual a su vez originará demanda de inversión adicional que creará nuevos efectos multiplicadores, y así sucesivamente. A través de esta interacción, la renta experimentará un mayor aumento que el que habría alcanzado si el multiplicador actuase solo.

Hay diferentes grupos de funciones posibles para la inversión que contienen el principio de aceleración. La utilizada por Samuelson (1939), sólo aplica el acelerador al cambio de la producción de bienes de consumo, $C_t - C_{t-1}$, quedando de esta manera la función de inversión como $I_t = I_a + w(C_t - C_{t-1})$.

Otra posible función de inversión sería la función con desfase, $I_t = I_a + w(C_{t-1} - C_{t-2})$. Esta opción, aunque no es utilizada por Samuelson, parece la mejor, ya que el aumento del gasto en el periodo actual producido respecto al gasto en el periodo anterior, puede dar lugar a que las empresas decidan ampliar su inversión. Pero el gasto de inversión no puede darse a la vez con la aparición del aumento del gasto correspondiente, por lo que esta función proporciona un intervalo de tiempo entre la decisión de invertir y el momento en que se da el gasto en inversión.

En cuanto a la función de consumo, también hay varias funciones posibles. La función no desfasada $C_t = C_a + cY$, supone que el consumo de cada periodo depende, tanto del consumo autónomo como de la renta de ese periodo. Indica que los consumidores ajustan el gasto a los cambios de renta de forma tan rápida como ocurre el cambio.

La función de consumo desfasada $C_t = C_a + cY_{t-1}$ supone que el consumo de cada período depende del consumo autónomo del mismo periodo y de la renta del periodo anterior. Proporciona un intervalo entre el momento en que se recibe la renta y el gasto que el receptor de la misma decide hacer.

Para mostrar la interrelación entre el multiplicador y el principio de aceleración, se van a utilizar el par de funciones utilizadas por Samuelson. Se utiliza la función de consumo $C_t = C_a + cY_{t-1}$ y la función de inversión $I_t = I_a + w(C_t - C_{t-1})$.

La renta y la producción de un periodo, en este caso, es igual a la suma del consumo y la inversión del mismo periodo, es decir, $Y_t=C_t+I_t$. Sustituyendo, la ecuación general quedaría como $Y_t=C_a+cY_{t-1}+I_a+w(C_t-C_{t-1})$.

En esta ecuación, la renta y producción global de un periodo iguala a la suma del consumo autónomo C_a y la inversión autónoma I_a , añadiéndole una cantidad adicional de consumo que depende de la propensión marginal a consumir c , por la renta del periodo anterior, y una cantidad adicional de inversión que depende de la relación capital-producto (o acelerador w) por el cambio dado en el consumo entre en el periodo actual y el periodo anterior. Sabiendo el valor de C_a e I_a para un periodo, el de C para el periodo actual y los anteriores, y dados los valores para c y w , se podría determinar la renta y la producción para cualquier periodo, sustituyendo Y en la ecuación general, como se muestra en la tabla 1.

Periodo	Consumo Autónomo C_a	Consumo Inducido $c(Y_{t-1})$ $c=0,7$	Inversión Autónoma I_a	Inversión Inducida $w(C_t-C_{t-1})$ $w=1,6$	Renta y producción Y
t-2	10	77,0	40	0	110,0
t-1	10	77,0	40	0	110,0
t	10	77,0	50	0	120,0
t+1	10	84,0	50	11,2	155,2
t+2	10	108,64	50	39,42	208,06
t+3	10	145,64	50	59,21	264,85
t+4	10	185,39	50	63,60	309
t+5	10	216,29	50	49,44	325,74 (M)
t+6	10	228,02	50	18,76	306,78
t+7	10	214,75	50	-21,23	253,52
t+8	10	177,46	50	-59,66	177,8
t+9	10	124,46	50	-53,00	131,46
t+10	10	92,02	50	-32,44	119,58 (m)
t+11	10	83,71	50	-13,30	130,41
t+12	10	91,28	50	12,12	163,40
t+13	10	114,38	50	36,96	211,34
t+14	10	147,94	50	53,69	261,63
t+15	10	183,14	50	56,33	299,47
t+16	10	209,63	50	42,38	312,01 (M)
t+17	10	218,41	50	14,04	292,45

Tabla 1: Cambios en la ecuación general ante un aumento de la inversión.

Fuente: Saphiro (1975)

Suponiendo como dados que $PMC=0,7$ y el acelerador= $1,6$, si aumenta la inversión I_a 10 unidades en el periodo t , manteniéndose en los periodos siguientes, se producirían cambios, observados en la tabla 1. Por una parte, el consumo inducido en

el periodo t depende de la renta en el periodo $t-1$, que en este caso iguala a la renta del periodo $t-2$, por lo que el consumo inducido permanece como en $t-1$ en 77. Por su parte, la inversión inducida, en el periodo t , depende del cambio producido en C entre los periodos t y $t-1$, que es cero, así que también la inversión inducida es cero. El aumento en la renta y producción en t es igual al aumento de la inversión autónoma, es decir, de 10. Al aumentar la renta de 110 en $t-1$ a 120 en t , el consumo inducido ahora aumenta de 77 en t a 84 en $t+1$ y la inversión inducida aumenta a 11,2. Podrían seguirse en el cuadro los demás cambios en el consumo inducido, inversión inducida y el nivel de renta.

Observando la tabla 1, la renta aumenta hasta un máximo, producido en el momento $t+5$, para después caer a un mínimo en $t+10$, volver a un máximo en $t+16$ y así continuaría hasta llegar a otro mínimo.

Resumiendo, el cambiante del nivel de renta y de producción muestra fluctuaciones cíclicas. Es decir, un aumento (permanente) de la inversión autónoma a una mayor tasa (pero constante) en el periodo actual y los posteriores, teniendo en cuenta el acelerador en la función de inversión, no significa que la renta y la producción suban a un nivel superior en el que se restablece el equilibrio, sino que se pueden producir fluctuaciones cíclicas, sin restablecerse el equilibrio.

Si se continuase más periodos, se descubrirían más ciclos en los que la amplitud se va reduciendo. Si no hay perturbaciones, (como cambios en C_a o I_a) estos ciclos desaparecerían con el tiempo y la renta se estabilizaría en un nivel de equilibrio que vendría dado por el multiplicador.

Cabe destacar que c y w se toman como constantes, por lo que este resultado de ciclos amortiguados, se obtiene de los valores indicados en la tabla 1, pero valores diferentes proporcionarían otros resultados.

4.2 Versión de Smith

El modelo del acelerador-multiplicador de Smith (1970), utiliza 3 ecuaciones:

$$Y_t = C_{t-1} + I_{t-1} + C_{t-1} \quad [1]$$

$$C_t = cY_t \quad [2]$$

$$I_t = K_t - K_{t-1} = a(Y_t - Y_{t-1}) \quad [3]$$

Donde K es el capital, Y el output, I la inversión, G el gasto del gobierno, que es una cantidad fija y, a y c, los parámetros constantes.

En esta versión, el tiempo está dividido en periodos finitos de duración indefinida. La primera ecuación muestra que la producción en el periodo t iguala al gasto en el periodo anterior de tiempo. El retraso es un periodo, entre el momento en el que el gasto agregado ocurre y el momento en el que se da la producción estimulada por dicho gasto.

En la segunda ecuación, el consumo es una proporción constante de los ingresos corrientes, implicando una constante propensión marginal al consumo, que es un promedio de los ingresos, según la terminología keynesiana.

El modelo, como ya se ha explicado, tiene un retardo en el cual los empresarios producen en el periodo t una cantidad igual a sus ventas en el periodo anterior t-1. Se supone que se desea tener unas unidades monetarias determinadas de capital por cada unidad monetaria de venta del anterior periodo y que por tanto siempre se contrata en una cantidad de la inversión suficiente. Es decir, $K_t = a \cdot \text{ventas}_{t-1} = a \cdot Y_t$, donde K es el stock de capital e Y es el producto nacional bruto.

Según esto, la función de inversión se obtiene como:

$$I_t = K_t - K_{t-1} = KD_t - K_{t-1} = a \cdot Y_t - a \cdot Y_{t-1} = a \cdot (Y_t - Y_{t-1}), \text{ en la que } KD \text{ y } K \text{ son siempre iguales.}$$

Combinando ecuaciones, el modelo del multiplicador-acelerador se expresa como una ecuación diferencial de segundo orden para Y (PNB): $Y_t = (c+a)Y_{t-1} - a \cdot Y_{t-2} + G$

Según el valor de las constantes (a y c), la renta puede aumentar ilimitadamente, moverse hacia el equilibrio, mostrar convergencia estable u oscilaciones divergentes sobre el nivel de equilibrio de Y.

Las ecuaciones descritas anteriormente utilizadas por Samuelson eran:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad [1] \text{ (restricción presupuestaria)}$$

$$C_t = C_a + cY_{t-1} \quad [2]$$

$$I_t = I_a + w(C_t - C_{t-1}). \quad [3]$$

$$\text{Sustituyendo: } Y_t = C_a + cY_{t-1} + I_a + w(C_t - C_{t-1}) + G_t.$$

La última ecuación indica que la acumulación de capital se basa en el cambio actual en el consumo, donde w es la relación entre la inversión privada y el actual periodo de cambio en el consumo, mientras que la constante "a", en la versión de Smith, indica que esa relación es entre el capital y el output total, no sólo los bienes de consumo.

Hay que destacar que en los dos modelos las ecuaciones colapsan en una ecuación diferencial de segundo orden con dos coeficientes constantes.

4.3 Crítica al modelo

Una de las principales críticas que se hacen al modelo tradicional de Samuelson es que los procesos dinámicos reales reflejan el principio de conservación, que indica que las tasas de flujo se acumulan en stocks físicos. Por ejemplo, el capital fijo, representa la acumulación de los flujos netos de inversión.

Durante el crecimiento económico, las adiciones al capital superan a los descartes, incrementándose así el stock de capital. En un típico ciclo de negocios (de 3 a 7 años), los inventarios productivos y otros stocks crecen y decrecen respondiendo a variaciones en los flujos van integrándose en el tiempo.

Estas acumulaciones influyen después en las tasas de los flujos, mediante variaciones de información y canales de decisión. Por ejemplo, una acumulación de capital fijo que sea excesiva no fomentará sucesivas inversiones, mientras un exceso en los inventarios puede conducir a la reducción de la producción, lo que hará aumentar los inventarios y también los envíos, provocando que se agoten los inventarios.

En el caso del modelo tradicional del multiplicador-acelerador, éste trata de explicar el comportamiento del desequilibrio ignorando la acumulación dada cuando la economía se encuentra en desequilibrio. Por ejemplo, la renta o transferencia del poder de compra a los factores de producción, la producción o creación de bienes y servicios, y las ventas, son distintos conceptos con valores iguales cuando el sistema está en equilibrio, pero no en desequilibrio.

La producción se diferencia de las ventas en que se debe acumular para poder conservar los flujos físicos mediante el canal de producción-distribución. Por eso se necesita un nivel de inventario, para poder desacoplar esas dos tasas de flujo diferentes. Si no aparece el inventario, el modelo del multiplicador-acelerador no tiene en cuenta la dinámica de los procesos, importantes para explicar los ciclos de negocios. Es decir, si se da un aumento de la demanda, los inventarios bajan y la producción debe aumentar más que proporcionalmente al aumento de la demanda, reparando así la balanza entre inventarios y ventas.

Pero esto no sólo ocurre con el inventario, sino que también el modelo falla por no conservar los flujos de inversión en un nivel de capital.

La ecuación de la producción del modelo descrito anteriormente indica la producción en el momento t , sin tener en cuenta el capital y la capacidad de producir. Sin embargo, el modelo implica una relación entre la capacidad productiva y el output: la relación capital-output (o coeficiente "a").

Al no existir restricción en la inversión, el capital igualará siempre la cantidad deseada. La disponibilidad de los inventarios de bienes de capital, afectará a la inversión y también a la acumulación de la capacidad productiva.

El modelo debe tener en cuenta el stock de capital para reflejar el impacto dinámico de un cambio en la demanda en el comportamiento del sistema y también hay que tener en cuenta la conservación de los flujos de inversión, para describir los procesos reales de la acumulación de capital hasta la obsolescencia.

El modelo tradicional representa la inversión neta, con valor nulo en equilibrio. Un modelo más realista deberá incorporar procesos asimétricos en los que el capital crezca o decrezca, ya que, en un alza cíclica, el capital acumula la diferencia positiva entre las entradas netas y los descartes y en una baja, la salida de capital se limita por la depreciación del mismo.

Aunque los elementos centrales del modelo de Samuelson se mantienen, el modelo tiene además otros defectos, según Westerhoff (2006). En primer lugar, no es capaz de producir ciclos económicos duraderos. En segundo lugar, empíricamente, los valores observados de sus parámetros implican que la trayectoria de la renta nacional es inestable. Por último, el modelo deja de lado las expectativas. Las expectativas no forman parte del objetivo del trabajo, pero es interesante señalar que Westerhoff, centrándose en el papel que tienen en la variabilidad del producto las expectativas, concluye que el estado de ánimo de los inversores puede estimular fluctuaciones de la producción.

5. Dinámica de sistemas

Según Forrester (1968) la dinámica de sistemas se entiende como una metodología para entender el cambio, utilizando las ecuaciones en diferencias finitas o ecuaciones diferenciales. Representando estos procesos, se puede analizar la dinámica del conjunto de los estados disponibles por el sistema, lo que es el principal tema de la simulación.

Es ante situaciones complejas en las que hay un número incierto de parámetros difíciles de cuantificar cuando, según Martín (2003), se puede acudir a modelos menos formales que los utilizados cuando nos enfrentamos a una realidad con parámetros limitados y cuantificables, pero que nos permiten una visión más estructurada del problema, de sus aspectos críticos y de sus posibles soluciones.

Del modelo de Samuelson, en su versión tradicional, se puede concluir un determinado patrón de comportamiento derivado de la interacción del multiplicador y del acelerador, que son los ciclos económicos. Para analizar dicho comportamiento cíclico, se va a utilizar la dinámica de sistemas, ya que se asume que el comportamiento cíclico observado está generado de forma endógena a partir de la estructura del propio modelo, más que de forma exógena a partir de sucesos externos que no se pueden controlar.

Esto, de alguna manera, implica conocer el modelo macroeconómico desde el punto de vista teórico, ya que resulta interesante para poder elaborar y comprender mejor el diagrama causal y, posteriormente, el diagrama de flujo que se van a elaborar, que son una representación de las variables que se van a utilizar para realizar la simulación, así como las principales ecuaciones, que van a determinar los valores de estas variables que se incorporan al modelo. Cabe destacar que el estudio teórico del modelo es un soporte que se utiliza para poder utilizar la nueva metodología aprendida que se emplea en este trabajo, pero no es uno de los principales objetivos que se persiguen con el mismo.

A partir de la identificación del patrón de comportamiento y el conocimiento del modelo desde el punto de vista teórico, se realiza el diagrama de flujo, que representa

las principales relaciones que aparecen entre las variables e influyen en el comportamiento del modelo. Para realizar el diagrama, hay que tener en cuenta los diferentes tipos de variables que se pueden incorporar al modelo de simulación. En primer lugar nos encontramos las variables nivel, que son aquellas variables que acumulan magnitudes en el tiempo, representando la conservación del modelo, la dinámica, o el paso del tiempo. Se podrían representar de la siguiente manera.

$$\text{Nivel}(t) = \int_0^t (\text{Input}(\theta) - \text{Output}(\theta))d\theta + \text{Nivel}(0)$$

Es decir, estas variables nivel están determinadas por otras variables que se acumulan en ellas, las variables flujo, que son las que producen los cambios en las variables nivel.

También cabe mencionar las variables auxiliares, que son las variables que reciben y a su vez también proporcionan información al modelo a través de una determinada función, ya sea a otras variables auxiliares, o a variables flujo o nivel. Es decir, “a menudo, las variables auxiliares se introducen para facilitar la comprensión y proporcionar mayor claridad al modelo, representando idealmente las ideas del modelador” Weber (2010).

Por último están los parámetros, o constantes, que no están representadas por ninguna función, ya que tienen un valor que está determinado exógenamente. Hay que destacar que los parámetros son muy útiles para efectuar análisis de sensibilidad del modelo y así poder observar inmediatamente las consecuencias de dichos cambios¹. Es decir, se trata de un modelo vivo, con el que se puede experimentar, preguntándonos lo que puede ocurrir en el comportamiento interno del modelo ante cualquier cambio en sus parámetros, que se determinan de manera exógena al sistema.

A partir de la selección de las variables, se lleva a cabo la formulación de las ecuaciones, que van a determinar los valores que tendrán las variables que se incluyeron en el diagrama causal y el diagrama de flujo. En este caso, se tomarán como referencia las ecuaciones, expresadas en dynamo², del artículo de W. Low (1976), para poder llevar a cabo las simulaciones, adaptando dichas ecuaciones a las funciones disponibles en el software de simulación que se emplea.

Como se ha explicado anteriormente, se partirá de un modelo parecido al original, al que se irán añadiendo variables, por lo que se han incluido en el anexo las

¹ Para efectuar este tipo de análisis se utiliza la funcionalidad **SyntheSim** incorporada en Vensim.

² El Dynamo es el lenguaje desarrollado por el grupo de Jay Forrester en el MIT en los años 70 del pasado siglo, para programar los modelos de dinámica de sistemas. Pugh (1976)

ecuaciones del último modelo realizado, ya que contiene, salvo alguna excepción, tanto las ecuaciones de este último modelo como de los anteriores.

Cabe señalar que hay determinadas hipótesis que subyacen a la utilización de la metodología de la dinámica de sistemas.

Por un lado, las interdependencias existentes entre las diferentes variables que forman el modelo desarrollado, pueden proporcionar una explicación a los diferentes comportamientos que se pueden observar en las simulaciones que se llevan a cabo.

También es importante la existencia de bucles de realimentación con retardos temporales que, desde el punto de vista sistémico, pueden producir los comportamientos cíclicos dentro del modelo. Es decir, sería una explicación endógena al comportamiento cíclico que se produce dentro el sistema, indicando que se produce a partir de una estructura subyacente de bucles de realimentación, siendo más importante dicha estructura subyacente endógena o producida a través del sistema, que los sucesos que puedan afectar al modelo, determinados exógenamente y que son difícilmente controlables.

Se puede intuir de manera sencilla que los bucles de realimentación indican la manera en que se pueden relacionar dos o más variables, de forma que una afecta a la siguiente, que a su vez afecta a la siguiente, y así sucesivamente hasta llegar a la última, con la que se cierra el bucle, ya que ésta vuelve a tener influencia en la primera, mediante una serie de causas y efectos encadenados. Es decir, se trata de variables que tienen entre sí relaciones causales constitutivas de complejas redes de retroalimentación.

Cuando el bucle de realimentación es positivo, al cambiar una de las variables, el efecto se expande en el bucle reforzando la variación del principio, aunque hay que tener en cuenta que este efecto puede tener unos determinados límites y no expandirse indefinidamente. Lo que sucede con estos bucles positivos, es que suelen provocar la desestabilización del sistema, ya que, ante el cambio de alguna de las variables integrantes del bucle positivo, no se trata de realizar ajustes para corregir el comportamiento que aparece en el bucle.

Sin embargo, los bucles de realimentación negativos provocan, ante el cambio de una variable, un efecto que contrarresta el cambio del principio, buscando el equilibrio. Dicho de otra manera, cuando se produce un cambio en alguna variable de un bucle de realimentación negativo, se produce una reacción que trata de contrarrestar el efecto que produce dicho cambio.

En general, las estructuras causales que reflejan problemas reales forman una compleja combinación de bucles positivos, negativos, con retardos entre las variables y sus efectos, y relaciones no lineales entre las mismas.

Hay que destacar la presencia de retardos, que representan el tiempo que transcurre entre el momento en que tiene lugar una causa y el momento en el que tienen lugar los efectos que ésta misma provoca. Si dichos retardos tienen lugar en bucles de realimentación positivos, el efecto es diferente a si se producen en bucles de realimentación negativa, ya que en estos últimos pueden dar lugar a comportamientos cíclicos. Es decir, como ya se ha explicado, los bucles de realimentación positivos implican, aunque con unos determinados límites, crecimiento exponencial, por lo que los retardos no tienen un efecto especialmente significativo en éstos, tan sólo que no se produzca el efecto de forma tan rápida como se podría esperar. Pero en los bucles de realimentación negativos sí tienen un efecto importante, ya que, ante cambios en las variables integrantes del bucle de realimentación negativo, como se ha explicado, se produce una reacción tratando de corregir el comportamiento, buscando así el equilibrio. Si, debido al retardo, se reacciona con mayor lentitud como respuesta a los cambios que se producen en las variables que integran el bucle negativo, se produce el comportamiento cíclico.

Por último, los retardos pueden ser de información (existen muchos canales del sistema con retroalimentación de información) o materiales. La principal diferencia que existe es que los retardos de información alisan el valor del input, mientras que los materiales también disminuyen la amplitud.

Por último, cabe señalar que no en todos los casos las relaciones entre las variables son lineales, lo que complica bastante la solución analítica, siendo en este caso muy útil, en mi opinión, la aplicación de la dinámica de sistemas, ya que se pueden analizar estas relaciones más complejas de manera más sencilla. La manera de representar las relaciones no lineales en Vensim es a través de las variables lookup. En la función que representa la lookup se puede incorporar fácilmente, dibujándolo en un eje de coordenadas, el gráfico que representa la relación entre las variables, lo cual facilita bastante el tratamiento de este tipo de relaciones.

Una vez aprendida la metodología que se va a utilizar, descrita anteriormente, que sí es uno de los principales objetivos que se persigue con este trabajo, se realizarán diferentes simulaciones, basadas en el artículo de W. Low (1976). Hay que destacar que el objetivo del trabajo es lograr reproducir las soluciones a las que se llega en este artículo, aplicando la metodología aprendida durante la realización del trabajo.

De manera resumida, en primer lugar, se va a representar un modelo similar al modelo tradicional del multiplicador-acelerador de Samuelson. Posteriormente, se realizarán simulaciones con modelos alternativos, que van incorporando nuevas variables, representando con ellas de mejor forma la realidad macroeconómica. Esto se puede hacer debido a la metodología empleada, ya que si no se utilizase, sería muy complejo añadir esta estructura nueva al modelo tradicional y solucionarla analíticamente.

Se va a observar a través de los gráficos obtenidos de las simulaciones, que las conclusiones que se obtienen con el artículo de W. Low, son diferentes a las obtenidas por Samuelson en lo que se refiere a los modelos que se añaden, aunque sí coincide en el caso del modelo tradicional. Es decir, las conclusiones de Samuelson siguen siendo válidas para los supuestos que se hacen en el modelo tradicional, pero al tratar el modelo del multiplicador-acelerador desde un punto de vista diferente y más amplio, se observa que las conclusiones cambian a medida que cambia el modelo.

6. Simulaciones

A partir de la descripción de la metodología de la dinámica de sistemas aprendida, que se ha introducido en el punto anterior, se procederá al análisis de los modelos y de la utilización de los mismos mediante las simulaciones realizadas.

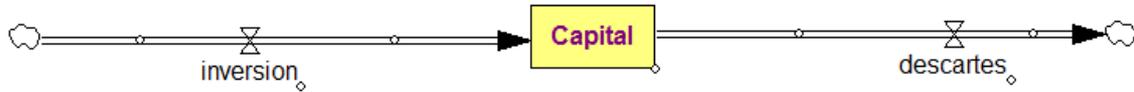
6.1 Modelo similar al tradicional

La primera simulación que se va a realizar parte de un modelo que podría ser una buena representación del modelo del multiplicador-acelerador de Samuelson original. En esta versión, Samuelson presenta un modelo en el que sólo se tiene en cuenta la variable nivel capital. Es decir, en este modelo no se tiene en cuenta la variable nivel inventario que aparecerá más adelante, la cual es fundamental, ya que permitiría la acumulación de la diferencia entre variable flujo producción y las variables flujo consumo, gasto del gobierno e inversión. Una de las características que hay que resaltar de las variables nivel, es que tienen un papel importante como aislantes de las variables flujo entre sí, ya que, los cambios que se van produciendo en una variable se transmiten progresivamente a la otra y no de manera brusca, al asumir la variable nivel parte de ese cambio, funcionando de alguna manera como un amortiguador. En este caso, la variable nivel "inventario", aislaría a la producción del consumo, de manera que, no toda la producción se llegue a consumir, sino que una parte quede guardada, o bien para un consumo futuro o para usos alternativos.

Al no tener en cuenta la variable nivel inventario en el modelo, se está considerando que la producción siempre es suficiente para poder atender las necesidades de la demanda, o lo que es lo mismo, el valor de la producción coincide con el de las ventas. La variable ventas se incorpora a la estructura del modelo, por lo que ya no se hace necesario incorporar la variable producción en este caso.

Como ya se ha mencionado, en este primer modelo, tan sólo hay una variable nivel, el capital, que acumula las diferencias entre la inversión y los descartes. Se

supone que el comportamiento cíclico tiene el punto de partida en este diagrama representado por el capital:



En el diagrama de flujo de la figura 1, se explican los flujos de información o las variables auxiliares que influyen en cada una de estas dos partes del diagrama representado por el capital. Explicando estos flujos de información, se hacen más visibles las relaciones existentes entre las variables y se facilita la comprensión de las ecuaciones del sistema.

Como las relaciones que se dan entre las variables del sistema se pueden observar en el diagrama de flujo, y las ecuaciones que determinan los valores de estas variables están descritas en el anexo, tanto en este modelo como en los posteriores, se realizará una explicación de las variables más importantes y también menos intuitivas, para así poder facilitar tanto la comprensión de los modelos que se describen como de la metodología empleada para su elaboración y aplicación.

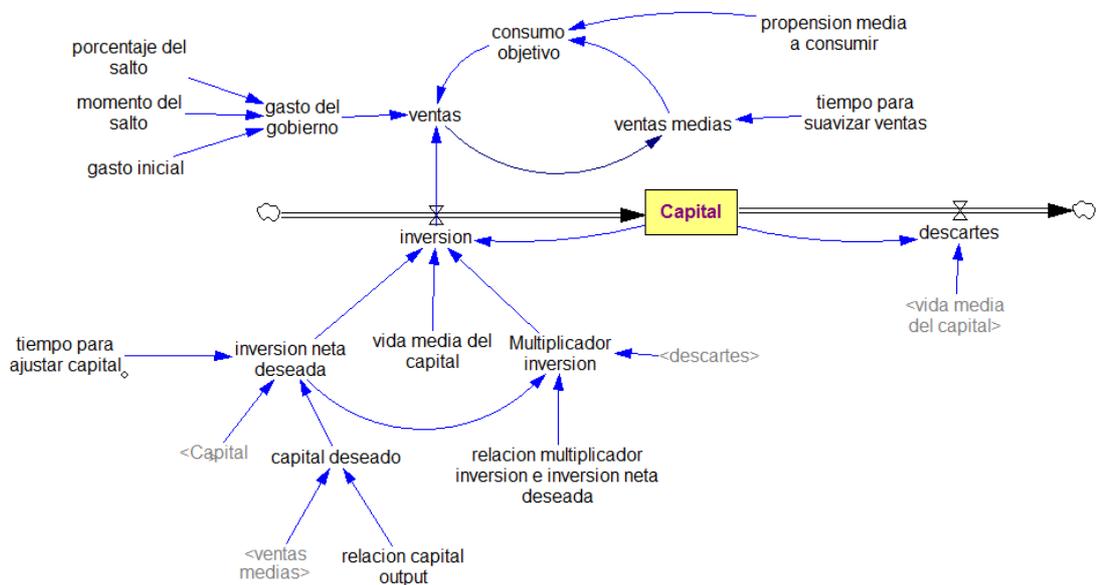


Figura 1: Diagrama de flujo del modelo similar al tradicional

Una parte importante del diagrama de flujo son las ventas medias. Para estimar estas ventas medias en el periodo actual, se consideran los datos de las ventas en el

periodo anterior, adaptado con el cambio que se produce durante el intervalo. La diferencia entre las ventas y las ventas medias implican un cambio. Cuanto mayor es dicha diferencia, es evidente que mayor es el cambio de las ventas en relación con las ventas medias, y por lo tanto, mayor será la adaptación del consumo objetivo y la inversión, que son las variables que se ven afectadas por la variable ventas medias.

La velocidad de la adaptación es un factor importante, ya que puede tratarse de cambios temporales y que, de esta manera, no sean necesarios ajustes en la variables consumo objetivo e inversión, o no. Por eso aparece en el diagrama la variable “tiempo para suavizar las ventas”. Si ese tiempo es bajo, la adaptación es rápida y si es alto, la adaptación es gradual. La adaptación en este caso se va a extender a lo largo de dos meses.

Para representar las ventas medias, se utilizará la función de Vensim SMOOTHI, con la ecuación: $SMOOTHI(\text{ventas}, \text{tiempo para suavizar las ventas}, 1000)$, siendo 1000 el valor inicial de las ventas medias. Esta función representa un alisado exponencial, lo que significa que se no sólo se tienen en cuenta los cambios de las ventas en el corto plazo, sino también los cambios duraderos, a través de un promedio ponderado de los datos pasados de las ventas. Es decir, se utilizan medias ponderadas en lugar de simples, ponderando con un valor más alto las observaciones que están más cerca al momento del tiempo en el que se hace la previsión, y con valor más bajo aquellas que están más lejos.

Por otro lado, hay que mencionar la diferencia que existe entre el valor real de las variables nivel y el valor que se desea de las mismas, ya que no tienen por qué coincidir. De hecho, no suelen coincidir y, cuando esto pasa, es cuando se pone en marcha el ajuste necesario.

Para saber con qué urgencia se tiene que realizar el ajuste, que en este caso se realizaría sobre la inversión, cuando difieren los valores de la variable nivel con sus valores deseados, es decir, del capital deseado y el capital, aparece la variable “tiempo para ajustar capital”, que se fija en dos meses.

Es importante la diferencia que existe entre las variables descritas “tiempo para suavizar las ventas” y “tiempo para ajustar capital”, que en un principio pueden parecer iguales. La variable “tiempo para suavizar las ventas” indica cuándo se decide el cambio de los objetivos que se quieren conseguir y, por otro lado, el “tiempo para ajustar capital” indica la velocidad con la que se quiere ir llegando a dicho objetivo. Es decir, puede ser que decidamos cambiar el objetivo que queremos conseguir rápidamente, pero nos acerquemos a él más lentamente (siendo más prudentes), o

que, cambiemos el objetivo al que queremos llegar más lentamente y lleguemos a alcanzarlo de manera rápida.

Cabe destacar, por otro lado, que la inversión bruta no puede ser negativa, pero la inversión neta sí puede ser negativa, cuando el valor del capital supera al del capital deseado. Aquí, la variable multiplicador de la inversión actúa como un límite. Cuando la inversión neta deseada es negativa, se activa la influencia de este multiplicador, que permanece desactivada cuando la inversión neta deseada es cero o positiva.

El multiplicador de la inversión es una variable lookup, que como se ha explicado, incluye en su ecuación un gráfico, que representa la relación no lineal que existe entre la inversión neta deseada y los descartes. Tanto este multiplicador como los siguientes que aparezcan en las restantes simulaciones, establecen “límites” en las variables, ya que, como indica la noción de multiplicador descrita anteriormente en el trabajo, cada cambio que se produce en los gastos, como pueden ser la inversión o el consumo, dará lugar a un cambio aún mayor en términos monetarios en el PIB (que en este modelo estaría representado por la producción, ya que esta variable es la suma del consumo, la inversión y el gasto del gobierno, a la que se resta el valor del inventario).

Por otro lado, en el caso de este modelo, existen dos bucles de realimentación positivos importantes dentro del funcionamiento del sistema. Como ya se ha comentado, en los bucles positivos, el efecto se expande en el bucle reforzando la variación del principio, tendiendo a desestabilizar el sistema.

Por un lado, hay un bucle positivo, el del multiplicador, que aparece en la figura 2, ya que el consumo objetivo depende de las ventas medias, que a su vez se ven influenciadas por el valor de las ventas del periodo anterior, que a su vez determinan su valor dependiendo en parte del consumo objetivo.

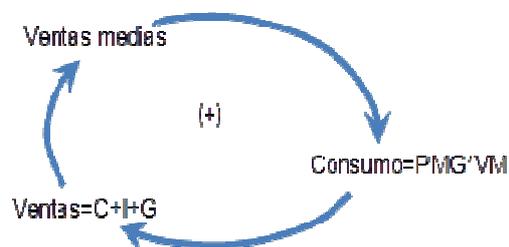


Figura 2: Bucle del multiplicador

Fuente: W. Low (1976)

Por otro lado, existe otro bucle positivo, el del acelerador, que aparece en la figura 3, ya que la inversión influye en las ventas, que dependen de las ventas medias, las cuales dependen del capital deseado, que a su vez influye en la inversión.

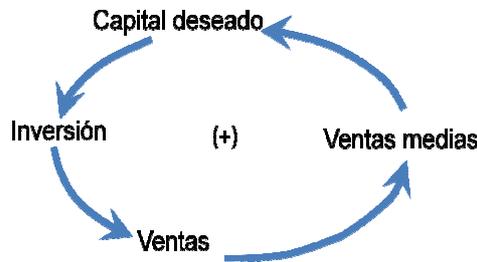


Figura 3: Bucle del acelerador

Fuente: W.Low (1976)

Como se ha mencionado anteriormente, los comportamientos cíclicos se producen por la existencia de retardos que afectan a los bucles de realimentación negativos. En el caso de este modelo, es la interacción de estos dos bucles positivos la que provoca el comportamiento cíclico que se verá en el gráfico de la simulación realizada. Estos dos bucles están relacionados, ya que la variable “ventas medias” forma parte de ambos bucles. La ganancia alrededor del bucle del multiplicador, que es menor que uno, a diferencia de la ganancia alrededor del bucle del acelerador, que es mayor que uno, hace que se active la realimentación negativa, produciéndose así el comportamiento oscilatorio. En cuanto a la ganancia alrededor del bucle, cogiendo un punto cualquiera del bucle de realimentación, ésta es mayor que uno cuando el efecto que se produce como respuesta al cambio inicial supera a dicho efecto inicial, provocando el crecimiento exponencial que caracteriza a los bucles de realimentación positivos. Si ocurre lo contrario, la ganancia alrededor del bucle es menor que uno, lo que ocurre en este caso, y el bucle positivo se vuelve negativo. Es decir, por ejemplo, ante un aumento del gasto del gobierno, crece el consumo y las ventas, pero dicho crecimiento del consumo es cada vez menor, aproximándose al equilibrio.

Para realizar la simulación, hay que apartar al modelo del equilibrio, ya que en este punto, las variables serían constantes. Por eso, se incluye un salto en el gasto del gobierno, que es una variable exógena o no determinada por la estructura del modelo. Este salto se produce en el primer periodo y es del diez por ciento, por lo que implica un aumento del gasto por un valor de 20, ya que el valor del gasto inicial es 200.

Las conclusiones que se obtienen en la simulación, mostradas en la figura 4, son las que Samuelson obtiene con el modelo tradicional. Es decir, aparece el comportamiento cíclico, excediéndose las variables de su valor en equilibrio, además de que, como se observa, es notable la periodicidad de las oscilaciones, siendo además el periodo de oscilación mayor que los periodos que caracterizan a los ciclos de negocios del corto plazo, que son de 3 a 7 años.

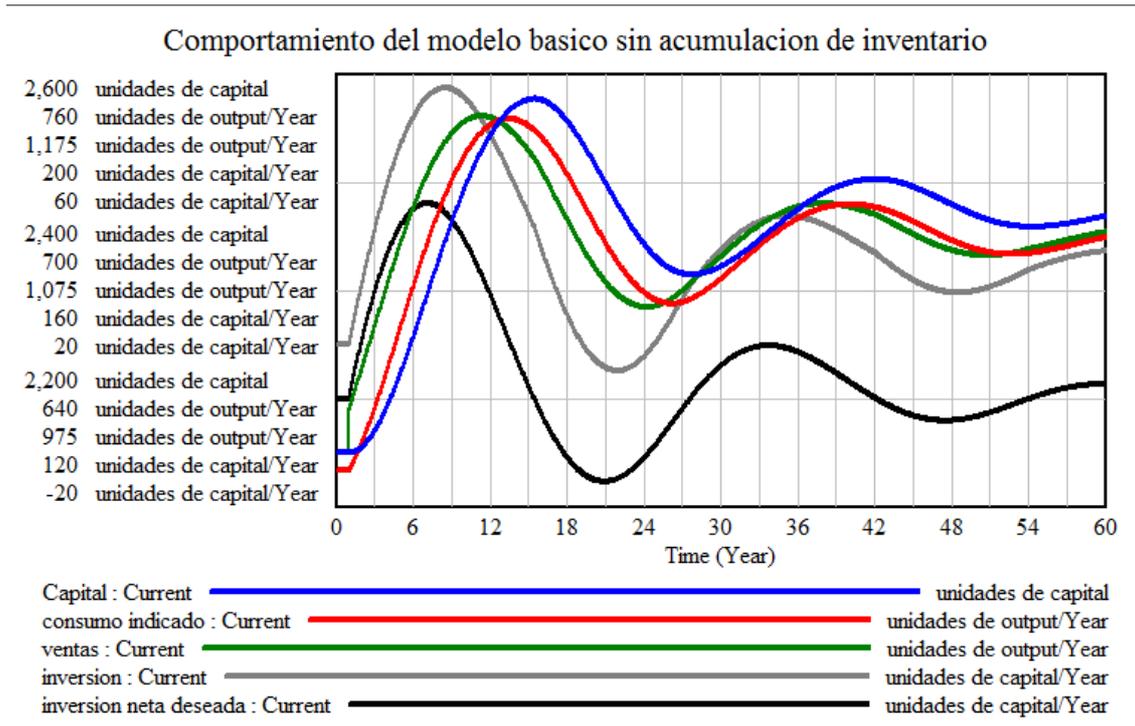


Figura 4: Reproducción de la simulación realizada por W. Low (1976) para un modelo con acumulación de capital.

El gráfico de esta primera simulación es una reproducción fiel de la simulación realizada por W. Low en el artículo tomado como referencia, cumpliendo uno de los objetivos del trabajo que se formulaban. Pero se puede experimentar para observar que ocurriría con el comportamiento del modelo ante determinados cambios en las variables constantes. De esta manera, se pueden ilustrar también los conceptos explicados en este punto.

En la siguiente simulación, ilustrada en la figura 5, introducimos por una parte, un cambio en el tiempo para ajustar el capital, haciendo que ahora tenga un valor de 3. Se puede observar que, como se ha explicado, las oscilaciones son menos pronunciadas. Esto es debido a que esta variable que pasa de tener un valor de 2 a 3, indica que la velocidad a la hora de realizar el ajuste ahora es más lenta.

También se ha introducido un cambio en el momento del salto que se produce en el gasto del gobierno. En este caso, el salto tiene lugar en el momento 10. Así, se puede observar cómo, antes de este salto, el modelo está en equilibrio, representando un gráfico plano. La simulación se consigue apartando al modelo de este equilibrio mediante la introducción de este salto en el gasto del gobierno.

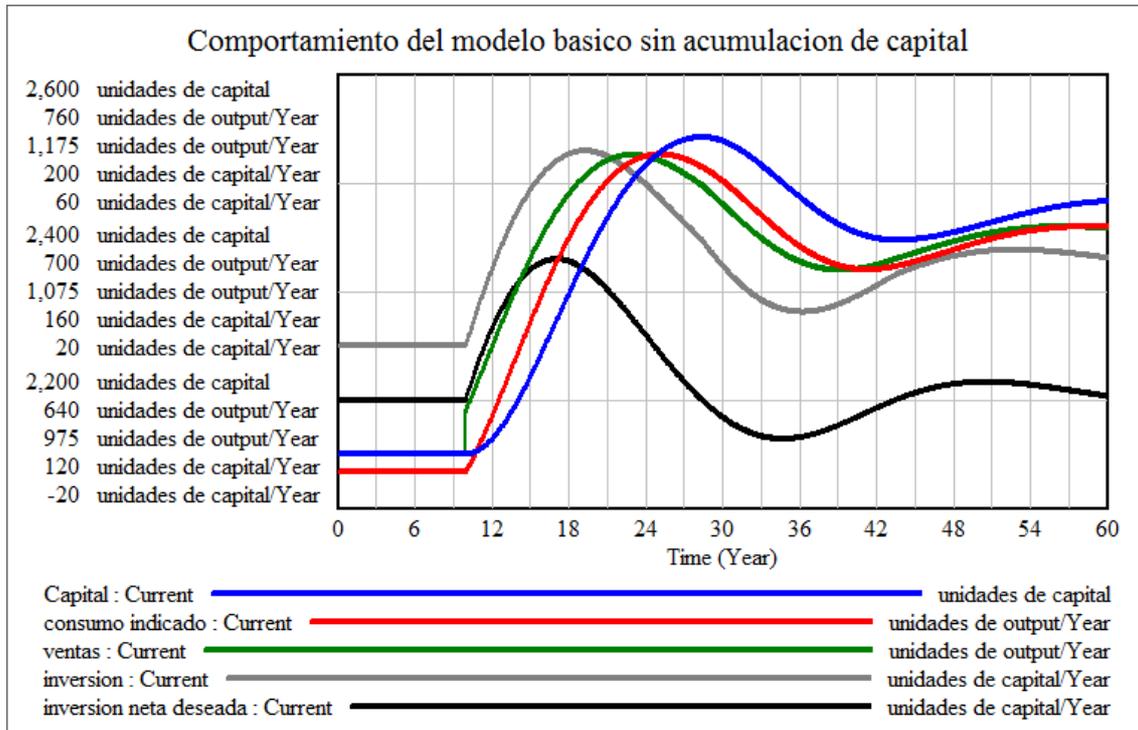


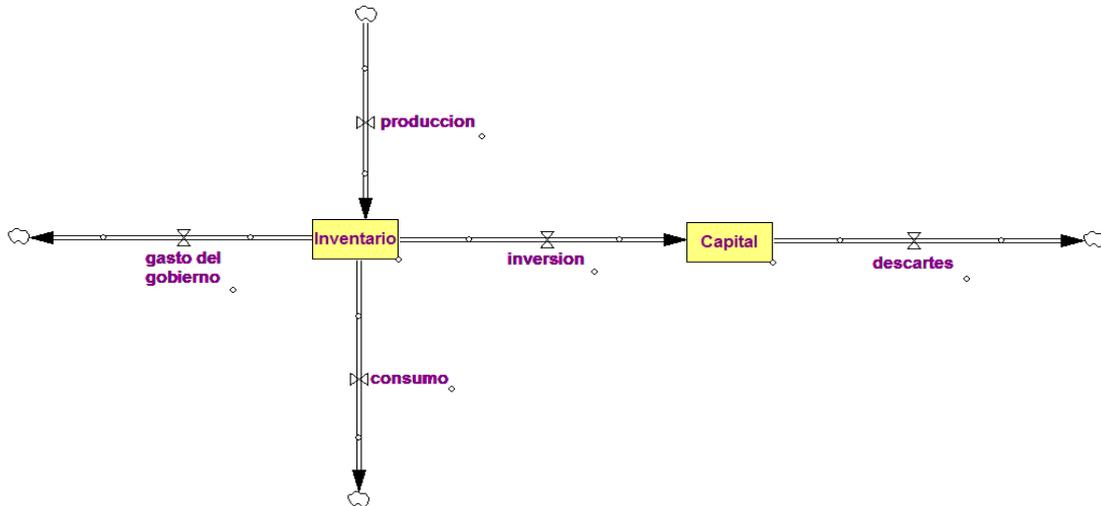
Figura 5: Simulación que introduce cambios en los parámetros

De esta manera se puede mostrar la utilidad de la dinámica de sistemas que, además de permitir el desarrollo de modelos complejos, permite realizar simulaciones que se mantienen vivas cambiando los valores de los parámetros del sistema y observando lo que ocurre ante estos cambios.

6.2 Inclusión del inventario

La segunda simulación que se va a realizar incorpora otra variable nivel además del capital, que es el inventario. El inventario acumula la diferencia entre la producción y el consumo (que ahora aparece como variable flujo en lugar de variable auxiliar), el gasto del gobierno y la inversión. Es decir, ahora la producción no tiene por qué coincidir con las ventas, por lo que sí aparece en el diagrama de flujo, proporcionando mayor realismo al modelo, ya que no siempre estas variables son iguales y además, el

papel del inventario es fundamental como aislante de la producción del consumo. Es decir, aísla a la producción del consumo y sus cambios, conservando parte de la misma para una posterior aplicación. El punto de partida ahora, es el siguiente diagrama representado por el inventario y el capital, que ya aparecía en el apartado anterior:



A partir de aquí, como en el modelo anterior, en cada parte, con el objetivo de hacer más visibles las ecuaciones, aparecen los flujos de información o variables auxiliares que tienen influencia en cada una de las partes del diagrama que se acaba de describir. Estos flujos de información se pueden observar en el diagrama de flujo que aparece en la figura 6.

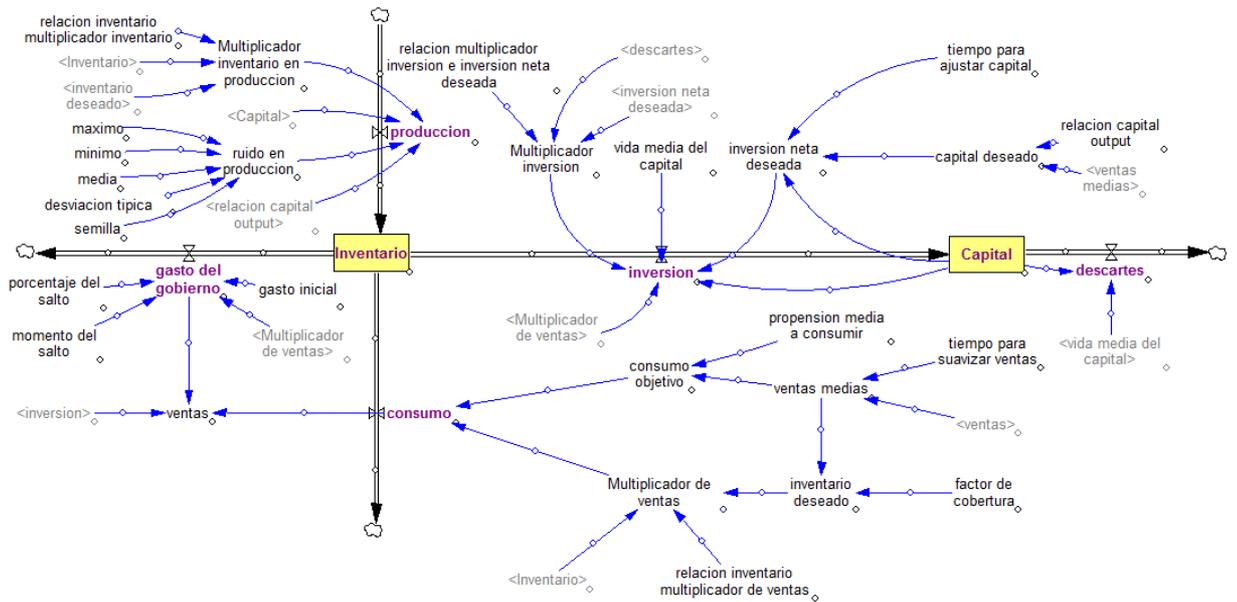


Figura 6: Diagrama de flujo del modelo que incluye el inventario

Hay que mencionar, como se hizo con el capital en el apartado anterior, la diferencia que puede existir entre el valor real de la nueva variable nivel “inventario” y el valor que se desea de ésta, ya que no tienen por qué coincidir y, cuando esto ocurre, se pondría en marcha el ajuste necesario. Para saber con qué urgencia se tiene que realizar el ajuste, que en este caso se realizaría sobre la producción, cuando difieren los valores de la variable nivel con sus valores deseados, es decir, en este caso, del inventario deseado y el inventario, aparece la variable “tiempo para suavizar las ventas”, que se fija en dos meses.

En este nuevo modelo, hay que destacar varias partes importantes, como se hizo en el caso anterior.

En primer lugar, vamos a comenzar describiendo la producción. Para representar la incertidumbre alrededor de esta variable, se incluye en el diagrama una función ruido, que está representada por una distribución normal que genera números aleatorios. Es decir, aún a pesar de que se puede hacer una aproximación de la cantidad que se desea producir o de la que se consumirá, no siempre se sabe con certeza si dicha producción prevista va a ser acertada, o si tendrán lugar sucesos que le afecten o la modifiquen de alguna manera. Hay que destacar que los números aleatorios se generan a través de una función random normal con un valor inicial para la semilla del generador de 123456³. Es decir, según la semilla que se utilice en la

³ Este valor es relevante para explicar las diferencias respecto al artículo original.

simulación, se generarán números aleatorios diferentes, o dicho de otra forma, para poder obtener siempre los mismos números aleatorios, se debe utilizar la misma semilla. Es por esto que, al desconocer el valor de la semilla aplicada por W. Low (1976) en el artículo utilizado como referencia, los gráficos de la simulación no coinciden exactamente.

La función ruido, habitualmente, no influye de manera significativa en la evolución del modelo, ya que normalmente tiene mucha más influencia la estructura interna del sistema que las perturbaciones aleatorias. En el caso de esta segunda simulación ocurre esto, ya que la distribución normal permanece con media 1 y desviación típica 0, sin afectar de esta manera al modelo.

También hay que destacar en cuanto a la producción, la influencia del multiplicador del inventario en la producción. De nuevo aparece la noción de multiplicador a través de una variable lookup. En este caso, este multiplicador no está incluido en la estructura del modelo básico, pero sí se utilizará para simular en este apartado y el siguiente. El gráfico que incorpora representa la relación no lineal entre el inventario y el inventario deseado, que en este caso es igual a uno en todos los puntos. Lo que hace este multiplicador es ajustar la producción al nivel del inventario, es decir, indica a la producción cómo actuar en función de la evolución de la variable nivel "inventario".

Por otra parte, aparece también otro nuevo multiplicador, que es el multiplicador de la disponibilidad de ventas, que influye tanto en el gasto del gobierno como en el consumo y la inversión. Esta nueva variable lookup incluye un gráfico que representa la relación no lineal que se da, de nuevo, entre el inventario y el inventario deseado. Ahora, en este nuevo modelo, el inventario y el capital se relacionan a través de un flujo de bienes terminados, siendo el capital la variable que determinará la capacidad tanto de producir, como de reponer el inventario. De esta forma, se relaciona la capacidad actual con la producción de mayor capacidad, significando este multiplicador que, como es lógico, la acumulación del capital, cuando el inventario no es suficiente, se restringe. Lo mismo ocurriría con el gasto del gobierno y el consumo.

En cuanto a la existencia de bucles, en este modelo nuevo, en el que se incluye la variable nivel inventario, se puede observar un bucle positivo importante, que aparece en la figura 7, en el que el capital influye en la producción, que a su vez influye en el inventario, y éste, por último, vuelve a influir sobre la inversión. Este bucle positivo quiere decir que, el capital, ahora, se ajusta dependiendo del inventario, es decir, si el inventario no es suficiente, el capital no se ajusta a niveles mayores. Por ejemplo, si el

inventario disminuye, también lo hace la inversión, y por lo tanto también se produce la disminución (o menor aumento) del capital. Esto hace que disminuya también la producción, y por lo tanto, el inventario no va a aumentar.

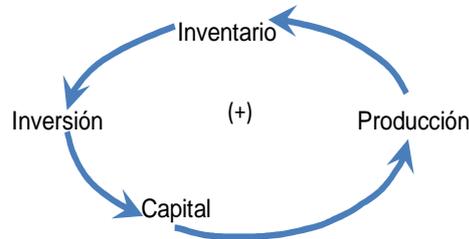


Figura 7: Bucle capital-inventario

Fuente: W.Low (1976)

Por otro lado, también hay bucles negativos entre el inventario y los componentes de las ventas, que son el consumo, gasto del gobierno e inversión. Como ya se ha explicado, la existencia de bucles negativos implica una reacción y hace que el sistema se estabilice, lo que se observará más adelante en la simulación.

Para realizar la segunda simulación, se vuelve a incluir un salto en el gasto del gobierno del diez por ciento, para apartar al sistema del equilibrio.

Ahora, como se puede observar en la simulación de la figura 8, no se producen ciclos económicos, ya que, por un lado, el bucle positivo descrito, hace que se produzca la bajada que se observa en el gráfico, debido a que en el bucle positivo antes descrito, acaba ocurriendo que, para sustituir el capital depreciado, la inversión no llega, lo que hace que se aparten de sus valores iniciales tanto el capital como la producción.

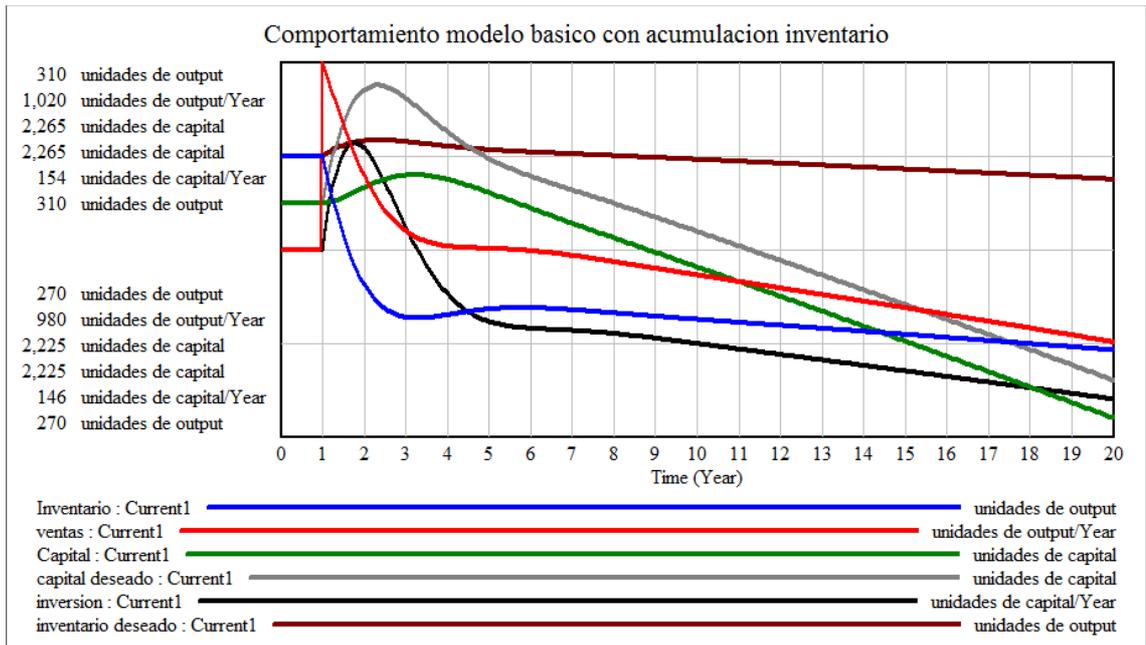


Figura 8: Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para el modelo con acumulación de inventario.

En este caso, si se experimenta con las variables constantes del modelo, se puede comprobar en la simulación de la figura 9, que cuando el “tiempo para ajustar el capital” y el “tiempo para suavizar las ventas” tienen valor de 1 a la vez, se puede dar el comportamiento cíclico. Pero este valor, implicaría una velocidad de ajuste muy rápida en los objetivos que se desean y en la velocidad a la que se quiere llegar a ellos, lo cual no tendría mucho sentido, ya que, las decisiones de inversión, que es una variable muy importante, no se decide en tan poco tiempo ni en función de los últimos datos de los que se dispone.

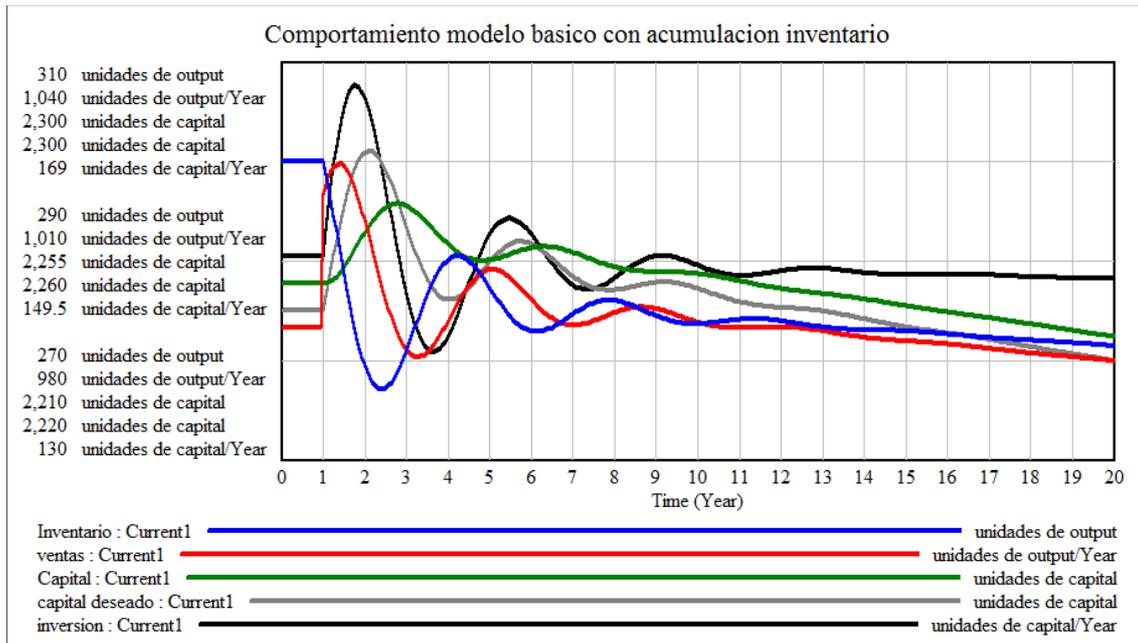


Figura 9: Comportamiento del modelo con acumulación de inventario ante cambios en TSV y TAK

En la siguiente simulación que se va a realizar, en lugar de incluir un salto en el gasto del gobierno, lo que se va a hacer es activar la influencia del ruido, cambiando la desviación típica del mismo a 0,05. En este caso, el ruido sí tendría influencia en el sistema, dando lugar a fluctuaciones de largo plazo en el capital, como se observa en la figura 10. Como ya se ha mencionado, la semilla es la que determina los números aleatorios que se generan a través de la función random normal. En este caso, no conocemos los utilizados por W. Low, por lo que los gráficos no coinciden, a pesar de mantenerse las conclusiones.

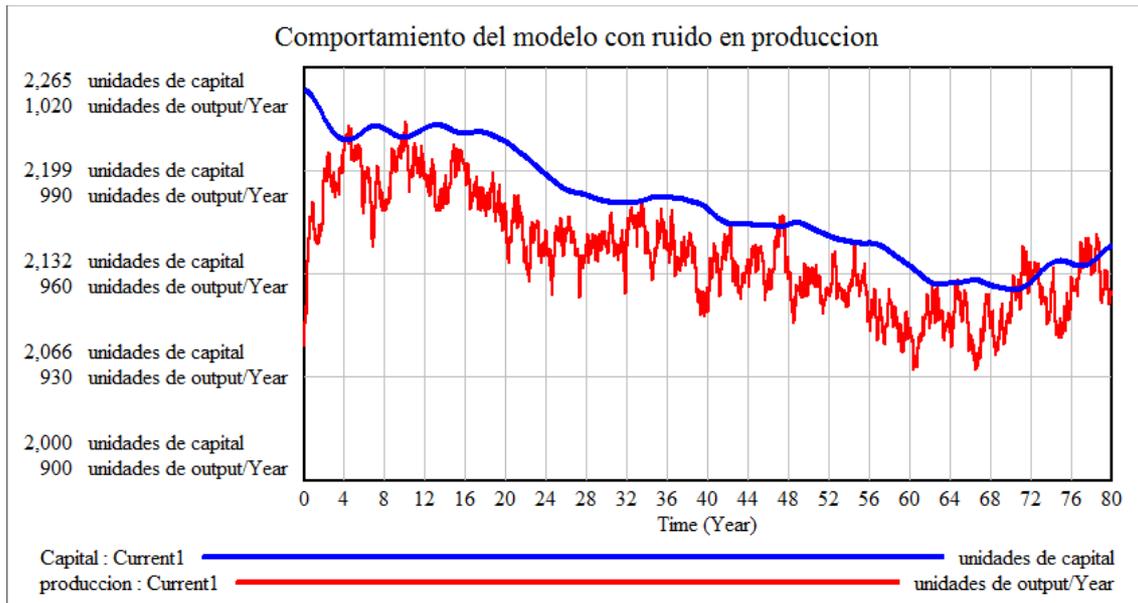


Figura 10: Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para el modelo con ruido en producción

En esta tercera simulación, si parece que se acorta la frecuencia del sistema y se ve amortiguado el comportamiento, pero la periodicidad sigue siendo mayor que la característica de los ciclos del corto plazo.

6.3 Relación capital-output variable

En esta nueva simulación, el diagrama de flujo coincide con el utilizado para realizar las dos anteriores simulaciones en el apartado anterior, pero se introduce un cambio, ya que el multiplicador del inventario en la producción, que antes tenía un gráfico con forma constante e igual a uno para la relación no lineal que describe entre el inventario y el inventario deseado, ahora tiene pendiente negativa, lo que hace que aparezca realimentación negativa en el bucle del inventario-producción, descrito en la figura 11.

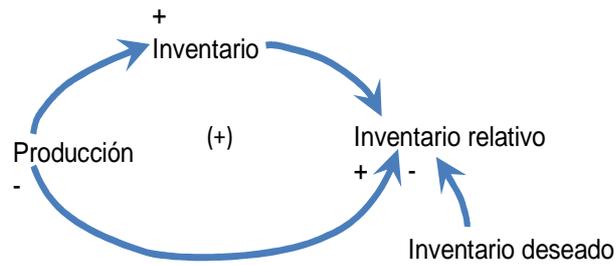


Figura 11: Bucle inventario-producción

Fuente: W.Low (1976)

En las anteriores simulaciones, se suponía una relación capital-output constante, lo que quería decir que existía una relación fija entre el capital y el resto de los factores productivos que se utilizan en la producción, como puede ser, por ejemplo, el trabajo. Ahora, en esta nueva simulación, no sólo se producen cambios en la producción ante cambios en el capital fijo, sino que esta variable puede cambiar respondiendo a variaciones en otras variables distintas del capital fijo.

Ahora, el acelerador o, lo que es lo mismo, la relación capital-output, no va a producir todo el ajuste que se necesita ante una disminución del inventario, que haga que se fomente la producción, ya que existen, como ya se sabe, otras maneras más rápidas de producir este ajuste, como por ejemplo, mediante la contratación de trabajo.

Los resultados que se obtienen de la simulación, en la figura 12, muestran que, por un lado, como ya se ha mencionado anteriormente, la inversión se limita si el inventario no es suficiente, mientras que la producción, que aumenta ante un inventario insuficiente, crece más rápido y ayuda así a reducir la diferencia entre el inventario y el inventario deseado. Más adelante en la simulación, como se observa en el gráfico, se acercan las variables al equilibrio.

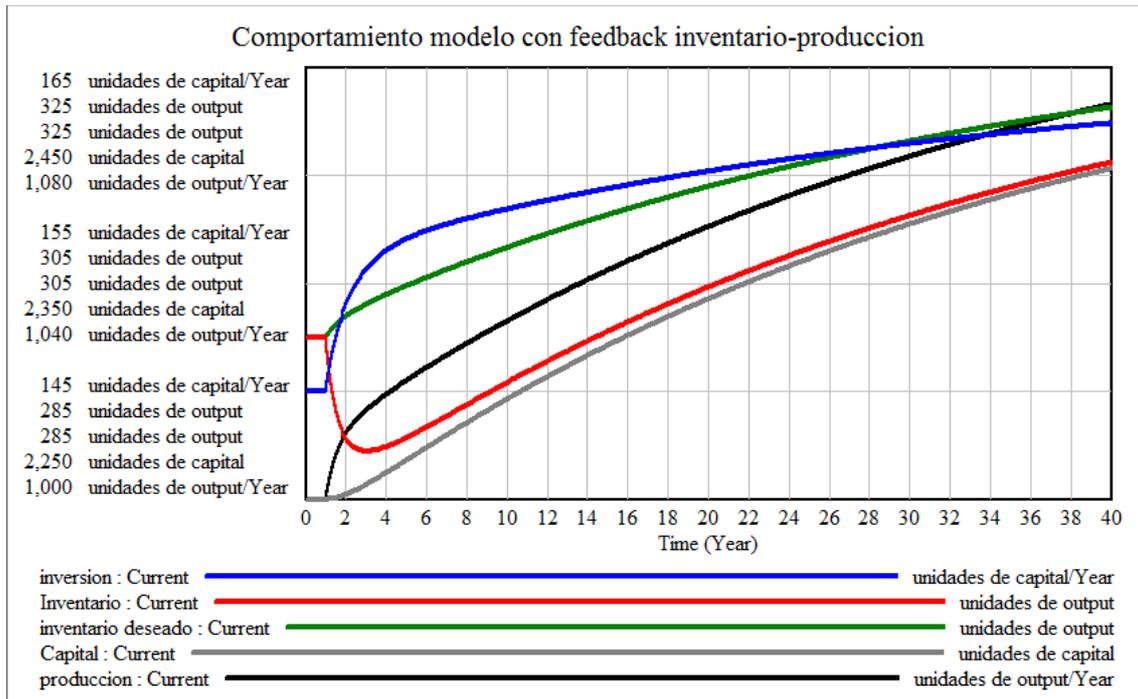


Figura 12: Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) con feedback inventario-producción

Ahora, se puede volver experimentar con el modelo a través de las constantes “tiempo para ajustar capital” y “tiempo para suavizar las ventas”, como se observa en la figura 13. A medida que se reducen, se puede llegar antes al nivel de equilibrio, pero no se muestran ciclos hasta que ambas tienen un valor de 0,50, el cual es un valor corto dado el modelo que se está describiendo, ya que, como se ha dicho, sería un valor que implicaría velocidad a la hora de realizar ajustes que no se corresponde con la realidad de la toma de decisiones. A pesar de eso, ahora sí se consigue la periodicidad de los ciclos económicos de corto plazo, una característica que en las anteriores simulaciones no se lograba reproducir.

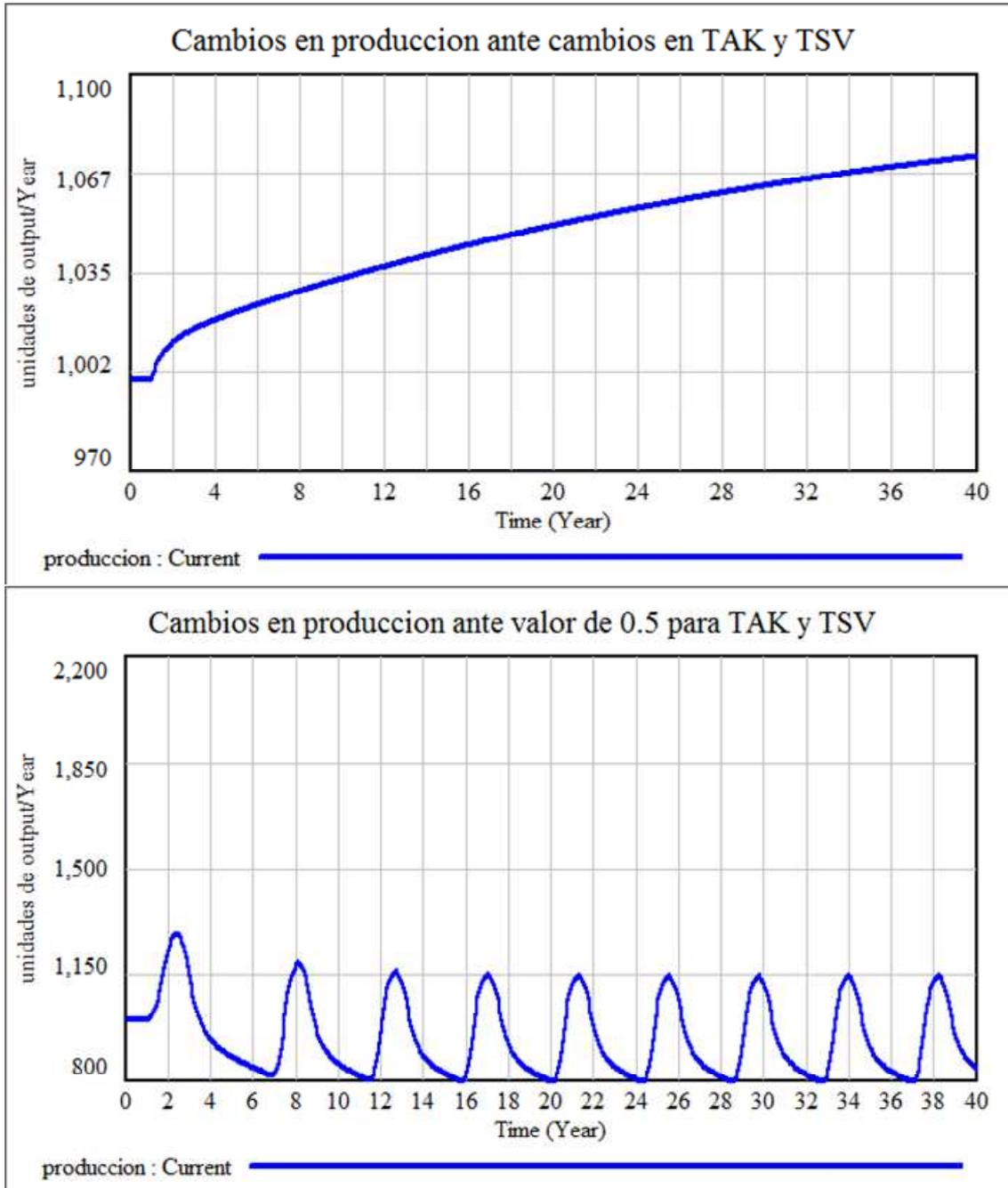


Figura 13: Reproducción de la simulación realizada por W.Low (1976) para cambios en producción ante valores para TAK y TSV

6.4 Inclusión del trabajo

Como se ha mencionado en el anterior punto, el trabajo se puede ajustar independientemente del capital para fomentar la producción.

En este caso, el diagrama de flujo, mostrado en la figura 14, es el mismo que el de los dos apartados anteriores, pero se añade al diagrama del que parten estos

apartados, formado por el inventario y el capital, un nuevo diagrama formado por una nueva variable nivel, el trabajo, que acumula la diferencia entre las entradas y salidas de trabajo.

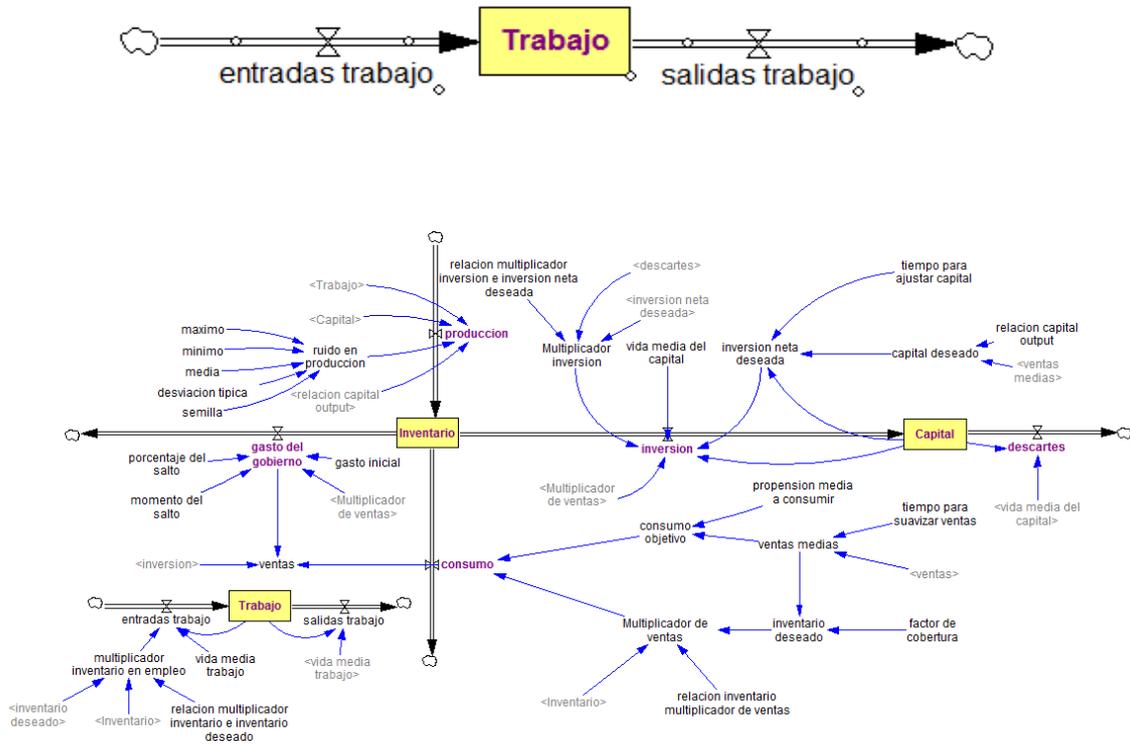


Figura 14: Diagrama de flujo del modelo que incorpora el trabajo

En este último modelo, lo que hay que destacar, es la desaparición de la influencia en la producción del multiplicador del inventario en la producción, siendo así la única variable que no aparece descrita de forma detallada en el anexo. La principal novedad en la producción, es que se ve influenciada por la nueva variable nivel trabajo descrita, lo cual es importante porque antes, la producción solo variaba en proporción al capital, pero ahora, también se muestra la influencia que tiene el trabajo sobre esta variable.

La producción en este caso es una función Cobb Douglas, que muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada uno de los factores de producción. Su forma indica, en primer lugar, la relación entre el producto y los factores que se utilizan para obtener dicho producto, es decir, el trabajo y el capital, que en equilibrio, tienen el mismo valor, lo que permite establecer una equivalencia entre β (el factor productivo adicional a los otros dos, trabajo y capital,

que son constantes en el tiempo, o variable que no se puede cuantificar porque está formada por muchos factores) y la relación capital-output.

En este nuevo modelo, por otra parte, aparece otro multiplicador, el multiplicador del inventario en el empleo, como una variable lookup, que incluye un gráfico en el que se representa la relación no lineal entre el inventario y el inventario deseado. Lo que significa este multiplicador, es que cuando el inventario supera al inventario deseado, se reduce el peso del trabajo en la determinación de la producción y de la misma manera, cuando el inventario es inferior al inventario deseado, aumenta la contratación de empleo para aumentar la producción.

En la última simulación que se va a realizar, mostrada en la figura 15, de nuevo aparece el ruido, ya que la desviación típica de 0,05 hace que se active su influencia en la simulación, que es mayor que la que produce la propia estructura del modelo, como se muestra en el gráfico de la simulación. De nuevo, vuelve a ocurrir que, al no conocer la semilla utilizada por W. Low (1976), se mantienen las conclusiones, pero los gráficos no son exactamente iguales. Hay que destacar que en este nuevo modelo, el ruido tiene una nueva función, ya que ahora, la random normal utilizada anteriormente, incluye un alisado exponencial (ya explicado anteriormente).

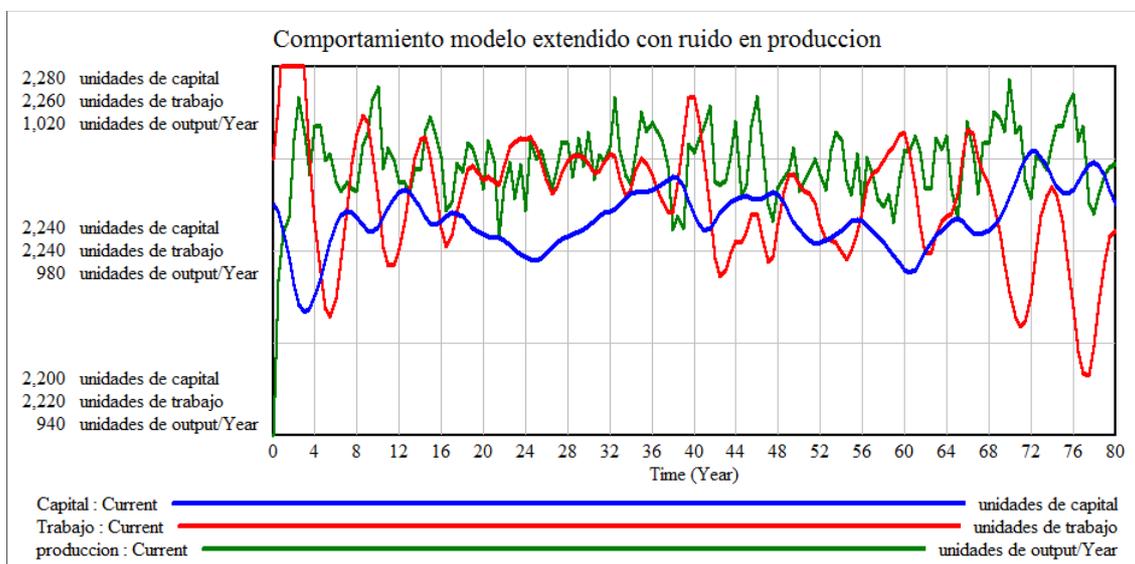


Figura 15: Reproducción de la simulación realizada por W. Low (2006) del modelo que incorpora el trabajo con ruido en producción

Se obtiene la conclusión de que las oscilaciones de esta nueva simulación son de mayor periodicidad. La variable con el ciclo más largo de las que están representadas es el capital, ya que se puede ajustar de manera más lenta que el trabajo, que

normalmente es el que se utiliza para realizar ajustes ante variaciones de inventario, ajustes que normalmente se hacen con el objetivo de aumentar la producción. Es decir, por un lado se muestra un ciclo corto, que se da tanto en el caso de la producción como del trabajo, que significa que se pueden ajustar rápido, mientras que también aparece un ciclo largo por parte del capital, que como se muestra en el anexo, se asume que tiene una vida media de 15 años.

Es decir, en este nuevo modelo, se muestra que se pueden producir ciclos a través del empleo y el inventario de corta duración, independientemente del capital, que lo que muestra son ciclos de larga duración, lo que contrasta con la conclusión del modelo tradicional de Samuelson, que indica que los ajustes del capital fijo con los que producen los ciclos de negocios en el corto plazo.

Conclusiones

Realizando una revisión de la literatura referida al modelo del multiplicador-acelerador de Samuelson, se puede concluir que mediante la interacción de estos dos elementos se producen ciclos económicos en el corto plazo. Es decir, bajo determinados supuestos, cambios que se produzcan en la renta, provocan demanda de inversión a través del principio de aceleración. Así, cada etapa del proceso del original multiplicador, va a dar lugar a una etapa nueva de inversión, que pone en marcha a otro multiplicador, que a su vez originará demanda de inversión adicional que creará nuevos efectos multiplicadores, y así sucesivamente. A través de esta interacción, la renta experimentará un mayor aumento del que habría experimentado si el multiplicador actuase solo.

Pero una de las principales críticas que se hacen a este modelo es que la física de los procesos económicos reales dinámicos requiere el principio de conservación, que acumula tasas de flujo en stocks físicos, para relacionar tasas como son la producción y el consumo con la capacidad y el output disponible, principio que el modelo tradicional no refleja. Esto es importante, ya que en cualquier sistema dinámico, cada reacción producida entre las tasas de flujo y su acumulación en los stocks determinan el proceso de cambio.

Por este motivo, el trabajo está basado en la revisión del modelo realizada por W.Low en la que, conservando los principios del multiplicador y del acelerador, se añade la estructura necesaria para representar este principio de conservación. Al ir añadiendo las variables necesarias para lograr representarlo, incorporando mayor realismo al modelo, se puede concluir que, según W.Low, la interacción del multiplicador y del acelerador poco tiene que ver con la aparición de ciclos de negocios de corto plazo, aunque el modelo tradicional de Samuelson siga siendo válido para los supuestos que hace.

Pero las conclusiones teóricas no son las más importantes del trabajo, ya que se formularon al principio del mismo tres objetivos que quedan cumplidos a partir del estudio de la nueva metodología de la dinámica de sistemas, ya que se ha logrado

reproducir un modelo ya elaborado por W.Low, sobre el que se han realizado una serie de cambios para poder observar la gran utilidad de la dinámica de sistemas ante problemas complejos. Por último, se ha realizado una estrategia de simulación, seleccionando las simulaciones más interesantes obtenidas del desarrollo del modelo.

Bibliografía

Ackley, Gardner (1970). *Teoría macroeconómica*. México: Uteha.

Andreu, Jose Miguel. Universidad de educación a distancia (1990). *Teoría económica superior II (Macroeconomía)*. Madrid: uned.

Brooman, S.F. (1978). *Macroeconomía (2ª ed 2ª reimp ed.)*. Madrid: Aguilar.

Burns, Arthur F. & Mitchell, Wesley C. (1946). Measuring business cycles. *National bureau of economic research*, 1-22. Recuperado de:
<<http://www.nber.org/chapters/c2980.pdf>>.

Dernburg, T. F., & Dernburg, J. D. (1976). *Análisis macroeconómico una introducción a la estática y dinámica comparativas*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.

Diulio, Eugene A. (1976). *Teoría y problemas de macroeconomía [teoría y 353 problemas resueltos]*. México: McGraw Hill.

Forrester, J.W. (1968). *Principles of systems*. Norwalk, CT: Productivity Press.

Haberler, Gottfried (1936). Mr Keynes' Theory of the multiplier: a methodological criticism. Kessinger publishing.

Martín García, Juan (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. Barcelona: El Autor.

Novales, Alfonso y Sebastián, Carlos (1999). *Análisis Macroeconómico II*. Madrid: Marcial Pons.

Pugh, Alexander L. (1976). *Dynamo II user's manual*. Cambridge: MIT Press.

Samuelson, P. A. (1939). Interactions between the multiplier analysis and the principle of acceleration. *Review of Economic Statistics*, (21), 75-78.

Samuelson, Paul A. & Nordhaus, William D. (2006). *Macroeconomía (18ª edición)*. Madrid: McGraw Hill.

Saphiro, Edward (1975). *Análisis macroeconómico*, (2ª edición). Madrid: Ice.

Sorensen, P. B., & Whitta-Jacobssen, H. J. (2008). *Introducción a la macroeconomía avanzada*. Madrid: McGraw-Hill.

Warren L. Smith (1970). *Macroeconomics*. Homewood Illinois: Richard D. Irwin.

Weber, Lars (2010). *Demographic change and economic growth*. Heidelberg: Physica Verlag.

Westerhoff, Frank H. (2006). *Samuelson's multiplier-accelerator model revisited*. *Applied economic Letters*, (13), 89-92.

W. Low, Gilbert (1976). The Principle of Conservation and the Multiplier-Accelerator Theory of Business Cycles. *The 1976 International Conference on System Dynamics*, 337-380. Recuperado de:

<<http://www.systemdynamics.org/conferences/1976/proceed/withabstract.html>>.

Anexo

Group	Type	Variable Name And Description
MODELO EXTENDIDO	#1 L	<p>Capital (unidades de capital)</p> $= \int \text{inversion-descartes} dt + 2250$ <p>Description: Acumula la diferencia entre la inversión y los descartes. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • descartes Indica que una fracción constante del capital existente se hace antieconómica o técnicamente obsoleta cada año. • inversion Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). • inversion neta deseada Diferencia entre el capital deseado y el actual, dividido por un ajuste de tiempo. • produccion La función de producción de Cobb-Douglas relaciona el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan para conseguirlo. Muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo. <p>Feedback Loops: 10 (32,3%) (+) 6 [2,11] (-) 4 [2,4]</p>
MODELO EXTENDIDO	#2 A	<p>capital deseado (unidades de capital)</p> $= \text{ventas medias} * \text{relacion capital output}$ <p>Description: Proporcional a las ventas pasadas. En este caso las ventas promedio, en lugar de un periodo discreto de retraso. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • inversion neta deseada Diferencia entre el capital deseado y el actual, dividido por un ajuste de tiempo. <p>Feedback Loops: 10 (32,3%) (+) 6 [5,11] (-) 4 [8,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#3 F,A	<p>consumo (unidades de output/Year)</p> $= \text{consumo objetivo} * \text{Multiplicador de ventas}$ <p>Description: Producto del consumo objetivo y el multiplicador de la disponibilidad de ventas. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventario Toda la produccion (bienes de consumo o de capital)

		<p>desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital).</p> <ul style="list-style-type: none"> • ventas Suma de consumo, inversión y gasto del gobierno. <p>Feedback Loops: 10 (32,3%) (+) 4 [4,11] (-) 6 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#4 A	<p>consumo objetivo (unidades de output/Year) = propension media a consumir*ventas medias Description: Proporcional a las ventas medias, asemejándose a la función de consumo del modelo del multiplicador-acelerador tradicional. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • consumo Producto del consumo objetivo y el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 3 (9,7%) (+) 1 [4,4] (-) 2 [7,7]</p>
MODELO EXTENDIDO	#5 F,A	<p>descartes (unidades de capital/Year) = Capital/vida media del capital Description: Indica que una fracción constante del capital existente se hace antieconómica o técnicamente obsoleta cada año. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capital Acumula la diferencia entre la inversión y los descartes. • Multiplicador inversion Limita la inversión mientras la inversión neta deseada se vuelve negativa. Si la inversión neta deseada es cero o positiva, el multiplicador no tiene impacto en la inversión y la única restricción a la expansión de capital sería el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 2 (6,5%) (+) 0 [0,0] (-) 2 [2,4]</p>
MODELO EXTENDIDO	#6 C	<p>desviacion tipica (Dmnl) = 0.05 Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • ruido en produccion Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#7 F,A	<p>entradas trabajo (unidades de trabajo/Year) = (Trabajo/vida media trabajo)*multiplicador inventario en empleo Description: Representan el trabajo dividido por la vida media del trabajo y multiplicado por la influencia de los inventarios relativos. El primer término de la ecuación indica el porcentaje de empleo necesario para reemplazar el cambio de personal normal. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p>

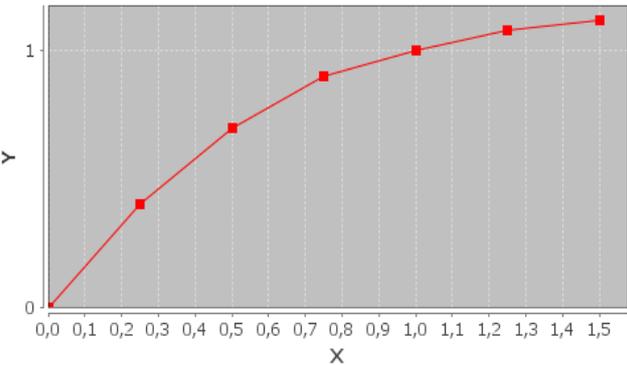
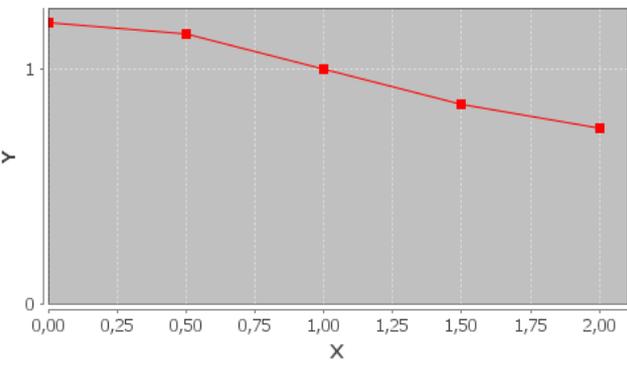
		<ul style="list-style-type: none"> Trabajo Diferencia entre las entradas de trabajo EL y las salidas SL. <p>Feedback Loops: 5 (16,1%) (+) 4 [2,10] (-) 1 [5,5]</p>
MODELO EXTENDIDO	#8 C	<p>factor de cobertura (Year) = 0.3</p> <p>Description: Se supone que los productores desean un inventario igual a aproximadamente 3 meses de ventas promedio.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> inventario deseado Para mantener la continuidad en la programación de la producción y distribución, se supone que los productores quieren un inventario igual a 3 meses de ventas promedio VP. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
.Control	#9 C	<p>FINAL TIME (Year) = 80</p> <p>Description: The final time for the simulation.</p> <p>Present In 0 View Summary:</p> <p>Used By</p> <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#10 F,A	<p>gasto del gobierno (unidades de output/Year) = gasto inicial+STEP(porcentaje del salto, momento del salto)*Multiplicador de ventas</p> <p>Description: Se determina fuera del sistema pero está restringida por el multiplicador de la disponibilidad de ventas.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> Inventario Toda la producción (bienes de consumo o de capital) desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital). ventas Suma de consumo, inversión y gasto del gobierno. <p>Feedback Loops: 8 (25,8%) (+) 3 [10,11] (-) 5 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#11 C	<p>gasto inicial (unidades de output/Year) = 200</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> gasto del gobierno Se determina fuera del sistema pero está restringida por el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
.Control	#12 C	<p>INITIAL TIME (Year) = 0</p> <p>Description: The initial time for the simulation.</p> <p>Present In 0 View Summary:</p>

		<p>Used By Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#13 L	<p>Inventario (unidades de output) $= \int \text{produccion-consumo-inversion-gasto del gobierno } dt + \text{inventario deseado}$ Description: Toda la producción (bienes de consumo o de capital) desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital). Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiplicador de ventas Obliga al consumo a apartarse de la cantidad indicada cuando el inventario se desvía del nivel deseado. • multiplicador inventario en empleo Función de la relación entre el inventario actual y el deseado. Si el inventario supera el nivel deseado, el multiplicador elimina el empleo y se reduce el input de trabajo en la producción. <p>Feedback Loops: 18 (58,1%) (+) 8 [5,11] (-) 10 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#14 LI,A	<p>inventario deseado (unidades de output) $= \text{factor de cobertura} * \text{ventas medias}$ Description: Para mantener la continuidad en la programación de la producción y distribución, se supone que los productores quieren un inventario igual a 3 meses de ventas promedio VP. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventario Toda la producción (bienes de consumo o de capital) desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital). • Multiplicador de ventas Obliga al consumo a apartarse de la cantidad indicada cuando el inventario se desvía del nivel deseado. • multiplicador inventario en empleo Función de la relación entre el inventario actual y el deseado. Si el inventario supera el nivel deseado, el multiplicador elimina el empleo y se reduce el input de trabajo en la producción. <p>Feedback Loops: 6 (19,4%) (+) 3 [10,10] (-) 3 [5,5]</p>
MODELO EXTENDIDO	#15 F,A	<p>inversion (unidades de capital/Year) $= (\text{inversion neta deseada} + \text{Capital/vida media del capital}) * \text{Multiplicador inversion} * \text{Multiplicador de ventas}$ Description: Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capital Acumula la diferencia entre la inversión y los descartes.

		<ul style="list-style-type: none"> Inventario Toda la producción (bienes de consumo o de capital) desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital). ventas Suma de consumo, inversión y gasto del gobierno. <p>Feedback Loops: 19 (61,3%) (+) 9 [2,11] (-) 10 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#16 A	<p>inversion neta deseada (unidades de capital/Year) $= (\text{capital deseado} - \text{Capital}) / \text{tiempo normal para ajustar capital}$</p> <p>Description: Diferencia entre el capital deseado y el actual, dividido por un ajuste de tiempo.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplicador inversion Limita la inversión mientras la inversión neta deseada se vuelve negativa. Si la inversión neta deseada es cero o positiva, el multiplicador no tiene impacto en la inversión y la única restricción a la expansión de capital sería el multiplicador de la disponibilidad de ventas. inversion Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). <p>Feedback Loops: 12 (38,7%) (+) 6 [5,11] (-) 6 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#17 C	<p>maximo (Dmnl) $= 1.2$</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> ruido en produccion Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#18 C	<p>media (Dmnl) $= 1$</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> ruido en produccion Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#19 C	<p>minimo (Dmnl) $= 0.9$</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ruido en produccion Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#20 C	<p>momento del salto (Year) = 1</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> gasto del gobierno Se determina fuera del sistema pero está restringida por el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#21 A	<p>Multiplicador de ventas (Dmnl) = relacion inventario multiplicador de ventas(Inventario/inventario deseado)</p> <p>Description: Obliga al consumo a apartarse de la cantidad indicada cuando el inventario se desvía del nivel deseado.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> consumo Producto del consumo objetivo y el multiplicador de la disponibilidad de ventas. gasto del gobierno Se determina fuera del sistema pero está restringida por el multiplicador de la disponibilidad de ventas. inversion Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). <p>Feedback Loops: 20 (64,5%) (+) 8 [5,11] (-) 12 [3,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#22 A	<p>multiplicador inventario en empleo (Dmnl) = relacion multiplicador inventario e inventario deseado(Inventario/inventario deseado)</p> <p>Description: Función de la relacion entre el inventario actual y el deseado. Si el inventario supera el nivel deseado, el multiplicador elimina el empleo y se reduce el input de trabajo en la producción.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> entradas trabajo Representan el trabajo dividido por la vida media del trabajo y multiplicado por la influencia de los inventarios relativos. El primer término de la ecuación indica el porcentaje de empleo necesario para reemplazar el cambio de personal normal. <p>Feedback Loops: 4 (12,9%) (+) 3 [10,10] (-) 1 [5,5]</p>
MODELO EXTENDIDO	#23 A	<p>Multiplicador inversion (Dmnl) = relacion multiplicador inversion e inversion neta deseada(inversion neta deseada/descartes)</p> <p>Description: Limita la inversión mientras la inversión neta deseada se</p>

		<p>vuelve negativa. Si la inversión neta deseada es cero o positiva, el multiplicador no tiene impacto en la inversión y la única restricción a la expansión de capital sería el multiplicador de la disponibilidad de ventas.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> inversion Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). <p>Feedback Loops: 7 (22,6%) (+) 3 [6,11] (-) 4 [4,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#25 C	<p>porcentaje del salto (unidades de output/Year)</p> <p>= 0</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> gasto del gobierno Se determina fuera del sistema pero está restringida por el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#26 F,A	<p>produccion (unidades de output/Year)</p> <p>= $(1/\text{relacion capital output}) * \text{Capital} * \text{EXP}(\text{LN}(\text{Trabajo/Capital})) * \text{ruido en produccion}$</p> <p>Description: La función de producción de Cobb-Douglas relaciona el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan para conseguirlo. Muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> Inventario Toda la producción (bienes de consumo o de capital) desemboca en un inventario agregado para distribuirse a los compradores de bienes de consumo (como unidades de output) o bienes de capital (como unidades de capital). <p>Feedback Loops: 9 (29,0%) (+) 8 [5,11] (-) 1 [5,5]</p>
MODELO EXTENDIDO	#27 C	<p>propension media a consumir (Dmnl)</p> <p>= 0.65</p> <p>Description: Representa la fracción de la renta total normalmente gastada en el consumo personal en lugar de ser gravada o ahorrada.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> consumo objetivo Proporcional a las ventas medias, asemejándose a la función de consumo del modelo del multiplicador-acelerador tradicional. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#28 C	<p>relacion capital output (unidades de capital/(unidades de output/Year))</p>

		<p>= 2.25</p> <p>Description: Indica el capital respecto a la cantidad de producto que con ese capital se obtiene.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • capital deseado Proporcional a las ventas pasadas. En este caso las ventas promedio, en lugar de un periodo discreto de retraso. • produccion La función de producción de Cobb-Douglas relaciona el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan para conseguirlo. Muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
<p>MODELO EXTENDIDO</p>	<p>#29 A,T</p>	<p>relacion inventario multiplicador de ventas (Dmnl) relacion inventario multiplicador de ventas([(0,0)-(1.5,1.5)],(0,0),(0.25,0.4),(0.5,0.7),(0.75,0.9),(1,1),(1.25,1.08),(1.5,1.12))</p>  <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiplicador de ventas Obliga al consumo a apartarse de la cantidad indicada cuando el inventario se desvía del nivel deseado. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
<p>MODELO EXTENDIDO</p>	<p>#30 A,T</p>	<p>relacion multiplicador inventario e inventario deseado (Dmnl) relacion multiplicador inventario e inventario deseado([(0,0.75)-(2,1.2)],(0,1.2),(0.5,1.15),(1,1),(1.5,0.85),(2,0.75))</p>  <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p>

		<ul style="list-style-type: none"> multiplicador inventario en empleo Función de la relación entre el inventario actual y el deseado. Si el inventario supera el nivel deseado, el multiplicador elimina el empleo y se reduce el input de trabajo en la producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#31 A,T	<p>relacion multiplicador inversion e inversion neta deseada (Dmnl) relacion multiplicador inversion e inversion neta deseada([(-1,0)-(0,1)],(-1,0),(-0.75,0.4),(-0.5,0.7),(-0.25,0.9),(0,1))</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplicador inversion Limita la inversión mientras la inversión neta deseada se vuelve negativa. Si la inversión neta deseada es cero o positiva, el multiplicador no tiene impacto en la inversión y la única restricción a la expansión de capital sería el multiplicador de la disponibilidad de ventas. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#32 SM	<p>ruido en produccion (Dmnl) = SMOOTH(RANDOM NORMAL(minimo, maximo, media, desviacion tipica, semilla), 1)</p> <p>Description: Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> produccion La función de producción de Cobb-Douglas relaciona el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan para conseguirlo. Muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#33 F,A	<p>salidas trabajo (unidades de trabajo/Year) = Trabajo/vida media trabajo</p> <p>Description: Retardo exponencial de dos años de las entradas de trabajo, por lo que la unidad media de trabajo va a permanecer empleada durante</p>

		<p>dos años.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> Trabajo Diferencia entre las entradas de trabajo EL y las salidas SL. <p>Feedback Loops: 1 (3,2%) (+) 0 [0,0] (-) 1 [2,2]</p>
.Control	#34 C	<p>SAVEPER (Year)</p> <p>= 0.5</p> <p>Description: The frequency with which output is stored.</p> <p>Present In 0 View Summary:</p> <p>Used By</p> <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#35 C	<p>semilla (Dmnl)</p> <p>= 123456</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> ruido en produccion Se aproxima a perturbaciones aleatorias con autocorrelación a corto plazo, suavizando valores aleatorios distribuidos normalmente, generados para cada intervalo durante un año para alisar el ruido en producción. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#36 C	<p>tiempo normal para ajustar capital (Year)</p> <p>= 2</p> <p>Description: Indica el periodo de planificación y organización necesario para hacer cambios en la capacidad operacional.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> inversion neta deseada Diferencia entre el capital deseado y el actual, dividido por un ajuste de tiempo. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#37 C	<p>tiempo para suavizar ventas (Year)</p> <p>= 2</p> <p>Description: Indica el porcentaje de ventas que se incluyen en los ingresos permanentes y por tanto influyen en el consumo corriente.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> ventas medias Valor exponencialmente suavizado de las ventas corrientes. Indica el proceso por el que los hábitos de consumo y estándares se van adaptando gradualmente a los niveles dictados por los ingresos corrientes. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
.Control	#39 C	<p>TIME STEP (Year)</p> <p>= 0.0625</p> <p>Description: The time step for the simulation.</p>

		<p>Present In 0 View Summary: Used By Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#40 L	<p>Trabajo (unidades de trabajo) $= \int \text{entradas trabajo} - \text{salidas trabajo} dt + 2250$ Description: Diferencia entre las entradas de trabajo EL y las salidas SL. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • entradas trabajo Representan el trabajo dividido por la vida media del trabajo y multiplicado por la influencia de los inventarios relativos. El primer término de la ecuación indica el porcentaje de empleo necesario para reemplazar el cambio de personal normal. • produccion La función de producción de Cobb-Douglas relaciona el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan para conseguirlo. Muestra rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo. • salidas trabajo Retardo exponencial de dos años de las entradas de trabajo, por lo que la unidad media de trabajo va a permanecer empleada durante dos años. <p>Feedback Loops: 6 (19,4%) (+) 4 [2,10] (-) 2 [2,5]</p>
MODELO EXTENDIDO	#41 A	<p>ventas (unidades de output/Year) $= \text{consumo} + \text{inversion} + \text{gasto del gobierno}$ Description: Suma de consumo, inversión y gasto del gobierno. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • ventas medias Valor exponencialmente suavizado de las ventas corrientes. Indica el proceso por el que los hábitos de consumo y estándares se van adaptando gradualmente a los niveles dictados por los ingresos corrientes. <p>Feedback Loops: 19 (61,3%) (+) 10 [4,11] (-) 9 [5,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#42 SM	<p>ventas medias (unidades de output/Year) $= \text{SMOOTH}(\text{ventas}, \text{tiempo para suavizar ventas}, 1000)$ Description: Valor exponencialmente suavizado de las ventas corrientes. Indica el proceso por el que los hábitos de consumo y estándares se van adaptando gradualmente a los niveles dictados por los ingresos corrientes. Present In 1 View: Modelo extendido Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • capital deseado Proporcional a las ventas pasadas. En este caso las ventas promedio, en lugar de un periodo discreto de retraso. • consumo objetivo Proporcional a las ventas medias, asemejándose a la función de consumo del modelo del multiplicador-acelerador tradicional. • inventario deseado Para mantener la continuidad en la programación de la producción y distribución, se supone que los productores quieren un inventario igual a 3 meses de ventas

		<p>promedio VP.</p> <p>Feedback Loops: 19 (61,3%) (+) 10 [4,11] (-) 9 [5,9]</p>
MODELO EXTENDIDO	#43 C	<p>vida media del capital (Year)</p> <p>= 15</p> <p>Description: Representa el cambio normal de capital. Se asume una vida media constante del mismo de 15.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • descartes Indica que una fracción constante del capital existente se hace antieconómica o técnicamente obsoleta cada año. • inversion Ratio que une el inventario con el stock de capital. Normalmente iguala la inversión neta deseada más los descartes (si el capital deseado y actual se equilibran, el inventario sólo ofrece descartes). <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#44 C	<p>vida media del trabajo (Year)</p> <p>= 2</p> <p>Present In 0 View Summary:</p> <p>Used By</p> <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>
MODELO EXTENDIDO	#45 C	<p>vida media trabajo (Year)</p> <p>= 2</p> <p>Description: Representa el cambio de personal normal.</p> <p>Present In 1 View: Modelo extendido</p> <p>Used By</p> <ul style="list-style-type: none"> • entradas trabajo Representan el trabajo dividido por la vida media del trabajo y multiplicado por la influencia de los inventarios relativos. El primer término de la ecuación indica el porcentaje de empleo necesario para reemplazar el cambio de personal normal. • salidas trabajo Retardo exponencial de dos años de las entradas de trabajo, por lo que la unidad media de trabajo va a permanecer empleada durante dos años. <p>Feedback Loops: 0 (0,0%) (+) 0 [0,0] (-) 0 [0,0]</p>