



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Cuenta Corriente y Tipo de cambio real en el corto plazo:
Aplicaciones a la economía mexicana, 1995.1 – 2012.1**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIA

P R E S E N T A:

CYNTHIA ANAHÍ GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ

**DIRECTOR DE TESIS:
MAT. FERNANDO SÁNCHEZ LÓPEZ
2013**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Apellido Paterno
Apellido Materno
Nombre
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de Cuenta

1. Datos del alumno

Gutiérrez
Rodríguez
Cynthia Anahí
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Actuaría
304317891

2. Datos del Tutor

Grado
Nombres
Apellido Paterno
Apellido Materno

2. Datos del Tutor

Mat
Raybel Andrés
García
Ancona

3. Datos del Tutor

Grado
Nombres
Apellido Paterno
Apellido Materno

3. Datos del Tutor

L. en E.
Bulmaro
Álvarez
Estrada

4. Datos del Tutor

Grado
Nombres
Apellido Paterno
Apellido Materno

4. Datos del Tutor

Mat
Fernando
Sánchez
López

5. Datos del Tutor

Grado
Nombres
Apellido Paterno
Apellido Materno

5. Datos del Tutor

Mat
Zázil
Santizo
Huerta

6. Datos del Tutor

Grado
Nombres
Apellido Paterno
Apellido Materno

6. Datos del Tutor

M. en I.
José Antonio
Climent
Hernández

7. Datos del Trabajo Escrito

Título

Número de Páginas

Año

7. Datos del Trabajo Escrito

Cuenta Corriente y Tipo de cambio real en el corto plazo: Aplicaciones a la economía mexicana, 1995.1 – 2012.1

57 p.

2013

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron de distintas maneras durante la realización de esta tesis, en particular a mi tutor Fernando Sánchez López por la paciencia y confianza que siempre depositó en mí.

Agradezco también a mis padres Rocio y Salvador por ser mi guía y principal apoyo a lo largo de toda mi carrera, a mi hermano Alejandro por los ánimos y risas en días pesados de estudio, a mis tíos Alfonso, Hugo, Alma, Claudia y Chavita quienes han estado detrás de mis logros y han sido un ejemplo de vida para mí, a mis abuelos Esther y Alfonso por su tiempo invaluable y su eterno cariño, a mi hermana Katy quien siempre ha estado a mi lado siendo un ejemplo de fortaleza y convicción, a Benjamin Madrigal por su cariño, paciencia, ánimos, tiempo y apoyo incondicional y a mis amigos Selene, Diana, Itxel, Gabriel y Julián con los que compartí noches de estudio y quienes aportaron mucho en mi formación profesional.

Por último deseo agradecer y al mismo tiempo dedicar esta tesis a mi tío Héctor Rodríguez Hernández, persona a quien jamás podré pagarle todo el apoyo que siempre me ha brindado, no tengo duda de que sin él hubiera sido mucho más difícil llegar hasta aquí.

A todos gracias.

Cuenta Corriente y Tipo de Cambio Real en
el corto plazo: Aplicaciones a la economía
mexicana, 1995.1 - 2012.1

12 de agosto de 2013

Índice general

1. La demanda agregada en una economía cerrada	5
1.1. Demanda agregada	5
1.2. Modelos basados en la función de consumo	6
1.2.1. El modelo de una Economía Cerrada y Privada	6
1.2.2. Modelo de una economía con gobierno	8
1.2.3. El ingreso disponible y el mercado de bienes	9
1.2.3.1. Los impuestos	10
1.2.4. Las transferencias	12
1.2.5. Los impuestos endógenos	14
2. La demanda agregada en una economía abierta	16
2.1. Ecuación de la demanda agregada en una economía abierta	16
2.2. Multiplicador de una economía abierta	17
2.3. Cuenta corriente	19
2.4. Modelo DD - AA	20
2.4.1. El mercado de bienes y la función DD	20
2.4.1.1. Función DD	20
2.4.1.2. Desplazamiento de la función DD	22
2.4.2. El mercado de activos y la función AA	24
2.4.2.1. El dinero, tipo de interés y tipo de cambio	24
2.4.2.2. La función AA	26
2.4.2.3. Desplazamiento de la función AA	28
2.4.3. El equilibrio conjunto a corto plazo: DD-AA	29
3. Modelo de cuenta corriente para México, 1995.1-2012.1	30
3.1. Análisis de series	31
3.1.1. Evolución histórica de la cuenta corriente	31
3.1.2. Estimación del tipo de cambio real	33

3.1.3. Pruebas de raíz unitaria	34
3.2. Metodología de mínimos cuadrados ordinarios	36
3.3. Análisis de resultados	37
3.3.1. Simulación histórica del modelo MCO	40
3.3.2. Interpretación del modelo	41
A. La condición de paridad de intereses	45
B. Teoría de la preferencia por la liquidez	47
C. Las rentabilidades y las tasas de depreciación	49
D. Definiciones, resultados, metodología y pruebas para los mo-	
delos MCO	52
D.1. Prueba de Jarque - Bera	52
D.2. Prueba Breusch - Godfrey de autocorrelación de orden superior	53
D.3. Prueba ARCH (modelo autorregresivo de heteroscedasticidad	
condicional)	54
D.4. Prueba general de heteroscedasticidad de White	55
D.5. Prueba RESET de Ramsey	56
D.6. Pruebas de estabilidad CUSUM y CUSUM cuadrado	56
D.6.1. Prueba CUSUM	57
D.6.2. Prueba CUSUM cuadrado	57

Introducción

Durante los últimos 17 años México ha desempeñado un papel importante en el comercio exterior, esto como consecuencia de la actividad comercial que desarrolla con potencias como Estados Unidos, Canadá y China. Sin embargo, a pesar de ser un país que exporta a una de las principales potencias mundiales como lo es Estados Unidos, México se ha caracterizado por ser un país predominantemente importador. Lo anterior se ve reflejado en los datos proporcionados por el Banco de México (Banxico) referentes a la cuenta corriente, en particular a los obtenidos para el periodo 1995 - 2012.

Así pues, dado que el saldo en cuenta corriente es uno de los componentes en la demanda agregada de un país es fácil entender que sea un concepto de gran importancia ya que los cambios en ella se pueden relacionar con las variaciones en el producto.

Este trabajo tiene como objetivo estimar el modelo de cuenta corriente de México para el periodo 1995 - 2012 a partir de la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO); con el fin de mostrar que la economía mexicana efectivamente ha cumplido la teoría presentada por Krugman (2006) en donde explica el saldo de cuenta corriente a partir de la tasa de crecimiento del PIB y del tipo de cambio real.

Los datos recabados son de frecuencia trimestral. Para estimar el tipo de cambio real se cambiaron los datos del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) y del Instituto de Estadística y Geografía (INEGI) y del INPC a base 2003 verificándose que no se alteraran las tasas de crecimiento.

Los resultados del modelo MCO estimado muestran resultados favorables a la teoría en estudio, esto es, se prueba que la relación entre la cuenta

corriente, la tasa de crecimiento del PIB y el tipo de cambio real se cumple en el sentido propuesto por Krugman, es decir, se cumplen en signo.

El trabajo se estructura en cuatro apartados. De manera introductoria y como ya se mencionó, el saldo de cuenta corriente es un factor determinante en la demanda agregada de un país, en el primer apartado se analiza este concepto dentro de una economía cerrada, definiendo y desarrollando los modelos basados en dicha función. El segundo apartado explica la ecuación de demanda agregada pero en una economía abierta, este apartado, a su vez, se divide en cuatro partes, dentro de las cuales se incluye un análisis de la teoría que se quiere probar sobre la cuenta corriente. El apartado siguiente presenta el modelo estimado y se divide en tres secciones: análisis de series, en donde se prueba la validez de las series ocupadas en el modelo, metodología utilizada, es decir la metodología de MCO desarrollada y análisis de resultados. Finalmente el cuarto y último apartado presenta las conclusiones.

Capítulo 1

La demanda agregada en una economía cerrada

En este capítulo, a modo de preliminares, se presenta la demanda agregada desde la perspectiva de una economía cerrada, en particular se desarrollan los modelos basados en la función de consumo. Se parte de la definición de demanda agregada para posteriormente abordar los conceptos de los elementos que la conforman y finalizar con los modelos de demanda agregada basados en dicha función de consumo.

1.1. Demanda agregada

Una de las formas más comunes de definir la demanda agregada es como la suma de las funciones de demanda de todos los consumidores; puede ser definida de manera general:

Definición 1.1. *La demanda agregada es la relación entre la cantidad demandada de producción y el nivel agregado de precios.*¹

La definición 1.1 quiere decir que la demanda agregada indica la cantidad de bienes y servicios que la gente está dispuesta a adquirir a cualquier nivel de precios. La demanda agregada de un país, en el caso de una economía cerrada, está determinada por el gasto en consumo privado, el gasto de gobierno y la inversión.

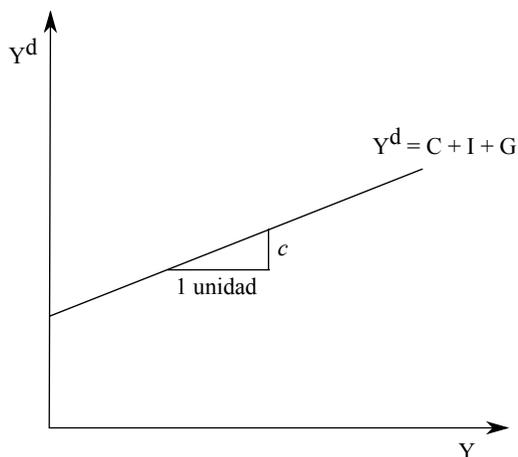
¹Tomado de Sosa (2001).

Por lo que a manera de identidad, puede ser escrita como la suma de tales componentes:

$$Y^d = C + I + G$$

donde Y^d es la demanda agregada, C representa el consumo privado, I la inversión y G el consumo de gobierno.²

Figura 1.1
Demanda agregada en una economía cerrada



1.2. Modelos basados en la función de consumo

1.2.1. El modelo de una Economía Cerrada y Privada

De acuerdo a Mankiw, una economía cerrada, como su nombre lo sugiere, es aquella que no se relaciona con otras economías del mundo y por lo tanto no permite la entrada de capital extranjero. Por otro lado, una economía privada es aquella en donde no intervienen los gastos del gobierno. Por lo anterior, el ingreso Y de una economía cerrada y privada está dado sólo por la demanda de consumo C y por la demanda de inversión I , es decir:

$$Y = C + I$$

²Esta forma de representar la demanda agregada corresponde al caso en que se hace omisión de los impuestos y las transferencias.

de donde se tiene que la inversión es igual a $I = Y - C$. Pero para Keynes el ahorro A es el resultado de deducir el consumo del ingreso, esto es

$$A = Y - C$$

por lo que:

$$A = I$$

Por lo tanto la condición de equilibrio en una economía cerrada se logra igualando el ahorro y la inversión.

Definición 1.2. *El consumo se define como una proporción c del ingreso Y estrictamente entre 0 y 1, esto es: $C = cY$.³*

Proposición 1.1. *En una economía cerrada y privada se cumple que $Y = C + I$ si y sólo si $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot I$*

Demostración. Partiendo de la expresión de ingreso en una economía cerrada

$$Y = C + I$$

donde por definición

$$C = cY$$

sustituyendo al consumo en la primera ecuación se tiene que

$$Y = cY + I$$

lo cual, a su vez, es equivalente a

$$(1 - c) \cdot Y = I$$

despejando al ingreso se obtiene que $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot I$ □

En la prueba $\frac{1}{1-c} = \frac{1}{\alpha}$ es el *multiplicador de la inversión*, el cual dice que si se presenta un incremento en la inversión, éste da a lugar a un incremento amplificado del ingreso, es decir:

$$\Delta Y = \Delta I \cdot \left(\frac{1}{1-c}\right)$$

³Tomado de Mankiw (2001).

Este multiplicador funciona de la siguiente manera: la inversión constituye una parte de la demanda agregada si ésta aumenta también aumenta la demanda agregada. De acuerdo a la ecuación de consumo ($C = cY$), un aumento de la renta provoca un incremento en el consumo, de manera que, cuando la inversión aumenta, la renta también lo hace lo que provoca que por su parte el consumo también aumente y hace que se eleve aún más la renta, lo que eleva aún más el consumo y así sucesivamente. Por lo tanto, para este modelo, un incremento en la inversión provoca un aumento mayor de la renta, de forma que este incremento para cuando se da la condición de equilibrio, es decir cuando $A = I$

1.2.2. Modelo de una economía con gobierno

Una economía con gobierno es aquella en la que no sólo se toman en cuenta el consumo (C) y la inversión (I) si no también lo que se conoce como gasto público (G),⁴ el cual consiste en las compras por parte del sector público y a su vez representan una demanda adicional que se debe agregar a la economía. En este modelo, el ingreso está dado por:

$$Y = C + I + G$$

lo cual es lo mismo que:

$$Y - C = I + G$$

donde $Y - C$ es igual al ahorro A , entonces:

$$A = I + G$$

Por lo que la condición de equilibrio en una economía con gobierno se da igualando el ahorro a la suma de la inversión con el gasto público.

Proposición 1.2. *En una economía con gobierno se cumple que $Y = C + I + G$ si y solo si $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot (I + G)$*

Demostración. Partiendo de la expresión

$$Y = C + I + G$$

⁴También conocido como *consumo de gobierno*

en donde sustituyendo al consumo se tiene

$$Y = cY + I + G$$

agrupando al ingreso

$$Y - cY = I + G$$

y factorizando se llega a

$$Y \cdot (1 - c) = I + G$$

donde al despejar finalmente se obtiene que $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot (I + G)$ \square

Siendo $\frac{1}{1-c} = \frac{1}{\alpha}$ el *multiplicador del gasto público*, el cual nos dice que un incremento en las compras del estado ΔG se traduce en un incremento amplificado del ingreso ΔY .

Análogo al caso de una economía cerrada, este multiplicador tiene un efecto amplificador sobre la renta pues al igual que la inversión el gasto público constituye una parte de la demanda agregada, si este gasto aumenta también aumenta la demanda agregada. Si se parte de nuevo de la función de consumo ($C = cY$), un aumento de la renta provoca un incremento en el consumo por lo que cuando el gasto público aumenta, eleva la renta y por lo tanto el consumo lo que eleva aún más la renta, lo que eleva aún más el consumo y así sucesivamente. Por lo tanto, para este modelo, un incremento en el gasto público provoca un aumento mayor de la renta de forma que este incremento se detiene cuando se da la condición de equilibrio, es decir cuando $A = I + G$.

1.2.3. El ingreso disponible y el mercado de bienes

El ingreso disponible Y_D corresponde al monto del que la sociedad dispone para consumir y para ahorrar. Si se toma el modelo de una economía con gobierno y se le deducen los impuestos T a los ingresos Y , el resultado es justo el ingreso disponible:

$$Y_D = Y - T$$

1.2.3.1. Los impuestos

Los impuestos T son las prestaciones en dinero o en especie que el estado fija unilateralmente y con carácter obligatorio a todos aquellos individuos cuya situación coincida con la que la ley señala.⁵ Si se toma el modelo de una economía con gobierno, los ingresos están dados por la siguiente ecuación:

$$Y = C + I + G$$

sin embargo si se toman en cuenta los impuestos, el ingreso disponible Y_D se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y_D = Y - T = C + I + G - T$$

entonces

$$Y_D = C + I + G - T$$

lo cual es lo mismo que

$$Y_D - C = I + G - T$$

que a su vez es igual a

$$Y_D - C = I - (T - G)$$

o bien

$$I = (Y_D - C) + (T - G)$$

por lo que la condición de equilibrio para una economía con gobierno y con impuestos esta dada por la siguiente ecuación:

$$I = A_p + A_g$$

donde A_p es el ahorro privado, o sea el ingreso de las personas, familias, empresas y todo tipo de organizaciones privadas que no va destinado al consumo, es decir:

$$A_p = Y_D - C$$

y A_g es el ahorro público, que es aquel que realiza el Estado y se obtiene de deducir el gasto público a los impuestos, pues éstos representan un ingreso para el gobierno, esto es:

$$A_g = T - G$$

⁵Tomado de Banco de México

Proposición 1.3. *En una economía con gobierno y en donde se toman en cuenta los impuestos T se cumple que $Y = C + I + G$ si y solo si $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot [(-c)T + I + G]$*

Demostración. Partiendo de la expresión

$$Y = C + I + G$$

en donde

$$C = cY_D$$

se tiene

$$C = c(Y - T)$$

aplicando la propiedad distributiva

$$C = cY - cT$$

sustituyendo en la ecuación de ingreso se obtiene

$$Y = (cY - cT) + I + G$$

agrupando a Y se tiene

$$Y - cY = -cT + I + G$$

factorizando;

$$Y \cdot (1 - c) = -cT + I + G$$

y finalmente despejando al ingreso se tiene que

$$Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot (-cT + I + G)$$

□

El término $\left[\frac{1}{1-c}\right] \cdot (-c)$ o bien, simplificado $\frac{-c}{1-c}$ es el *multiplicador de los impuestos*, éste es negativo ya que los impuestos representan una reducción de la demanda agregada.

Una reducción de los impuestos en ΔT eleva la renta disponible (Y_D) en ΔT y eleva el consumo en $c \cdot \Delta T$ lo que eleva la renta lo que a su vez eleva el consumo y así sucesivamente. Este aumento se detiene cuando $I = A_p + A_g$ (condición de equilibrio). Dado un nivel de renta cualquiera ahora la demanda agregada es mayor. Análogo si se trata de un aumento de los impuestos pues éste reduce la renta disponible lo que a su vez disminuye al consumo y como consecuencia a la demanda agregada.

1.2.4. Las transferencias

Las transferencias R son devoluciones de impuestos. Por tal razón los impuestos netos (T_n) resultan de la deducción de las transferencias a los impuestos brutos (T_b):⁶

$$T_n = T_b - R$$

es por ello que si se toman en cuenta las transferencias, el ingreso disponible Y_D se expresa de la siguiente manera:

$$Y_D = Y - T_n$$

lo cual es lo mismo que

$$Y_D = Y - (T_b - R)$$

sustituyendo a Y se tiene que

$$Y_D = C + I + G - T_b + R$$

agrupando

$$Y_D - C = I - (T_b - R - G)$$

entonces

$$I = (Y_D - C) + (T_b - R - G)$$

de donde se obtiene la condición de equilibrio para el modelo de una economía con impuestos y transferencias:

$$I = A_p + A_g$$

con $Y_D - C$ igual al ahorro privado y $T_b - R - G$ al ahorro público.⁷

Proposición 1.4. *En una economía con gobierno, impuestos y transferencias, se cumple que $Y = C + I + G$ si y solo si $Y = \left[\frac{1}{1-c}\right] (-cT_b + cR + I + G)$.*

⁶Tomado de Sosa (2001).

⁷A diferencia del ahorro público del que se habló en el modelo con impuestos en este se toman en cuenta las transferencias, que representan un gasto más para el gobierno.

Demostración. Partiendo de la expresión

$$Y = C + I + G$$

en donde por definición

$$C = cY_D$$

que es lo mismo que

$$C = c(Y - T_b + R)$$

o bien

$$C = cY - cT_b + cR$$

así, sustituyendo al consumo en la ecuación del ingreso se llega a

$$Y = cY - cT_b + cR + I + G$$

agrupando

$$Y - cY = -cT_b + cR + I + G$$

factorizando

$$Y(1 - c) = -cT_b + cR + I + G$$

de tal forma que despejando de nueva cuenta al ingreso el resultado es:

$$Y = \left[\frac{1}{1 - c} \right] \cdot (-cT_b + cR + I + G)$$

□

En donde $\frac{c}{1-c}$ es el multiplicador de las transferencias, el cual es igual al de los impuestos pero con signo contrario.

De esta forma el multiplicador funciona de manera similar al de los impuestos. Un aumento de las transferencias aumenta el ingreso disponible, lo que aumenta el consumo, lo que aumenta la renta, lo que aumenta el consumo, lo que aumenta nuevamente la renta y así sucesivamente. Este ciclo termina cuando se de la condición de equilibrio, es decir, cuando $I = A_p + A_g$

1.2.5. Los impuestos endógenos

Los impuestos no siempre son fijados de manera independiente al ingreso, al contrario, los impuestos por lo general son montos fijados como una proporción del ingreso, esto es, el impuesto bruto (T_b) es el resultado de aplicarle al ingreso una tasa impositiva t , es decir

$$T_b = tY$$

En un modelo donde se toman en cuenta los impuestos endógenos, el ingreso disponible se expresa de la siguiente forma:

$$Y_D = Y - tY + R$$

que, sustituyendo, es lo mismo que

$$Y_D = C + I + G - tY + R$$

o bien

$$Y_D - C = I - (tY - G - R)$$

lo que es igual a

$$I = (Y_D - C) + (tY - G - R)$$

por lo que la condición de equilibrio en una economía con impuestos endógenos es:

$$I = A_p + A_g$$

donde $A_p = Y_D - C$ es el ahorro privado y $A_g = tY - R - G = T_n - G$ el ahorro público.

Proposición 1.5. *En una economía con gobierno, impuestos endógenos y transferencias se cumple que $Y = C + I + G$ si y solo si se cumple:*

$$Y = \left[\frac{1}{1-c+ct} \right] \cdot (cR + I + G)$$

Demostración. Partiendo de la expresión:

$$Y = C + I + G$$

donde

$$C = cY_D$$

sustituyendo al consumo en Y

$$Y = cY_D + I + G$$

que es lo mismo que

$$Y = c \cdot (Y - tY + R) + I + G$$

aplicando propiedad distributiva

$$Y = cY - ctY + cR + I + G$$

agrupando a Y

$$Y - cY + ctY = cR + I + G$$

factorizando

$$Y(1 - c + ct) = cR + I + G$$

y finalmente despejando se obtiene que

$$Y = \left[\frac{1}{1 - c + ct} \right] \cdot (cR + I + G)$$

Siendo $\left[\frac{1}{1 - c + ct} \right] = \left[\frac{1}{1 - c \cdot (1 - t)} \right]$ el multiplicador. □

Capítulo 2

La demanda agregada en una economía abierta

2.1. Ecuación de la demanda agregada en una economía abierta

Una economía abierta es aquella en donde hay relaciones comerciales con el resto del mundo, es decir existe la compra de bienes y servicios a países extranjeros (importaciones) y la venta de los mismos a otros países (exportaciones).

La demanda agregada de una economía abierta está dada por la siguiente ecuación:

$$Y^d = C + I + G + CC$$

donde CC es la demanda de exportaciones netas,¹ es decir, la demanda de exportaciones (X) de un país menos su demanda de importaciones (M). De manera general, la demanda agregada en una economía abierta se describe de la siguiente manera:

$$Y^d = C + I + G + (X - M)$$

¹También conocida como Cuenta Corriente.

2.2. Multiplicador de una economía abierta

Los ingresos en una economía abierta están determinados por la siguiente ecuación:

$$Y^d = C + I + G + (X - M)$$

en donde si se toman en cuenta los impuestos (T) y las remesas (R), el ingreso disponible Y_D queda expresado de la siguiente forma:

$$Y_D = Y - T + R = C + I + G + (X - M) - T + R$$

de donde,

$$Y_D - C = I + G + (X - M) - T + R$$

lo que a su vez es lo mismo que

$$Y_D - C = I - (T - G - R) + (X - M)$$

que es igual a

$$(Y_D - C) + (T - G - R) = I + X - M$$

o bien

$$A_p + A_g = I + X - M$$

donde A_p es el *ahorro privado*, o sea

$$A_p = Y_D - C$$

y A_g es el *ahorro público*, es decir

$$A_g = T - G - R$$

si se toma en cuenta la suma de ahorro privado y ahorro público se obtiene el ahorro nacional (S), es decir,

$$S = A_p + A_g$$

por lo que la ecuación anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$S = I + X - M$$

En una economía abierta las exportaciones y la inversión son una inyección de ingresos mientras que el ahorro nacional y las importaciones representan una fuga de ingresos destinada al exterior. Es por esto que la condición de equilibrio en una economía abierta está dada por:

$$S + M = I + X$$

Definición 2.1. *Las importaciones se definen como $M = mY$ donde $0 < m < 1$ y se le conoce como coeficiente de importaciones.²*

Proposición 2.1. *En una economía abierta se cumple que $Y = C + I + G + (X - M)$ si y solo si $\frac{1}{1-c+m}$*

Demostración. Partiendo de la expresión de ingreso en una economía abierta

$$Y = C + I + G + (X - M)$$

en donde

$$C = cY_D$$

y

$$M = mY_D$$

sustituyendo en consumo

$$C = c(Y - T + R)$$

y aplicando la propiedad distributiva

$$C = cY - cT + cR$$

lo mismo en importaciones, sustituyendo y distribuyendo se tiene que

$$M = mY - mT + mR$$

sustituyendo C y M en la ecuación de ingreso se obtiene

$$Y = (cY - cT + cR) + I + G + X - (mY - mT + mR)$$

²Tomado de Mankiw (2001).

agrupando a Y se tiene:

$$Y - cY + mY = -cT + cR + I + G + X + mT - mR$$

factorizando

$$Y \cdot (1 - c + m) = -cT + cR + I + G + X + mT - mR$$

y finalmente despejando al ingreso se tiene que

$$Y = \left[\frac{1}{1 - c + m} \right] \cdot (-cT + cR + I + G + X + mT - mR)$$

En donde $\frac{1}{1-c+m}$ es el multiplicador de una economía abierta. □

2.3. Cuenta corriente

De acuerdo a Krugman y Obstfeld la cuenta corriente, conocida como la demanda de exportaciones de un país menos la demanda de importaciones es una función que depende del tipo de cambio real de su moneda respecto a las otras y del ingreso disponible.³ Esto es:

$$CC = CC(q, Y^d)$$

donde q representa el tipo de cambio real, variable que se define a continuación.

Definición 2.2. Sea E el tipo de cambio nominal,⁴ P el nivel de precios nacionales y P^* el nivel de precios externos; el tipo de cambio real q se define como el precio de una cesta externa expresada en términos de la nacional, esto es $q = \frac{E \cdot P^*}{P}$.⁵

La relación que existe entre Y^d y la cuenta corriente es negativa, pues mientras más ingreso disponible haya, existen más posibilidades de importar por lo que la cuenta corriente tiende a empeorar.

³Tomado de Krugman (2006).

⁴El precio de una moneda en términos de otra. Se expresa habitualmente en términos del número de unidades de la moneda nacional que hay que entregar a cambio de una unidad de moneda extranjera. Tomado de Banco de México.

⁵Tomado de Krugman (2006).

Por otro lado, el tipo de cambio real q afecta la demanda de bienes a nivel internacional, esto es, si q se eleva significa que los precios de los bienes extranjeros son más caros respecto de los nacionales lo que como consecuencia hace que los consumidores extranjeros aumenten su demanda de exportaciones y con esto la cuenta corriente mejora.

De la misma manera, si q disminuye los productos extranjeros son más baratos respecto de los nacionales por lo que los consumidores nacionales aumentan su demanda de importaciones y la cuenta corriente empeora. Por tanto la relación entre q y la cuenta corriente es directa.

2.4. Modelo DD - AA

El modelo DD-AA determina el equilibrio de una economía a partir de dos mercados: el de activos y el de bienes y servicios. Este modelo consta de dos funciones: la función DD, la cual representa lo que sucede en el mercado de bienes y servicios y la función AA que representa lo que pasa en el mercado de activos. La variable que relacionará estas dos partes es el tipo de cambio y el equilibrio se halla cuando ambos mercados están equilibrados.

2.4.1. El mercado de bienes y la función DD

La función DD representa pares de valores de nivel de renta y de tipo de cambio necesarios para que se alcance el equilibrio en el mercado de bienes y servicios a corto plazo.

2.4.1.1. Función DD

Para deducir la función DD se parte de la siguiente expresión de demanda agregada:

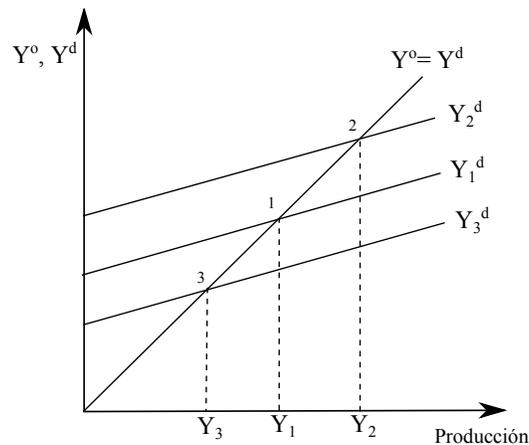
$$Y = C + I + G + CC$$

donde CC depende del ingreso disponible (Y^d) y del tipo de cambio real (q), es decir,

$$Y = C + I + G + CC \left(Y^d, \frac{E \cdot P^*}{P} \right)$$

Así pues, considerando los niveles de precios internos y externos constantes, una depreciación de la moneda local, es decir un aumento del tipo de cambio nominal provoca un aumento del tipo de cambio real lo que a su vez, dada la relación directa que hay entre q y CC , hace que la demanda de exportaciones neta aumente y con esto la demanda agregada también, este exceso de demanda debe ser cubierto por lo que la producción también debe aumentar. Lo anterior se ve reflejado en el siguiente gráfico en donde la función de demanda agregada se desplaza de Y_1^d a Y_2^d y la producción aumenta de Y_1 a Y_2 provocando que el equilibrio pase del punto 1 al punto 2.

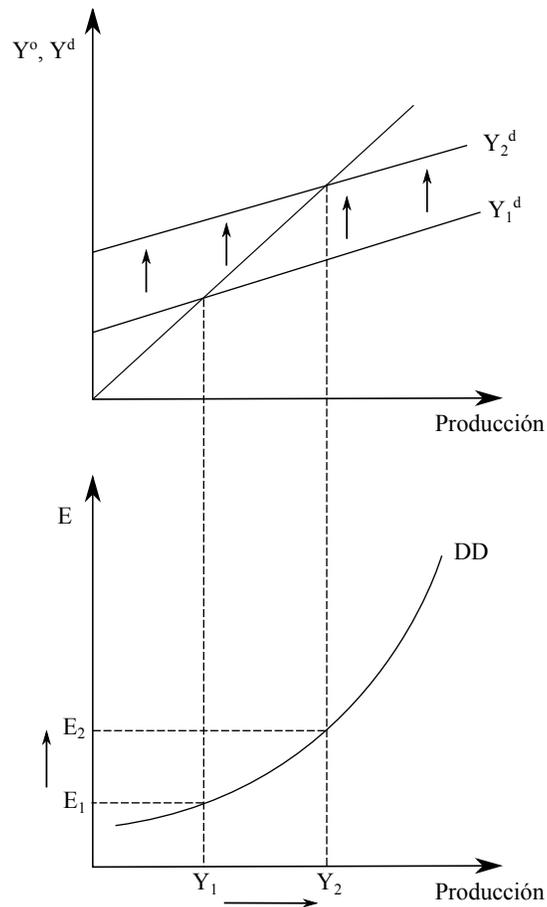
Figura 2.1
Producción ante variaciones del tipo de cambio



Por el contrario, si la moneda local se aprecia el tipo de cambio real también lo hace y la cuenta corriente empeora por lo que la demanda agregada disminuye y pasa de Y_1^d a Y_3^d , por su parte el nivel de producción disminuye y el equilibrio pasa del punto 1 al punto 3.

En conclusión, si el tipo de cambio aumenta la producción también lo hace y si disminuye la producción también disminuye, esta relación producción/tipo de cambio se resume en la función DD, en donde se muestran las combinaciones de nivel de producción y de tipo de cambio que se necesitan para equilibrar el mercado de bienes y servicios en el corto plazo.

Figura 2.2
Equilibrio en el mercado de bienes y servicios: Función DD



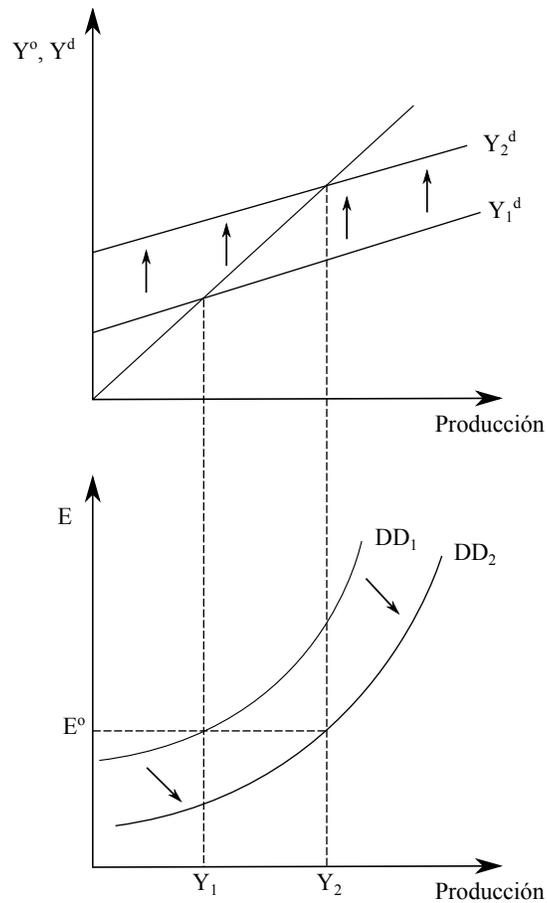
2.4.1.2. Desplazamiento de la función DD

La función DD se construye a partir del supuesto de que todo, excepto el tipo de cambio, permanece constante, es por ello que cuando esto no se cumple se producen cambios, en este caso la función DD se desplaza. El desplazamiento de la función DD depende del aumento o disminución de la demanda agregada la que, al mismo tiempo depende del aumento o reducción de las variables que la componen (nivel de gasto gubernamental, impuestos, inversión, nivel de precios interno y externo, consumo interno y demanda de exportaciones

neta).

Si el gobierno decide aplicar una política fiscal expansiva (es decir, aumenta el gasto gubernamental o reduce los impuestos) la demanda agregada aumenta por lo que la curva de demanda agregada se desplaza hacia arriba ocasionando que, dado un tipo de cambio E^o , la función DD se desplace de DD_1 a DD_2 . Este efecto de desplazamiento hacia la derecha va a ocurrir cada vez que dado cierto tipo de cambio, la demanda agregada aumente ya sea por una elevación del gasto gubernamental, consumo, inversión o demanda de exportaciones netas, o bien por una reducción de impuestos.

Figura 2.3
Desplazamiento de la función DD



Si, de manera contraria el gobierno decidiera aplicar una política fiscal restrictiva, es decir reduce el gasto público o aumenta los impuestos, la demanda agregada disminuye y por lo tanto la función DD se desplaza hacia la izquierda. Esto ocurre cada vez que la demanda agregada disminuye y se considere dado un tipo de cambio.

2.4.2. El mercado de activos y la función AA

La función AA representa el conjunto de combinaciones de nivel de renta y de tipo de cambio necesarios para que en el corto plazo el mercado de activos se encuentre equilibrado, esto ocurre cuando el mercado de divisas y el mercado monetario se hallen en equilibrio.

De manera preliminar se explica la relación que existe entre el dinero, el tipo de cambio y el tipo de interés y después se construye la función AA a partir de la condición de paridad de intereses⁶ y la teoría de la preferencia por la liquidez⁷. Puesto que este análisis se centra en la economía nacional el tipo de interés externo R^* se considera dado.

2.4.2.1. El dinero, tipo de interés y tipo de cambio

La relación que existe entre el dinero, el tipo de interés y el tipo de cambio está determinado por el equilibrio simultáneo entre el mercado de divisas⁸ y el mercado monetario,⁹ dicho de otra manera, el equilibrio en ambos mercados existe cuando la oferta monetaria real se iguala a la demanda monetaria real, es decir,

$$\frac{M^s}{P} = L(R, Y)$$

y cuando, para un tipo de interés futuro esperado, la condición de paridad de intereses se cumple, es decir, cuando se cumple la siguiente igualdad:

$$R = R^* + \left(\frac{E^e - E}{E} \right)$$

Lo anterior se puede apreciar en el siguiente gráfico:

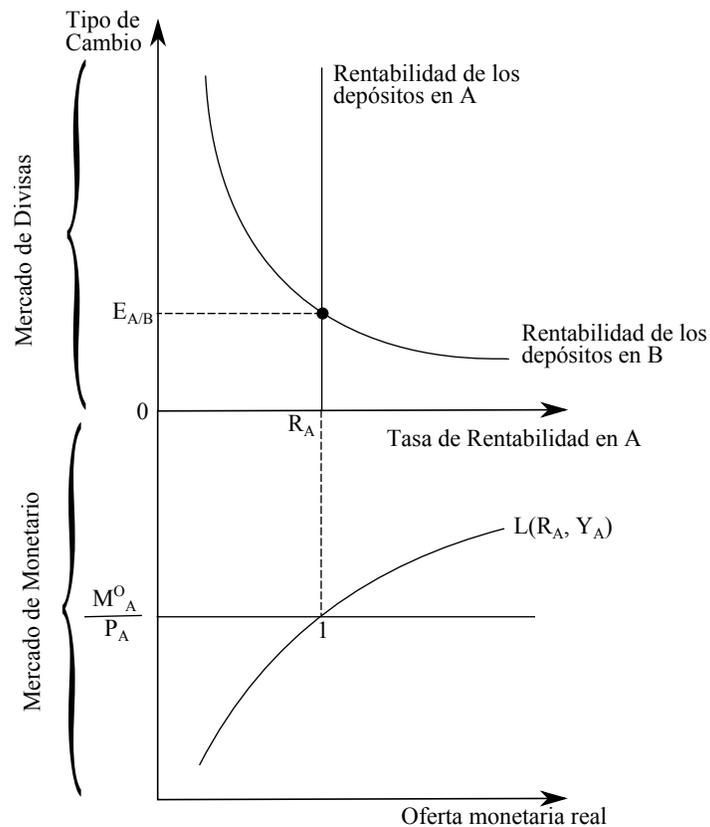
⁶Véase Apéndice A

⁷Véase Apéndice B

⁸Véase Apéndice A

⁹Véase apéndice B

Figura 2.4
Equilibrio simultáneo en el mercado monetario y el mercado de divisas



El equilibrio en el mercado de divisas se muestra en la parte superior del gráfico mientras que el equilibrio en el mercado monetario en la parte inferior, en donde, por cuestiones de practicidad, el gráfico está girado 90 grados hacia la derecha de forma que el tipo de interés se mide en el eje horizontal y la oferta monetaria real en el vertical (desde el cero hacia abajo).

En la parte que corresponde al equilibrio del mercado de divisas se muestra el tipo de interés al cual se cumple la condición de paridad de intereses, el cual es R_A y el tipo de cambio de equilibrio, que es $E_{A/B}$. Por otro lado, en la parte inferior se muestra cómo con una oferta monetaria M_A^s , el mercado monetario logra su equilibrio a un tipo de interés igual al que mantiene las rentabilidades iguales, es decir R_A .

Este gráfico muestra de manera general la relación entre ambos mercados monetarios, la cual se da de la siguiente manera: el país cuya divisa es A , por ejemplo, fija su tipo de interés R_A a través de su oferta monetaria y este a su vez, influye sobre el tipo de cambio que mantiene la paridad de intereses con la divisa de otro país (en este caso aquel cuya divisa es B). De manera análoga para el mercado monetario del país con moneda B pues éste, a través de su oferta monetaria también, fija su tipo de interés en R_B , influyendo de esta forma sobre el tipo de cambio que mantiene la paridad de intereses con A .

2.4.2.2. La función AA

La función AA muestra las variaciones del tipo de cambio y de la renta que deben ocurrir para que el mercado de divisas y el mercado monetario permanezcan en equilibrio.

Si se toma en cuenta un nivel de producción Y_1 y una oferta monetaria real fija, el equilibrio en el mercado monetario está dado por:

$$\frac{M^s}{P} = L(R_1, Y_1)$$

en donde R_1 es el tipo de interés de equilibrio en dicho mercado, el cual, con el tipo de interés externo y el tipo de cambio futuro esperado constantes, determina el tipo de cambio de equilibrio en el mercado de divisas pues se iguala con las tasas de rentabilidad esperadas de los depósitos en moneda extranjera denominados en moneda nacional, este tipo de cambio en este caso es E^1 .

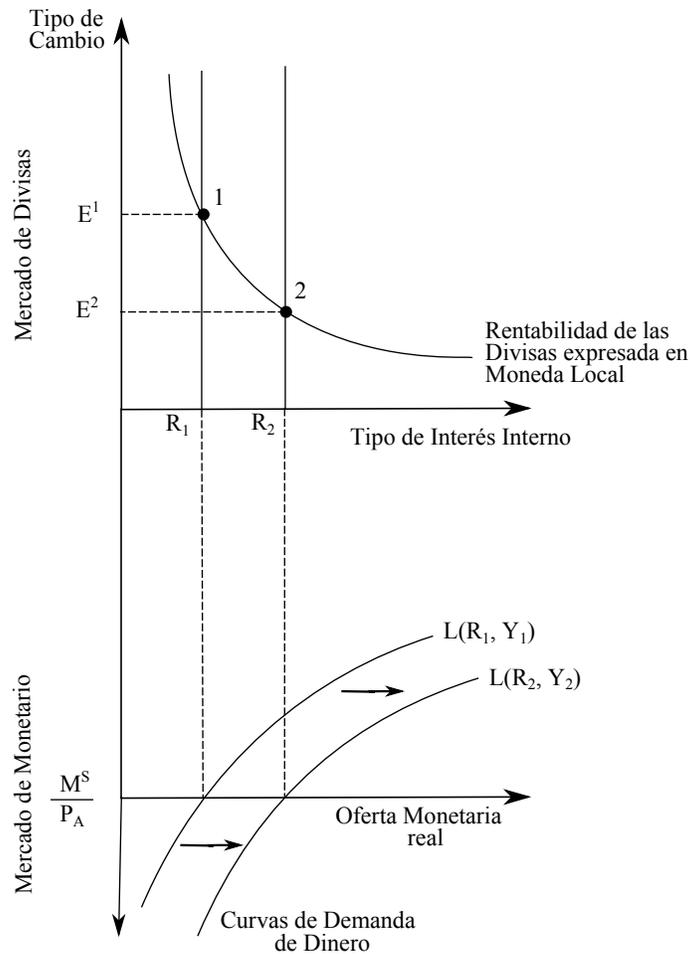
Pues bien, gracias a la teoría de la preferencia de la liquidez se sabe que un incremento de la producción de Y_1 a Y_2 aumenta la demanda agregada de dinero de $L(R_1, Y_1)$ a $L(R_2, Y_2)$ desplazando esta curva hacia la derecha y presionando a la alza los tipos de interés de equilibrio, en este caso de R_1 a R_2 . Para mantener el equilibrio simultaneo en el mercado de activos el tipo de cambio debe apreciarse lo suficiente para que la tasa de depreciación que se espera de la moneda local sea lo suficientemente alta e iguale al nuevo tipo de interés R_2 .¹⁰

¹⁰Véase Apéndice C

Lo anterior se ilustra en el siguiente gráfico:

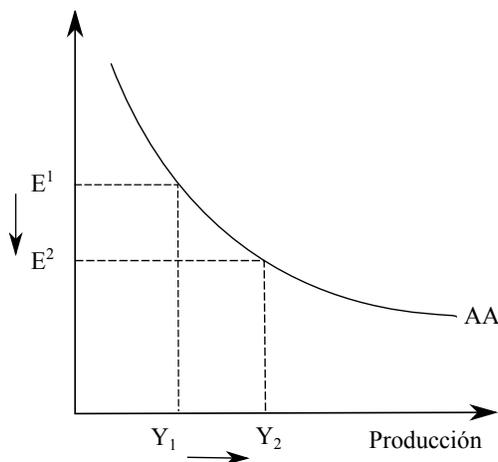
Figura 2.5

Efecto de un incremento en la producción sobre el tipo de cambio



En resumen, si todo lo demás permanece constante, para que el mercado monetario y el mercado de divisas permanezcan en equilibrio un incremento de la producción de Y_1 a Y_2 debe venir acompañado de una apreciación de la moneda local, es decir de una disminución del tipo de cambio de E^1 a E^2 , análogamente, una disminución de la renta debe venir acompañada de una depreciación. Por lo tanto la función AA tiene pendiente negativa.

Figura 2.6
El equilibrio en el mercado de activos: Función AA



2.4.2.3. Desplazamiento de la función AA

La construcción de la función AA se hace a partir de suponer que la oferta monetaria, el tipo de cambio futuro esperado y el tipo de interés externo son fijos por lo que un cambio en estas variables provocan el desplazamiento de la función.

Si el gobierno decide aplicar una política monetaria expansiva, con un nivel de producción Y , la oferta monetaria real se incrementa pues el nivel de precios es constante, esto presiona a la baja los tipos de interés y la moneda local se deprecia con lo cual, dado el nivel de producción fijo, ocasiona que la función AA se desplace de manera ascendente.

De forma análoga, para el caso de una política monetaria restrictiva pues ésta hace que la oferta monetaria real disminuya presionando al alza los tipos de interés, apreciando la moneda nacional y desplazando de forma descendente a la función AA.

La función AA también responde a las variaciones del nivel de precios, tipo de cambio esperado y tipo de interés externo, sin embargo dado que

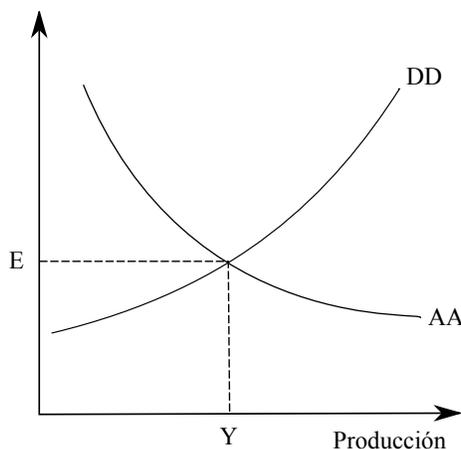
este análisis se centra en el corto plazo el nivel de precios ya se considera fijo mientras que los otros dos datos se consideran dados.

En conclusión, la función AA muestra las combinaciones de nivel de renta y tipo de cambio que son coherentes con el equilibrio en el mercado de activos. Se traza considerando una política monetaria fija. Si se aplica una política monetaria expansiva se provoca una depreciación de la moneda por lo que la función AA se desplaza en sentido ascendente. De lo contrario si se aplica una política monetaria restrictiva pues la moneda se aprecia y la función AA se desplaza en sentido descendente.

2.4.3. El equilibrio conjunto a corto plazo: DD-AA

El equilibrio a corto plazo de una economía depende de que el mercado de activos y el mercado de productos se encuentren también en equilibrio, es por esto que el equilibrio conjunto en una economía se determina a partir de que exista el equilibrio en estos dos mercados, es decir, si se considera el nivel de precios, el tipo de cambio esperado, la oferta monetaria y el tipo de interés externo fijos, el equilibrio en una economía abierta a corto plazo se puede determinar justo en la intersección de las funciones AA y DD.

Figura 2.7
Equilibrio en el mercado de activos y el mercado de productos



Capítulo 3

Modelo de cuenta corriente para México, 1995.1-2012.1

En este capítulo a partir de datos obtenidos a través del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) se presenta un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con el que se corrobora la validez de la teoría de la cuenta corriente presentada por Krugman (2006) en donde pone a la cuenta corriente (CC) en función de la tasa de crecimiento del PIB y del tipo de cambio real (TCR). El modelo está estimado para el caso de México para el periodo 1995.1 - 2012.1. La frecuencia de los datos es trimestral.

Se elige el método MCO ya que cuando los estimadores satisfacen los supuestos de correcta especificación, y las variables son estacionarias (esto se determina a partir de las pruebas de raíces unitarias), los estimadores de MCO son los mejores estimadores lineales insesgados (MELI).

A partir de este modelo se comprobó que, efectivamente, la teoría se cumple para el caso de México en el periodo elegido, pues como ésta señala se obtiene un efecto negativo asociado al PIB y uno positivo asociado al tipo de cambio real sobre la cuenta corriente.

A diferencia de la teoría presentada, debido al orden de integración de las series se utilizó la tasa de crecimiento del PIB.

Para evitar que la regresión estimada arrojara resultados espurios se apli-

caron las pruebas de raíz unitaria a las series que intervienen en el modelo para comprobar que éstas fueran estacionarias. Asimismo, se verificó que los residuos del modelo cumplieran los supuestos de normalidad, no autocorrelación, no heteroscedasticidad y que fueran estables. Además se comprobó que la series entran de manera lineal en el modelo.

3.1. Análisis de series

En este apartado se realiza el análisis pertinente de las series que intervienen en el modelo. La serie que muestra la tasa de crecimiento del PIB y la de cuenta corriente fueron extraídas de las fuentes mencionadas previamente y la serie del tipo de cambio real fue calculada a partir de la teoría propuesta por Krugman (2006).

Para verificar que se tratara de series estacionarias se realizaron las pruebas de raíz unitarias Augmented Dickey - Fuller (ADF), Phillips - Perron (PP) y Kwiatkowski - Phillips - Schmidt - Shin (KPSS)

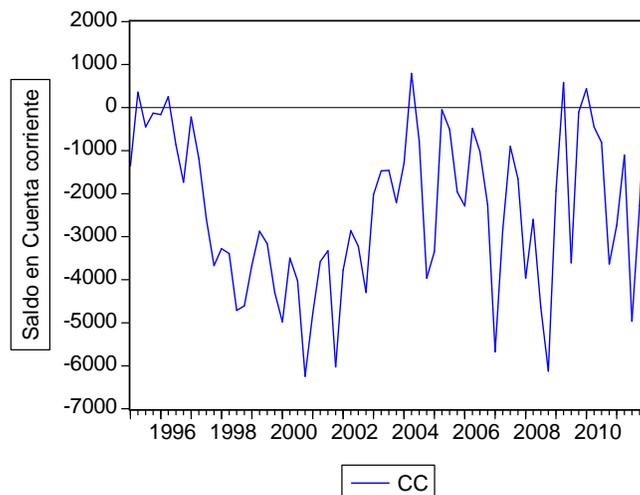
3.1.1. Evolución histórica de la cuenta corriente

El periodo de estudio señalado que abarca de 1995.1 a 2012.1 muestra la evolución del saldo de la cuenta corriente desde el comienzo de la apertura comercial hasta fechas recientes.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica México ha tenido un saldo deficitario para la mayor parte del periodo. Lo anterior se justifica en la siguiente gráfica:

Figura 3.1
Cuenta Corriente de México, 1995.1 - 2012.1

(Año base: 2003)



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI

La figura 3.1 muestra que durante el periodo de estudio la cuenta corriente únicamente ha presentado seis periodos supervitarios.

De acuerdo a un artículo publicado en “El Universal”, entre 1990 y 1993 entró muchísimo dinero a México por inversión de cartera, este dinero adicional no se convirtió en más inversión, sino en menor ahorro interno, o lo que es lo mismo, en más consumo de los mexicanos. Dicho más fácil, se consumieron los dólares que venían, y se consumieron en forma de importaciones: dulces y chocolates, ropa y calzado, electrodomésticos etcétera. Cuando, en 1994, el terror político provocó que los que habían traído sus dólares los quisieran de regreso, resultó que ya no se tenían. Por eso la crisis de 1995.

Por otra parte y citando al artículo “La restricción por balanza comercial al crecimiento”¹ del autor Oscar Fernández,² el comportamiento de la economía estadounidense ha influido profundamente en el de la mexicana debido

¹Publicación tomada de *Los Grandes problemas de México*.

²Profesor e investigador del Centro de Estudios Económicos de El Colegio de México.

a que toda la economía nacional —tanto su sector exportador como el no exportador—, en la medida en que crece, demanda un correspondiente volumen de importaciones y por consiguiente de divisas, las cuales son proporcionadas mayormente por el sector exportador. Este sector tiene, por consiguiente, un significativo carácter estratégico. Las fluctuaciones de la economía de Estados Unidos afectan a la de México debido a que condicionan la generación de divisas para el total de la economía mexicana, por lo que si el sector exportador se debilita, se reduce entonces la obtención de las divisas necesarias para costear las importaciones requeridas. Esto ocasiona que el crecimiento tenga que reducirse, o bien incurrir a problemas de balanza comercial.

Por otro lado y siguiendo al autor, el deterioro creciente de la balanza comercial mexicana en los últimos lustros significa que la brecha entre la inversión y el ahorro se ha ensanchado significativamente. Puesto que el ahorro no crece, la inversión tampoco puede hacerlo, pues se corre el riesgo de incrementar peligrosamente el déficit comercial. De ahí que la economía mexicana sólo pueda crecer lentamente. Los modestos intentos por hacerla crecer mediante la inversión sólo han conducido a un mayor deterioro de la balanza comercial.

3.1.2. Estimación del tipo de cambio real

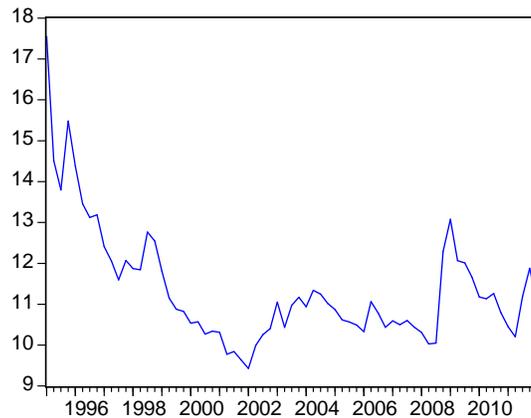
A partir de datos del INEGI y del CEFEP se estima el tipo de cambio real siguiendo a Krugman (2006) a través de la siguiente fórmula:

$$q = \frac{E_{MEX/EUA} \cdot IPC_{EUA}}{INPC_{MEX}}$$

donde $E_{MEX/EUA}$ es el tipo de cambio nominal pesos por dólar, IPC_{EUA} es el Índice de Precios al Consumidor de Estados Unidos (CPI por sus siglas en inglés) y finalmente $INPC_{MEX}$ es el Índice Nacional de Precios al Consumidor de México.

Para estimar el tipo de cambio se usó la base 2003.1=100 tanto en el IPC de Estados Unidos como en el INPC de México. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente gráfica:

Figura 3.2
Tipo de Cambio real México, 1995.1 - 2012.1
(Año base: 2003)



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y del CEFP.

La figura 3.2 muestra el precio de una cesta americana en términos de una nacional para cada uno de los trimestres.

Es posible observar que la serie recoge adecuadamente los choques sobre el tipo de cambio provocados por las crisis económicas de 1995 y 2009, ya que como se puede apreciar tales periodos aparecen como *outliers*.

3.1.3. Pruebas de raíz unitaria

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar las pruebas de raíz unitaria Augmented Dickey - Fuller (ADF), Phillips - Perron (PP) y Kwiatkowski - Phillips - Schmidt - Shin (KPSS) a las series que conforman el modelo. Los resultados son los siguientes:

Cuadro 3.1
Pruebas de raíz unitaria en niveles

<i>Serie</i>	ADF	PP	KPSS
CC	-2.4895 ²	-2.2779 ¹	0.1473 ²
lnY	2.0711 ¹	3.2683 ¹	1.0408 ²
q	-5.0892 ²	-5.1135 ²	0.2280 ³

¹Pruebas sin constante ni tendencia, ²Pruebas con constante,

³Pruebas con constante y tendencia

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y del CEFP.

El cuadro 3.1 indica que las series de cuenta corriente y tipo de cambio real son I(0) en niveles mientras que el logaritmo natural del PIB es al menos I(1), por lo cual se procede a aplicar las pruebas en primera diferencia.

Cuadro 3.2
Pruebas de raíz unitaria en primera diferencia

<i>Serie</i>	ADF	PP	KPSS
Δ lnY	-2.4869 ¹	-11.2827 ¹	0.2023 ²

¹Pruebas sin constante ni tendencia, ²Pruebas con constante,

³Pruebas con constante y tendencia

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y del CEFP.

El cuadro 3.2 nos muestra que el logaritmo natural del PIB es estacionario en primera diferencia, y dado que es I(1) en niveles el modelo estimado se hace tomando en cuenta la primera diferencia de la serie. Este cambio implica, de acuerdo a Romer (2001), que se está usando la tasa de crecimiento del PIB, como variable de aproximación.

Además, incluir variables que son I(0) en su totalidad, implica de acuerdo a Charemza y Deadman (1997), que no es necesario hacer pruebas de cointegración, pues estas carecen de sentido.

3.2. Metodología de mínimos cuadrados ordinarios

En esta sección se presenta la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) la cual, como se advirtió, se emplea en este trabajo para reproducir la Cuenta Corriente para el caso de México.

Así pues, una regresión lineal realizada mediante el método MCO de k variables, que tiene a la variable dependiente Y y $k - 1$ variables explicativas: X_2, X_3, \dots, X_k , con enfoque matricial, puede escribirse como:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{21} & X_{31} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{22} & X_{32} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{2n} & X_{3n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_k \end{bmatrix}$$

Desarrollando se obtienen n ecuaciones simultáneas que conforman el modelo, una por cada observación en la serie, de manera abreviada esto es:

$$y = \mathbf{X}\beta + u$$

donde \mathbf{X} es la matriz que contiene a las observaciones, a la cual se le denomina “matriz de información”, β es el vector de parámetros desconocidos y u es el vector de perturbaciones.

Para obtener el estimador de β mediante MCO, se parte de describir la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$y = \mathbf{X}\hat{\beta} + \hat{u}$$

donde $\hat{\beta}$ representa el vector de k elementos de los estimadores de MCO y \hat{u} son los residuos estimados.

Despejando a \hat{u} de la ecuación anterior se obtiene:

$$\hat{u} = y - \mathbf{X}\hat{\beta}$$

Ahora, si lo anterior se multiplica por \hat{u}' se obtiene:

$$\hat{u}'\hat{u} = \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$$

donde $\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$ es la suma de los residuos al cuadrado. Asimismo se tiene que:

$$\hat{u}'\hat{u} = (y - \mathbf{X}\hat{\beta})' (y - \mathbf{X}\hat{\beta}) = y'y - 2\hat{\beta}'\mathbf{X}'y + \hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\beta}$$

El método de MCO exige que para estimar al $\hat{\beta}$ se minimice el valor de $\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$ por lo que se diferencia la anterior igualdad con respecto a $\hat{\beta}$ y se iguala a cero, lo que da como resultado:

$$(\mathbf{X}'\mathbf{X})\hat{\beta} = X'y$$

luego, multiplicando ambos lados por la inversa $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ queda:

$$(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{X})\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}X'y$$

de donde se sigue:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}X'y$$

La anterior ecuación muestra que el vector de coeficientes estimados puede ser calculado a partir de la información con la que se cuenta.³

3.3. Análisis de resultados

Una vez comprobado que las series son estacionarias se procede a estimar el modelo. Para ello fue necesario incluir una variable *dummy* con el fin de proporcionar la información faltante en aquellos periodos donde la serie presentaba saltos fuertes y por tanto no era estimado de manera adecuada por el modelo, esto es, se ocupó la variable *dummy* como variable *proxy* de choque.

La forma funcional del modelo se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3
Forma funcional del modelo MCO

Modelo en Niveles	$CC = \alpha + \hat{\beta}_1 Y_t + \hat{\beta}_2 q_t + \hat{\beta}_3 D + \hat{u}$
--------------------------	---

Notas: $Y_t = \Delta \ln Y_t$; q_t el tipo de cambio real; $D_1 = Dummy$

Fuente: Elaboración propia con base en la teoría presentada por Krugman (2006).

³El método de estimación por MCO exige que $(X'X)$ exista

El modelo estimado pone a la variable dependiente y a la serie del tipo de cambio real en niveles y a la variable explicativa del PIB en su primera diferencia. La primera diferencia del logaritmo natural del PIB devuelve su tasa de crecimiento.

El siguiente cuadro resume los resultados obtenidos al estimar el saldo de cuenta corriente para la economía mexicana a partir del método MCO:

Cuadro 3.4
Estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios, 1995.1 - 2012.1

CC	=	- 9574.83	-68.63 $\Delta \ln Y$	+625.19TCR	+2656.86D
t-student		-15.58	-3.41	11.54	24.65

Fuente: Elaboración propia con datos del CEFP y del INEGI.

El cuadro 3.4 muestra que los estimadores obtenidos a partir del método MCO efectivamente tienen influencia sobre la cuenta corriente de acuerdo a lo señalado por la teoría.

Tal y como el método MCO exige y para este trabajo en particular se han comprobado con éxito los supuestos de normalidad, no autocorrelación, no heteroscedasticidad y estabilidad. Los resultados se resumen en los siguientes cuadros:

Cuadro 3.5
Pruebas de Correcta Especificación
(Puebas al 5 % de significancia)

Normalidad	Autocorrelación	ARCH	Heteroscedasticidad	
			Prueba de White	
Jarque-Bera	Breusch - Godfrey LM(12)	LM (12)	Términos no Cruzados	Términos Cruzados
χ^2	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
0.2037 (0.9031)	13.6577 (0.3230)	8.12711 (0.7635)	11.3931 (0.0769)	12.32795 (0.1954)

Nota: Entre paréntesis se muestran los valores p

Fuente: Elaboración propia con base en el modelo del cuadro 3.4

El cuadro 3.5 nos muestra que los residuos del modelo satisfacen los supuestos de correcta especificación a un nivel de 5% de significancia. Asimismo, a partir de las pruebas de RESET Ramsey, se ha verificado que la especificación lineal de las variables endógenas sea la adecuada, y se revisó que la bondad de ajuste fuera aceptable. Los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

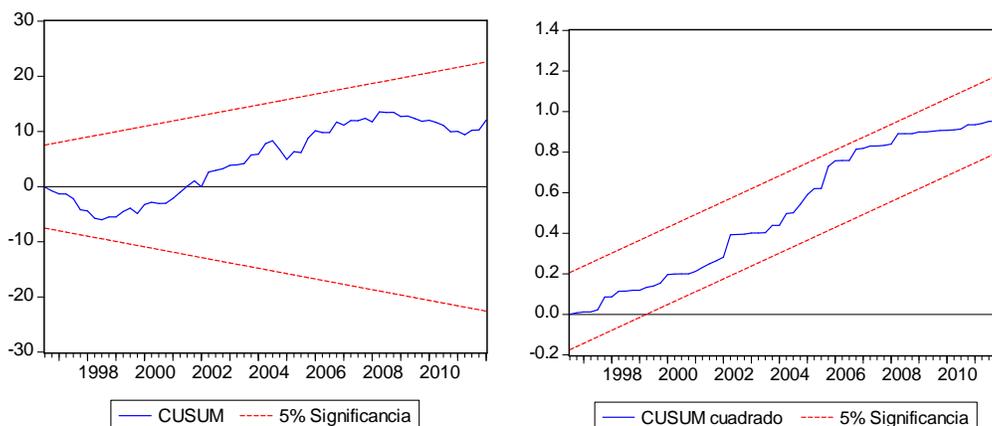
Cuadro 3.6
RESET Ramsey y Coeficientes de Determinación R^2
(Puebas al 5 % de significancia)

RESET Ramsey		Bondad de ajuste
Un término Ajustado	Dos términos ajustados	
F	F	R^2
2.5128	1.5401	0.9189
(0.1179)	(0.2224)	

Fuente: Elaboración propia con base en el modelo del cuadro 3.4

Las pruebas CUSUM y CUSUM cuadrado se realizaron una vez que se confirmó estadísticamente que el modelo no tenía problemas de autocorrelación y de heteroscedasticidad, ya que estas dos son condiciones para aplicar dichas pruebas, de acuerdo con Araya (1996). Las gráficas de dichas pruebas se aprecian en la siguiente figura:

Gráfica 3.2
Pruebas CUSUM y CUSUM cuadrado

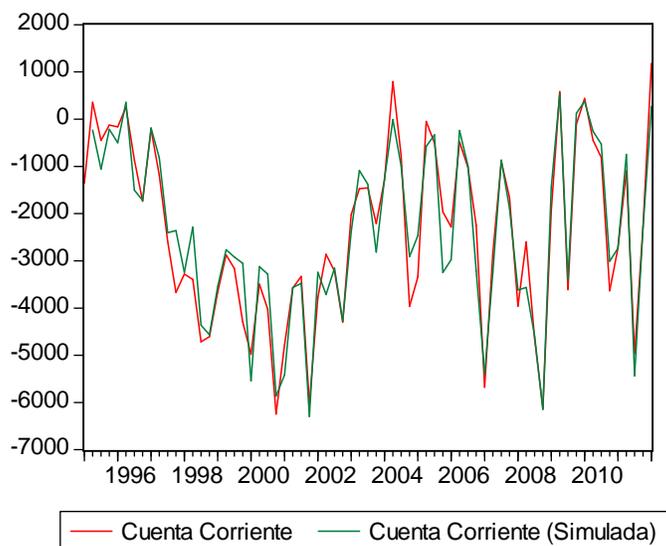


Tal y como se puede apreciar en la gráfica 3.2 no se acepta que los estimadores sean inestables en el largo plazo por lo que la prueba para este modelo resulta exitosa.

3.3.1. Simulación histórica del modelo MCO

Como última prueba al modelo de MCO se verificó que éste simulara de manera adecuada la serie de la cuenta corriente. Los resultados se presentan en la siguiente gráfica:

Gráfica 3.3
Simulación histórica del modelo MCO



Como se puede apreciar la serie simulada recoge de manera adecuada los principales quiebres de la serie original, por lo que es congruente con la elevada R^2 obtenida.

3.3.2. Interpretación del modelo

Una vez que se ha comprobado que el modelo cumple los supuestos de correcta especificación y que éste simula de forma correcta a la serie original se puede proceder a interpretarlo. Tal como la teoría lo sugiere, el ingreso tiene un efecto negativo sobre la cuenta corriente; lo contrario sucede ante un aumento en el tipo de cambio real pues éste tiene signo positivo en el modelo.

En términos numéricos y para el caso mexicano esto significa que por cada punto porcentual que el PIB aumente la cuenta corriente disminuye en 68.63 millones de dólares. Por su parte, por cada peso que aumenta el tipo de cambio real la cuenta corriente aumenta también en 625.19 millones de dólares.

Finalmente, la constante, al tener signo negativo, refleja el déficit en cuenta corriente que México ha tenido durante el periodo de estudio.

Conclusiones

A partir de la estimación del modelo de mínimos cuadrados ordinarios es posible corroborar la validez de la teoría propuesta por Krugman (2006) para la economía mexicana en el periodo de estudio señalado, esto es, el crecimiento del PIB tiene signo negativo en la ecuación, mientras que el tipo de cambio real positivo.

Lo anterior indica que un factor importante e influyente para el aumento de la cuenta corriente en México es el tipo de cambio real, en específico el tipo de cambio real con respecto al dólar americano, por ser Estados Unidos su principal socio comercial. De manera contraria cuando se trata de un aumento del producto interno bruto pues este significa un aumento en la producción y por lo tanto en los ingresos lo que estimula el gasto en importaciones y disminuye el saldo de cuenta corriente.

Sin embargo, una política que aumente el tipo de cambio real, es decir, promotora de exportaciones vía tipo de cambio genera una pérdida en el poder adquisitivo de la moneda lo cual influye de manera negativa en el consumo privado.

Bibliografía

- [1] Araya, R. (1996), *Pruebas de estabilidad CUSUM y CUSUM Cuadrado*, Banco Central de Costa Rica, enero.
- [2] Charemza, W. W. and D. F. Deadman, (1997), *New Directions in Econometric Practice: General to Specific Modelling, Cointegration and Vector Autoregression*, 2nd Edition, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- [3] Dornbusch Rudiger, Fischer S., Startz R., (2002), *Macroeconomía*, 8a ed., Madrid: Mc Graw Hill.
- [4] Enders, W., (2004), *Applied Econometric Time Series*, 2nd Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Gujarati, D.N., (2009) *Econometría*, 5a. ed., Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- [6] Krugman P. R., Obstfeld M., (2006), *Economía Internacional/Teoría y Política*, 7a ed., Madrid: Pearson, Editor.
- [7] Mankiw, N. G., (2001) *Macroeconomía*, 4ta ed., Barcelona: Antoni Bosch, Editor.
- [8] Ordorica M., Prud'homme J-F., complilación, coordinación, *Los grandes problemas de México*, 1a ed., México: El Colegio de México, 2012
- [9] Pindyck, R. S. y D. L. Rubinfeld, (2001), *Econometría: Modelos y Pronósticos*, 4a. ed., México: McGraw - Hill.
- [10] Romer, D., (2001), *Macroeconomía Avanzada*, 2da ed., Madrid: Mc Graw Hill

- [11] Schettino M. (2013) “Desorden” en *El Universal*, 16 de abril.
- [12] Sosa, S. W., (2001), *Modelos Macroeconómicos. De los “clásicos” a la macroeconomía de las economías periféricas*, México: Editorial Tlaxcallan.

Apéndice A

La condición de paridad de intereses

Uno de los objetivos que tiene el mantener riqueza es transferir poder adquisitivo presente hacia el futuro. Si se habla de un mercado de dinero, el interés de aquellos que invierten en depósitos bancarios, por ejemplo, radica en el valor futuro de los mismos, esto es, el porcentaje en el que aumenten su valor en un periodo de tiempo determinado, es decir, en su tasa de rentabilidad. Sin embargo muchas veces no es posible saber con exactitud la rentabilidad que produce un activo una vez adquirido, por lo que la decisión de invertir o no en él se basa en una tasa de rendimiento esperada, la cual, en el caso de un depósito bancario en una divisa A , depende del tipo de interés que ofrece (R_A), del tipo de cambio de otra divisa B respecto a A es decir $E_{B/A}$, del tipo de cambio futuro esperado de estas dos mismas monedas ($E_{B/A}^e$) y de una tasa de depreciación esperada.

Definición A.1. *La tasa de depreciación esperada de una divisa A respecto a una divisa B es el incremento porcentual del tipo de cambio de A respecto a B durante un año, esto es $\frac{E_{A/B}^e - E_{A/B}}{E_{A/B}}$. La tasa de rentabilidad esperada, expresada en una divisa B , de un depósito denominado en una divisa A es igual a $R_A + \left(\frac{E_{B/A}^e - E_{B/A}}{E_{B/A}}\right)$.*

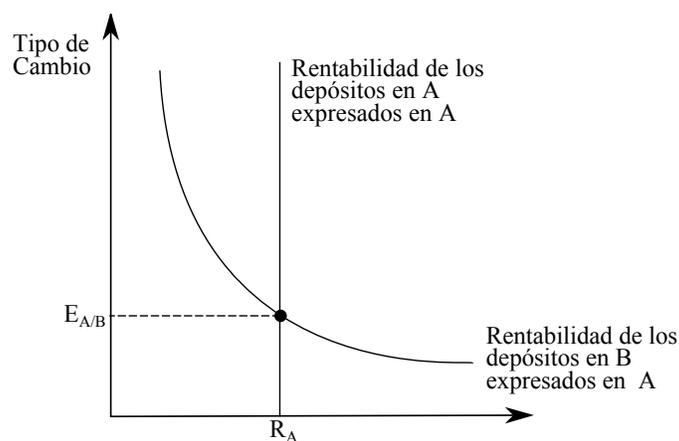
Los depósitos bancarios juegan un papel muy importante en el mercado de divisas pues su funcionamiento es básico para que se de el equilibrio en dicho mercado. Si se parte de la suposición de que los agentes que participan en este mercado basan sus demandas de depósitos bancarios, denominados

en diferentes divisas, sólo en función de una comparación de las tasas de rentabilidad esperada de esa clase de activos; para que esta comparación sea válida es necesario que las rentabilidades de los activos que desea comparar estén expresadas en términos de una misma moneda. Si se toma en cuenta que los agentes siempre prefieren mantener aquellos depósitos que ofrezcan la mayor tasa de rentabilidad esperada, si la rentabilidad del depósito bancario en la divisa A es mayor que la del depósito en la divisa B , los tenedores de éstos últimos desean cambiar sus depósitos por depósitos en A , provocando así un exceso de oferta de depósitos en B y un exceso de demanda de depósitos en A . Es por esto que para que el mercado de divisas se encuentre en equilibrio los depósitos de todas las divisas deben ofrecer la misma tasa de rentabilidad, a esto se le conoce como **condición de paridad de intereses** e implica que los tenedores potenciales de depósitos en divisas consideran todos los depósitos como activos igualmente deseables.

Definición A.2. *La condición de paridad de intereses se define como la condición de igualdad entre las rentabilidades esperadas de dos depósitos denominados en dos divisas cualesquiera y expresadas en la misma unidad monetaria. Para dos divisas A y B esto se cumple cuando $R_A = R_B + \left(\frac{E_{A/B}^e - E_{A/B}}{E_{A/B}} \right)$.*

La gráfica que ilustra el equilibrio en el mercado de divisas, es decir, la condición de paridad de intereses es la siguiente:

Figura A.1
Condición de Paridad de Intereses



Apéndice B

Teoría de la preferencia por la liquidez

Definición B.1. *La oferta monetaria real representa la cantidad de dinero que la gente puede gastar en la adquisición de bienes y servicios. Si M representa la oferta monetaria¹ y P el nivel de precios, $\frac{M}{P}$ es la oferta monetaria real.*

La teoría de la preferencia por la liquidez supone una oferta monetaria real fija, es decir:

$$\left(\frac{M}{P}\right)^o = \frac{\bar{M}}{\bar{P}}$$

por lo que evidentemente la oferta monetaria real no depende del tipo de interés. Por lo tanto, cuando la representamos en relación con el tipo de interés se obtiene una curva de oferta vertical.

Definición B.2. *La demanda monetaria real representa la cantidad de dinero que la gente desea gastar en la adquisición de bienes y servicios.*

La teoría de la preferencia por la liquidez sostiene que el tipo de interés es un determinante de la cantidad de dinero que las personas desean tener, esto es debido a que el tipo de interés se considera el costo de oportunidad² de tener dinero en las manos, dicho de otra manera, es a lo que se renuncia por

¹Cantidad de billetes y monedas metálicas en circulación, más los depósitos a la vista y a plazo en moneda nacional, existentes en la economía. Tomado de Banco de México.

²Se utiliza para enfatizar que la toma de decisiones sobre recursos escasos implica un costo. Es el valor de la alternativa o la mejor alternativa no elegida.

tener el dinero físicamente. Por lo tanto si el tipo de interés es alto, la gente quiere tener menos cantidad de su riqueza en dinero y si el tipo de interés es bajo pasa lo contrario. Es por esto que la demanda monetaria real $\left(\frac{M}{P}\right)^d$ se puede expresar de la siguiente manera:

$$\left(\frac{M}{P}\right)^d = L_z(i)$$

donde $L_z(i)$ representa la demanda de dinero o la preferencia por la liquidez.

La oferta monetaria real y la demanda monetaria real determinan el tipo de interés que predomina en la economía. Al tipo de interés de equilibrio, la cantidad monetaria real demandada es igual a la ofertada.

Siempre que el mercado de dinero no se encuentra en equilibrio, la gente trata de ajustar sus carteras, este proceso altera el tipo de interés logrando un ajuste hacia el equilibrio. Si por ejemplo, el tipo de interés está por arriba del de equilibrio la cantidad real monetaria ofertada está por arriba de la demandada lo que hace que las personas que tienen el exceso de oferta monetaria real quieran convertir el dinero que no rinde intereses en bonos o depósitos bancarios. Por su parte los bancos y emisores de bonos, que prefieren pagar tasas bajas, responden a este exceso de oferta de dinero bajando los tipos de interés que ofrecen hasta llegar nuevamente al punto de equilibrio. Si por el contrario, el tipo de interés está por debajo del de equilibrio, la demanda de dinero es mayor a la ofrecida, por lo que los individuos tratan de obtener dinero vendiendo bonos o retirando fondos de sus depósitos bancarios. Para atraer fondos, que ahora son mas escasos, los bancos y emisores de bonos responden subiendo los tipos de interés que ofrecen hasta que éstos llegan al equilibrio.

Los tipos de interés reaccionan ante variaciones de la oferta monetaria. Por ejemplo, si el Banco Central decide reducir la oferta monetaria, es decir reducir M , esto implica una reducción de $\frac{M}{P}$ ya que P es fijo, lo que significa desplazar la curva de oferta monetaria real hacia la izquierda lo que hace que el tipo de interés de equilibrio suba. Pasa lo contrario cuando el Banco Central aumenta la oferta monetaria pues la curva de oferta real se desplaza a la derecha causando una reducción en el tipo de interés.

Apéndice C

Las rentabilidades y las tasas de depreciación

Puesto que las rentabilidades esperadas están en función del tipo de cambio es de gran importancia analizar lo que sucede cuando éstas varían. Se parte de la suposición de que, para una divisa A y otra denominada B , los tipos de interés R y las expectativas acerca del tipo de cambio futuro $E_{A/B}^e$ permanecen constantes. De manera preliminar se analiza el siguiente ejemplo.

Ejemplo C.1. Sea $R_B = 2\%$, $E_{A/B}^e = 1,08$, $E_{A/B} = 1,01$ ¿cual es la rentabilidad esperada de los depósitos en A denominados en B ?

Dado que la rentabilidad esperada de los depósitos en B denominados en A están determinados por $R_B + \left(\frac{E_{A/B}^e - E_{A/B}}{E_{A/B}}\right)$ entonces,

$$\text{Rentabilidad esperada} = 2\% + \left(\frac{1,08 - 1,01}{1,01}\right) = 2\% + \left(\frac{0,07}{1,01}\right) = 2\% + 6,9\% = 8,9\%$$

Si el día de hoy A sufre una depreciación frente a B y entonces el tipo de cambio hoy fuera de $E_{A/B} = 1,02$ ¿cual sería el rendimiento esperado de los depósitos en B denominados en A ?

$$\text{Rentabilidad esperada} = 2\% + \left(\frac{1,08 - 1,02}{1,02}\right) = 2\% + \left(\frac{0,06}{1,02}\right) = 2\% + 5,8\% = 7,8\%$$

Dado que el tipo de interés no ha cambiado, la rentabilidad esperada ha disminuido en 1.1 puntos porcentuales (6.9% - 5.8%).

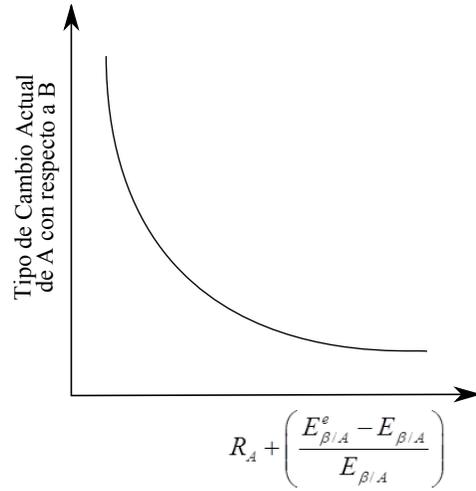
El ejemplo anterior sugiere entonces que, estando los tipos de interés y el tipo de cambio futuro esperado $E_{A/B}^e$ constantes, un aumento en el tipo de cambio actual $E_{A/B}$ reduce entonces la rentabilidad esperada de los depósitos en B denominados en A mientras que una caída del tipo de cambio la incrementará.

Lo anterior se deduce si se parte de la importancia que tiene el hecho de que el tipo de interés y el tipo de cambio futuro se consideran constantes, esto es, puesto que el rendimiento de los depósitos bancarios en B denominados en A se deducen de sumar el tipo de interés y la tasa de depreciación, es decir $R_B + \left(\frac{E_{A/B}^e - E_{A/B}}{E_{A/B}} \right)$ entonces es fácil ver que ante un aumento de $E_{A/B}$ la tasa de depreciación disminuye y por lo tanto la rentabilidad esperada también. De esta manera una depreciación de A en el presente, por ejemplo, significa que A necesita depreciarse menos para alcanzar cualquier nivel dado de rentabilidad esperada en el futuro, por lo tanto, la depreciación de una moneda hoy es lo que hace que los depósitos en esa moneda resulten menos atractivos en comparación con los depósitos en la divisa respecto a la que se depreciaron.

De manera análoga si $E_{A/B}$ disminuye pues esto hace que la tasa de depreciación aumente y por lo tanto la rentabilidad también. Lo anterior se refleja en el siguiente gráfico.

Figura C.1

Relación entre tipo de cambio actual entre la divisa A con respecto a la divisa B y la rentabilidad esperada en A de los depósitos en B



Apéndice D

Definiciones, resultados, metodología y pruebas para los modelos MCO

Definición D.1. Se define la tasa de crecimiento de una serie de tiempo X , como su tasa de cambio proporcional, por lo que su expresión es $\frac{\dot{X}(t)}{X(t)}$, donde $\dot{X}(t) = \frac{dX(t)}{dt}$.

Proposición D.1. La tasa de crecimiento de una variable X es igual a la tasa de crecimiento de su logaritmo natural con respecto al tiempo, esto es $\frac{\dot{X}(t)}{X(t)} = \frac{d \ln X(t)}{dt}$

Demostración. Dado que $\ln(X(t))$ es una función de X , y X a su vez es una función de t , podemos usar la regla de la cadena, esto es:

$$\frac{d \ln(X(t))}{dt} = \frac{d \ln X(t)}{dX(t)} \frac{dX(t)}{dt} = \frac{1}{X(t)} \dot{X}(t)$$

□

D.1. Prueba de Jarque - Bera

El estadístico Jarque - Bera de normalidad (JB) está dado por la siguiente fórmula:

$$JB = \frac{N}{6} \left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right) \sim \chi_2^2$$

Donde N es el número de observaciones, S el sesgo, y K la curtosis. Estos estadísticos se calculan respectivamente como:

$$S = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right)^{\frac{3}{2}}}$$

y

$$K = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right)^2}$$

Si el estadístico JB es mayor que el valor crítico de la ji cuadrada, se rechaza la hipótesis nula.

D.2. Prueba Breusch - Godfrey de autocorrelación de orden superior

Supóngase que el término de perturbación es generado por el siguiente orden autorregresivo de orden p :

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde ε_t es el término de perturbación aleatorio y con varianza constante. Ahora bien la expresión anterior se estima mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios, con la siguiente hipótesis nula:

$$u_t = \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$$

La regresión del término \hat{u}_t se hace sobre todos los parámetros estimados del modelo más los términos rezagados del error. El número de observaciones para esta prueba es de $(n - p)$. Una vez estimada la regresión se debe obtener el término R^2 de esta.

Luego, Breusch y Godfrey demostraron que 'para muestras grandes se cumple que:

$$R^2 (n - p) \sim \chi_p^2$$

Si el valor de χ_p^2 excede al valor crítico ji-cuadrado se puede rechazar la hipótesis nula, en cuyo caso por lo menos un ρ es estadísticamente significativo.

El problema de esta prueba es que no se puede saber con exactitud cuál es el número de rezagos a incluir a priori. Por lo que es necesario que haya un cierto grado de experimentación con el valor de ρ .

D.3. Prueba ARCH (modelo autorregresivo de heteroscedasticidad condicional)

La prueba ARCH parte del supuesto que el comportamiento de los errores de predicción depende del comportamiento de las perturbaciones u_t .

La idea central de la prueba es que la varianza de u en el tiempo t depende del tamaño del término de error al cuadrado en el tiempo $(t - 1)$, esto es u_{t-1}^2 .

La forma de calcular la prueba es partiendo de la regresión de k variables dada por:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_{kt} X_{kt} + u_t$$

y suponiendo que condicional a la información disponible en el periodo $(t - 1)$, el término de perturbación se distribuye de la siguiente manera:

$$u_t \sim N [0, (\alpha_0 + \alpha u_{t-1}^2)]$$

Dado que la varianza de u_t depende de u_{t-1}^2 el proceso se denomina ARCH(1), pero se generaliza al proceso ARCH(p) como:

$$Var(u_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-p}^2$$

Si no hay autocorrelación en la varianza del error no se debe rechazar la hipótesis nula dada por:

$$H_o : \alpha_1 = \dots = \alpha_p = 0$$

Para probarlo Engle demostró que es posible utilizar la regresión:

$$\hat{u}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{u}_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \hat{u}_{t-p}^2$$

Esta prueba se puede evaluar con la F usual, o bien, a través de estimar:

$$nR^2 \sim \chi_p^2$$

D.4. Prueba general de heteroscedasticidad de White¹

En esta prueba, siguiendo a Gujarati (2010), se presenta la forma más simple de la prueba. Considere el siguiente modelo de regresión:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + u_t$$

Una vez estimada la regresión pasada y obtenidos los residuos \hat{u}_i se efectúa la siguiente regresión auxiliar:

$$\hat{u}_t^2 = \alpha_1 + \alpha_2 X_{2t} + \alpha_3 X_{3t} + \alpha_4 X_{2t}^2 + \alpha_5 X_{3t}^2 + \alpha_6 X_{2t} X_{3t} + v_t$$

Es decir, con el cuadrado de los residuos de la regresión original se hace la regresión sobre las variables regresoras X originales, sobre sus valores al cuadrado y sobre los productos cruzados de las regresoras. Una vez estimada esta regresión se obtiene el R^2 .

La hipótesis en esta prueba es que no hay heteroscedasticidad, es decir:

$$H_o : \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_6 = 0$$

Para demostrarlo puede probarse que el tamaño de la muestra n multiplicado por R^2 obtenido de la regresión auxiliar asintóticamente sigue la distribución ji cuadrada con gl igual al número de regresoras (sin el término constante) en la regresión auxiliar, es decir:

$$nR^2 \sim \chi_{gl}^2$$

¹Tomado de Gujarati

Si el valor ji cuadrada obtenido excede el valor ji cuadrada crítico la conclusión es que hay heteroscedasticidad, de lo contrario no la hay.

Se argumenta que, si no están presentes términos con productos cruzados en el procedimiento de la prueba de White, esto constituye una prueba de heteroscedasticidad pura y si existen tales términos es una prueba de heteroscedasticidad y de sesgo de especificación.

D.5. Prueba RESET de Ramsey

Ramsey propuso una prueba general de errores de especificación conocida como RESET (prueba del error de especificación en regresión). En esta parte, nuevamente siguiendo a Gujarati (2010) se presenta la forma más simple de la prueba.

A partir del modelo seleccionado debe obtenerse \hat{Y}_i , posteriormente se debe volver a efectuar la regresión introduciendo \hat{Y}_i con alguna forma funcional, con uno o varios regresores adicionales. Así, efectuamos la regresión:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \beta_3 \hat{Y}_i^2 + \beta_4 \hat{Y}_i^3 + u_i$$

Entonces es posible utilizar una prueba F, a decir verdad la siguiente:

$$F = \frac{(R_{nuevo}^2 - R_{viejo}^2) / \text{número de regresores nuevos}}{(1 - R_{nuevo}^2) [n - \text{número de parámetros en el modelo nuevo}]}$$

Si el valor de F calculada es significativo se puede rechazar la hipótesis nula de que el modelo está bien especificado.

D.6. Pruebas de estabilidad CUSUM y CUSUM cuadrado

Las pruebas CUSUM y CUSUM Cuadrado, sirven para probar la estabilidad de los parámetros estimados a través de los procedimientos de regresión. El no cumplimiento de los supuestos de estabilidad implican estimaciones incorrectas de los parámetros.

Las pruebas CUSUM y CUSUM Cuadrado echan mano de los residuos que se generan las estimaciones recursivas, entendiendo por estimación recursiva aquella en que la ecuación se estima repetidamente, con la utilización siempre del mayor subconjunto de los datos muestrales.

Lo anterior significa que si hay k coeficientes por estimar en un vector b , entonces las primeras k observaciones se emplean para calcular la primera estimación del vector. La siguiente observación se incorpora al conjunto de datos y las $(k+1)$ se usan para obtener la segunda estimación del vector. Este proceso continúa hasta que se hayan ocupado los n puntos muestrales, en que se producen $n-k$ estimaciones del vector b . En cada paso la última estimación del vector se puede usar para predecir el próximo valor de la variable dependiente.

D.6.1. Prueba CUSUM

La prueba CUSUM se basa en el estadístico

$$W = \frac{\sum_{i=k+1}^t w_i}{S} \quad \text{con } t \in \{k+1, \dots, n\}$$

En esta expresión S es el error estándar de la regresión ajustada a todos los puntos muestrales, W_t , el residuo recursivo, se ve como una suma acumulada. Así, si el coeficiente β permanece constante se tendrá $E(W_t) = 0$, por el contrario, si β no es constante se tiene que dicho valor esperado converge a cero.

D.6.2. Prueba CUSUM cuadrado

El estadístico para la prueba CUSUM Cuadrado es el siguiente:

$$S_t = \frac{\sum_{i=k+1}^t w_i^2}{\sum_{i=k+1}^n w_i^2} \quad \text{con } t \in \{k+1, \dots, n\}$$

La línea de valor medio que ofrece el valor esperado de esta prueba baja la hipótesis de constancia de parámetros, esta es:

$$E(S_t) = \frac{t - k}{k - n}$$

Así, $0 \leq E(S_t) \leq 1$.