

## PALABRAS CLAVE

Crecimiento económico  
Balanza de pagos  
Producto Interno Bruto  
Importaciones  
Exportaciones  
Análisis de datos  
Modelos matemáticos  
Cuba

## Relación comercio- crecimiento en Cuba: estimación con el filtro de Kalman

*Pavel Vidal Alejandro y Annia Fundora Fernández*

**E**n este artículo se realiza una estimación, con coeficientes que cambian en el tiempo, del “modelo de crecimiento económico con restricción de balanza de pagos” para Cuba. Se estima que las exportaciones han sido un factor determinante en la recuperación después de la crisis. Igualmente se estima un aumento de la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones a principio de los años 1990 y desde el 2003 al 2005, lo que indica que se ha retrocedido en la sustitución de importaciones. Se concluye que, dado el dinamismo de la exportación de servicios, existen ahora mejores perspectivas de crecimiento de la economía cubana; sin embargo, estas pudieran ser superiores y beneficiar a una mayor proporción de la economía si también se avanzara en la sustitución eficiente de importaciones y en la expansión de otros sectores exportadores con mayor efecto multiplicador.

Pavel Vidal Alejandro  
Profesor, Centro de Estudios  
de la Economía Cubana,  
Universidad de La Habana

✉ [pavel@uh.cu](mailto:pavel@uh.cu)

Annia Fundora Fernández  
Profesora, Departamento  
de Macro-Microeconomía,  
Universidad de La Habana

✉ [annia@fec.uh.cu](mailto:annia@fec.uh.cu)

# I

## Introducción

En este trabajo se realiza una estimación, con coeficientes que cambian en el tiempo, del “modelo de crecimiento económico con restricción de balanza de pagos (CRBP)” para Cuba. El modelo CRBP, en su versión ampliada, propone explicar el crecimiento económico a partir de las exportaciones, el financiamiento externo y los términos de intercambio.

El tema tiene como antecedentes los trabajos de Moreno-Brid (2000), Mendoza y Robert (2002), Mañalich y Quiñones (2004), Alonso y Sánchez-Egozcue (2005) y Cribeiro y Triana (2005); todos ellos realizan estimaciones de la relación comercio-crecimiento en Cuba. El aporte de este trabajo se logra mediante el método de estimación conocido como filtro de Kalman y la representación estado-espacio, los cuales permiten estimar ecuaciones con coeficientes que cambian en el tiempo. El objetivo es obtener la trayectoria de las elasticidades asociadas a las variables explicativas del modelo CRBP, así como su contribución en distintos períodos. También se analiza la evolución de la sustitución de importaciones, utilizando la trayectoria estimada de la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones.

Se parte de la hipótesis de que en el período 1950-2005 la economía cubana pasó por diferentes etapas que pudieron haber modificado la relación entre el crecimiento

económico y la balanza de pagos. De 1950 a 1959 fue una economía de mercado, a partir de 1960 comenzó a funcionar como una economía centralmente planificada, en 1973 ingresó al Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) con los entonces países socialistas, desde 1990 sufrió los efectos de la desintegración de la Unión Soviética y la desaparición del campo socialista europeo, y actualmente ha aumentado su ritmo de crecimiento con nuevos acuerdos con Venezuela y China.

La estructura del trabajo es la siguiente. En la sección II se explica en qué consiste el modelo CRBP (de crecimiento económico con restricción de balanza de pagos). En la sección III se comentan los datos. En la sección IV se exponen las pruebas de cointegración y las estimaciones recursivas y secuenciales de los coeficientes. Los resultados que se obtienen en esta sección se utilizan en la estimación del modelo con parámetros que cambian en el tiempo; en un enfoque bayesiano, estos se pueden interpretar como información previa. En la sección V se presenta el modelo en la forma estado-espacio y los resultados estadísticos del filtro de Kalman. En la sección VI se describe la trayectoria de las elasticidades y se computa la contribución de las variables explicativas del modelo. Finalmente, en las conclusiones se evalúan los principales resultados.

# II

## Modelo de crecimiento económico con restricción de balanza de pagos

El modelo CRBP, expuesto inicialmente por Thirlwall (1979), sigue una corriente keynesiana, la de destacar la importancia de la demanda agregada en el proceso de crecimiento económico, en contraposición al enfoque neoclásico que considera como elementos fundamentales del crecimiento la oferta de los factores de producción y el progreso técnico. Dentro de los componentes de la demanda agregada el modelo CRBP resalta el rol de las exportaciones, debido a que éstas son el único componente de la demanda que puede expandirse sin deteriorar el equilibrio de la balanza

de pagos. El modelo también refleja que el producto viene determinado por la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones; un aumento de tal elasticidad reduce el efecto multiplicador de las exportaciones. Así, dada la tasa de expansión de las exportaciones y la elasticidad-ingreso de las importaciones, cada país tiene una tasa de crecimiento del producto consistente con el equilibrio de la cuenta corriente de la balanza de pagos. Thirlwall y Hussain (1982) extienden el modelo, incluyendo el financiamiento externo neto; de esta forma se puede reflejar la experiencia de

países que acumulan déficit en la cuenta corriente por períodos extensos.<sup>1</sup>

El modelo CRBP permite reflejar la situación de países que, como Cuba, dependen de la importación de insumos intermedios para el funcionamiento corriente de la economía y de la de bienes de capital para lograr una mayor expansión de las fuerzas productivas. De esta manera, la disponibilidad de moneda extranjera para pagar importaciones impone un límite al crecimiento económico.

Las exportaciones afectan por dos vías el crecimiento del producto interno bruto (PIB): primero, a través del multiplicador del comercio exterior y, segundo, por el relajamiento de la restricción de la balanza de pagos, ya que las exportaciones generan automáticamente ingresos externos para pagar las importaciones. Es por esto que, aun si su valor es pequeño en comparación con el valor total del PIB, el crecimiento de las exportaciones es un factor determinante del crecimiento total. Al efecto de las exportaciones se añade también el efecto que pueden tener el financiamiento externo y los términos de intercambio para relajar las restricciones de balanza de pagos.

La formulación del modelo CRBP en la versión ampliada que desarrollaron Thirlwall y Hussain (1982) se expone a continuación.

$$(1) \quad X * Px + FE * E = M * Pm * E$$

La ecuación (1) expresa la identidad de la balanza de pagos, donde  $X$  representa las exportaciones reales,  $Px$  el precio de las exportaciones en moneda nacional,  $FE$  el financiamiento externo neto o déficit en cuenta corriente de la balanza de pagos en unidades de moneda extranjera,  $M$  las importaciones reales,  $Pm$  el precio de las importaciones en moneda extranjera y  $E$  el tipo de cambio nominal expresado en unidades de moneda nacional por cada unidad de moneda extranjera.

$$(2) \quad \theta = \frac{Px * X}{(Px * X + FE * E)}$$

La ecuación (2) es una identidad que se introduce para simplificar la notación algebraica, en la cual  $\theta$  expresa la participación del ingreso por concepto de exportaciones en el total de las importaciones a precios

corrientes y  $(1-\theta)$  expresa la proporción de las importaciones corrientes que se financian con la entrada neta de capitales. La formulación dinámica de la ecuación (1) es:

$$(3) \quad \theta(x + px) + (1-\theta)(fe + e) = m + pm + e$$

donde las letras minúsculas representan las tasas de crecimiento de las variables.

La expresión (4) siguiente simboliza una ecuación dinámica convencional de demanda de importaciones y la ecuación (5) expresa que las exportaciones son exógenas al resto de las variables incluidas en el modelo:

$$(4) \quad m = \phi(pm - px + e) + \xi y \text{ con } \phi < 0 \text{ y } \xi > 0$$

$$(5) \quad x = x_0$$

donde  $\phi$  es la elasticidad-precio de las importaciones, y es la tasa de crecimiento del ingreso nacional real y  $\xi$  es la elasticidad-ingreso de las importaciones.

Sustituyendo las ecuaciones (4) y (5) en la expresión (3) y tomando un tipo de cambio fijo ( $e = 0$ ), se obtiene la tasa de crecimiento económico compatible con el equilibrio en la balanza de pagos:

$$(6) \quad y = \frac{\theta x + (1-\theta)(fe - px) + (\phi + 1)(px - pm)}{\xi}$$

La ecuación (6) expresa que la tasa de crecimiento del ingreso nacional real se determina por las tasas de crecimiento de las exportaciones ( $x$ ), de los flujos externos netos de capital en términos reales ( $fe - px$ ) y de los términos de intercambio ( $px - pm$ ). Se espera una relación positiva con las exportaciones y el financiamiento externo;<sup>2</sup> en el caso de los términos de intercambio el signo depende del valor de  $\phi$ . La ecuación (6) a su vez refleja que el crecimiento económico está determinado por la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones  $\xi$ . Una disminución de  $\xi$  se asocia a un proceso de sustitución de importaciones; la ecuación (6) indica que

<sup>1</sup> Véase una descripción amplia del modelo CRBP en McCombie y Thirlwall (1994).

<sup>2</sup> Suponiendo que el país es importador neto de capitales y por tanto  $\theta$  es menor que la unidad. Si se asume que en el largo plazo no debe existir déficit en la cuenta corriente ( $\theta = 1$ ) y que los términos de intercambio no varían, se obtiene la versión más sencilla del modelo CRBP: el crecimiento de largo plazo viene determinado por la tasa de expansión de las exportaciones y la elasticidad-ingreso de las importaciones. En la literatura dicha expresión se conoce como el multiplicador del comercio exterior de Harrod dinámico o Ley de Thirlwall:  $y = \frac{x}{\xi}$

tal proceso tiene un impacto positivo en el crecimiento económico. Una representación estocástica de la ecuación (6) se estima con datos cubanos.<sup>3</sup>

### 1. Revisiones más recientes del modelo

Aun cuando en este trabajo solo estimamos el modelo (6) —que no ha sido estimado anteriormente para el caso cubano considerando el financiamiento externo— a continuación se resumen dos revisiones más actuales del modelo CRBP.

Moreno-Brid (1998-1999) desarrolla una nueva versión para garantizar que la tasa de crecimiento restringida por la balanza de pagos de la economía esté acompañada de un aumento sustentable de la deuda externa. Redefine la noción del equilibrio de largo plazo en la balanza de pagos mediante la introducción de un cociente  $B$  constante del déficit en cuenta corriente en relación con el ingreso interno, con ambas variables medidas en términos nominales:

$$(7) \quad B = \frac{(Pm^* M - Px^* X)}{(P^* Y)}$$

Diferenciando esta expresión e igualándola a cero, junto a las funciones de demanda de importación (4) y las exportaciones exógenas (5), se llega a una nueva expresión para la tasa de crecimiento económico restringida por la balanza de pagos:

$$(8) \quad y = \frac{\theta x + (\phi + 1)(px - pm)}{\xi - 1 + \theta}$$

Esta sigue dependiendo de las exportaciones y de los términos de intercambio, pero se altera el valor de los multiplicadores de largo plazo por un factor igual a  $\frac{\xi}{\xi - 1 + \theta}$ .

La segunda revisión la desarrolla Moreno-Brid (2003) al tener en cuenta explícitamente la influencia de los pagos de tasas de interés en la tasa de crecimiento económico compatible con el equilibrio en la balanza de pagos. Esta modificación resulta importante para analizar el patrón de crecimiento de largo plazo de las

economías en desarrollo en las cuales los pagos netos de interés son un componente destacado de sus déficit corrientes.

Para llegar a la expresión final del modelo, se le añaden a las funciones de importación (4), de exportación (5) y a la restricción (7) las siguientes ecuaciones:

$$(9) \quad pm + m = \theta_1(px + x) - \theta_2(r + px) + (1 - \theta_1 + \theta_2)(f + px)$$

$$(10) \quad \theta_1 = \frac{Px^* X}{Pm^* M}$$

$$(11) \quad \theta_2 = \frac{Px^* R}{Pm^* M}$$

donde la ecuación (9) se corresponde con la expresión dinámica de la identidad de la balanza de pagos e incluye  $r$  como los pagos netos de interés al exterior y  $f$  como los flujos netos de capitales del exterior, ambos medidos en tasas de crecimiento y en términos reales. Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene la siguiente expresión para la tasa de crecimiento de la economía restringida por la balanza de pagos:

$$(12) \quad y = \frac{\theta_1 x - \theta_2 r + (1 + \phi)(px - pm)}{\xi - (1 - \theta_1 + \theta_2)}$$

El signo del multiplicador asociado al crecimiento de los pagos netos de interés indica el efecto negativo que éstos tienen en el crecimiento del ingreso; impone una restricción adicional en el sentido de que una parte de los ingresos corrientes que pudieran destinarse a pagar importaciones tiene que ser utilizada para pagar intereses crecientes. De ahí la importancia de mantener niveles prudentes de endeudamiento, puesto que cantidades crecientes de financiamiento externo se corresponden con pagos de intereses netos al exterior también crecientes.<sup>4</sup>

En Moreno-Brid y Ricoy (2005) se exponen las sucesivas versiones del modelo CRBP y se prueba empíricamente el poder de predicción que tuvo cada una en la economía mexicana durante el período 1967-1999.

<sup>3</sup> Véase estimaciones del modelo CRBP ampliado con el financiamiento externo en Atesoglu (1993-1994) y Hussain (1999).

<sup>4</sup> En Moreno-Brid (1998-1999) y Moreno-Brid (2003) se desarrolla la formulación teórica del modelo, empleando una función de demanda de exportaciones reales convencional y no una demanda de exportaciones exógena.

### III

## Los datos

Se utilizan las series anuales desde 1950 hasta el 2005 del PIB con base 1997, las exportaciones reales de bienes y servicios (X), el financiamiento externo neto real (FE), así como los términos de intercambio (TOT) calculados por el cociente entre el índice de precios de las exportaciones de bienes y servicios y el índice de precios de las importaciones de bienes y servicios. Los datos tienen como fuente los anuarios de la Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba y el Instituto Nacional de Investigación Económica.

Los datos de financiamiento externo real se obtienen dividiendo el déficit en la cuenta corriente por un promedio entre el índice de precios de las exportaciones y el índice de precios de las importaciones. A toda la serie se le suma dos veces el valor mínimo para no tener datos negativos en los años en que hubo superávit en la cuenta corriente; así se puede aplicar la transformación logarítmica y obtener la elasticidad (véase el apéndice A).

En el gráfico 1 se presenta la evolución de las series. Todas siguen una trayectoria no estacionaria con orden de integración 1, (I(1)). En el cuadro 1 se muestra el resultado de la prueba de Dickey-Fuller ampliada (ADF).<sup>5</sup>

El gráfico 1 destaca en el cuadrante relativo al PIB real la profunda caída de principios de los años 1990, que acumuló en los primeros cuatro años de la década un decrecimiento de 35% y marcó una crisis económica que se conoce como “período especial”. El resto de las series también sufrió una caída por esta fecha; por lo tanto, no es necesario incluir en el modelo variables cualitativas de intervención para recoger la contracción del PIB en estos años, pues ésta es explicada dentro del propio modelo CRBP. Desde 1995 el PIB retomó el crecimiento. Las dos últimas observaciones disponibles acusan un crecimiento de 5,4% en el 2004 y 11,8% en el 2005.

En la serie de exportaciones reales de bienes y servicios, después de la caída a principios de los años 1990 se aprecia una recuperación. En el 2004 dichas exportaciones crecieron 19% y en el 2005 se expandieron 46% (el mayor incremento del período analizado). En las

exportaciones también ha ocurrido un cambio cualitativo. Hasta finales de los años 1980 estuvieron dominadas por bienes primarios, en primer lugar el azúcar, seguido del níquel, el tabaco y la pesca que en conjunto abarcaban más del 70% del total exportado. A partir de los años 1990 ha habido un proceso de terciarización de las exportaciones, inicialmente determinado por el desarrollo del sector turismo y desde el 2003 impulsado por la exportación de servicios profesionales, entre los cuales ha tenido un peso significativo la venta de servicios médicos a Venezuela. En el 2005 eran los servicios los que abarcaban más del 70% del total de exportaciones.

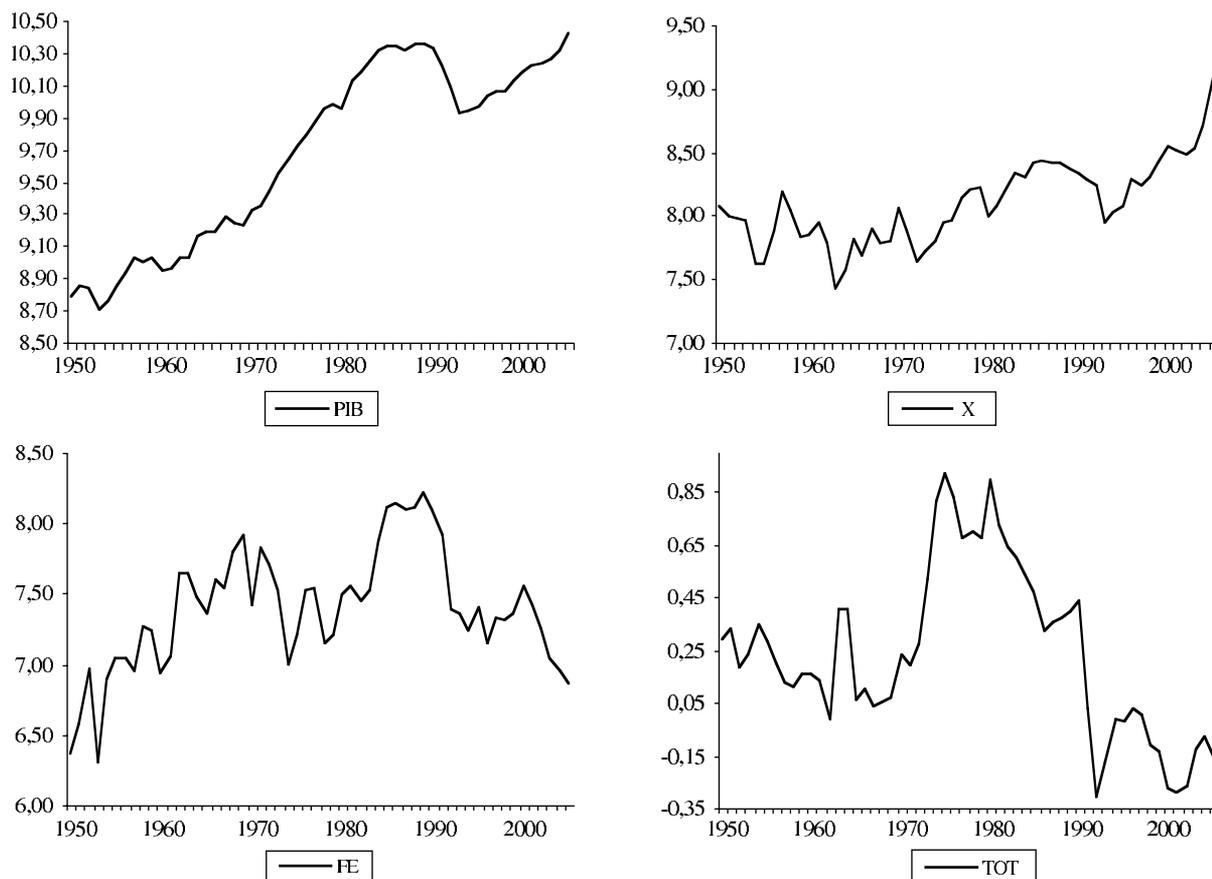
En la serie de financiamiento externo neto resalta la expansión del decenio de 1980. Al igual que en otros países de la región, llegaron a Cuba préstamos de instituciones financieras privadas y créditos gubernamentales del resto del mundo procedentes de los petrodólares. Del bloque de países socialistas también llegaron créditos en condiciones ventajosas en cuanto a plazo y tasa de interés. La deuda externa se expandió excesivamente y en 1986 Cuba declaró la suspensión de pagos de intereses de la deuda en divisas. Al inicio de la década de 1990 hubo un ajuste obligado de la cuenta corriente. Más recientemente el financiamiento externo neto volvió a caer en 2004 y 2005, en esta ocasión debido a que la cuenta corriente de la balanza de pagos registró un superávit, después de mantenerse en déficit desde 1961.

Por su parte, los términos de intercambio también tienen una historia marcada por los mismos hechos. Con la entrada de Cuba al CAME y la firma de acuerdos que garantizaban un mercado seguro para las exportaciones y precios preferenciales para la exportación de azúcar y la importación de petróleo, los términos de intercambio mejoraron más de 90% entre 1973 y 1975. Ya en el decenio de 1980 comenzaron a exhibir una tendencia negativa que se agudizó a comienzos de los años 1990 por la desaparición del campo socialista europeo, con el cual se mantenía alrededor del 85% del comercio.

Como proporción del PIB, las importaciones y el financiamiento externo han tenido una tendencia a decrecer (cuadro 2). La proporción de las exportaciones en el PIB igualmente disminuyó en las décadas de 1960, 1970 y 1980, pero aumentó en la de 1990 y en lo que va del siglo XXI alcanza un promedio de 19,8%, siendo la más alta desde la década de 1970.

<sup>5</sup> Los resultados de la prueba de raíz unitaria pudieran estar influenciados por la presencia de cambios estructurales en las series. La variedad de posibles fechas de quiebres estructurales no permite utilizar la prueba de Perron (1989). Más adelante, con las estimaciones recursivas y secuenciales del modelo se obtiene que no hay un único punto de ruptura en el período de estimación.

GRÁFICO 1

**Cuba: evolución de las series, 1950-2005***(Logaritmo de los datos)*

Fuente: elaboración propia con datos de la Oficina Nacional de Estadísticas y el Instituto Nacional de Investigación Económica de Cuba.

<sup>a</sup> PIB: producto interno bruto. X: exportaciones. FE: financiamiento externo. TOT: términos de intercambio.

CUADRO 1

**Cuba: prueba de estacionariedad de las series, período 1950-2005<sup>a</sup>**  
*(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)*

Serie	ADF <sup>b</sup>	Constante y tendencia	Rezagos
PIB	1,98	No	1
X	-2,52	Sí	0
FE	-2,08	Constante	4
TOT	-1,41	No	0
Primera diferencia			
D (PIB)	-4,91*	Constante	0
D (X)	-6,21*	No	0
D (FE)	-3,03*	No	3
D (TOT)	-6,43*	No	0

Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Estacionaria al 5%.

<sup>b</sup> Prueba de Dickey-Fuller ampliada.

CUADRO 2

**Cuba: valor real de las exportaciones, las importaciones y el financiamiento externo como proporción del PIB real**  
*(Promedios anuales en porcentaje)*

Año	X/PIB	M/PIB	FE/PIB
1950-1959	39,0	47,1	-1,5
1960-1969	25,9	38,5	8,2
1970-1979	18,5	38,4	8,2
1980-1989	14,2	30,6	5,4
1990-1999	15,6	18,5	2,8
2000-2005	19,8	17,2	1,0

Fuente: elaboración propia con datos de la Oficina Nacional de Estadísticas y el Instituto Nacional de Investigación Económica de Cuba.

## IV

### Cointegración y estimaciones recursivas y secuenciales

Sobre la base de la ecuación (6) del modelo teórico CRBP, y considerando que todas las series tienen el mismo orden de integración, se prueba la presencia de una relación de largo plazo entre las variables PIB, X, FE y TOT (cuadro 3). Siguiendo la metodología de Engle y Granger (1987) se realiza la prueba de Dickey-Fuller ampliada a los residuos de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios de la ecuación (13).<sup>6</sup>

$$(13) \quad \log PIB_t = \beta_0 + \beta_1 * \log X_t + \beta_2 * \log FE_t + \beta_3 * \log TOT_t + \beta_4 * Tendencia + e_t$$

Se compara el valor del estadístico ADF con los valores críticos reportados en Engle y Yoo (1987). También se aplica la metodología de Johansen (1991 y 1995) y se compara el valor del estadístico de la Traza con los valores críticos reportados por Johansen y Juselius (1990). Con un nivel de significación del 10%, se encuentra la presencia de cointegración mediante las dos pruebas.

En el cuadro 4 se muestra la estimación del vector de cointegración por Engle y Granger y por Johansen. En los dos casos, el mayor R<sup>2</sup> ajustado y el menor valor del criterio de información de Akaike (prueba AIC) se obtuvo incluyendo en el vector de cointegración una tendencia; de hecho, si ésta se excluye no se encuentra una relación de largo plazo entre las variables. La tendencia siempre es significativa.<sup>7</sup> Se observa asimismo que las variables exportaciones, financiamiento externo y términos de intercambio son significativas en las distintas estimaciones y su signo concuerda con la teoría económica.

<sup>6</sup> Aun cuando el modelo teórico está expresado en tasas de crecimiento, es creciente el número de trabajos empíricos que realizan las estimaciones con los niveles de los logaritmos de las series, para no perder con la diferenciación la información de largo plazo. Véase, por ejemplo, Bairam (1993), Atesoglu (1997) y Moreno-Brid (1999).

<sup>7</sup> Blecker (1992, pp. 338-339) interpreta la inclusión de una tendencia en el modelo CRBP. Según este autor, la tendencia no tiene que cambiar el sentido de la ecuación del crecimiento del modelo CRBP y puede seguir representando la tasa de crecimiento compatible con el equilibrio en la balanza de pagos; la tendencia provendría de la existencia de tendencias estructurales en la demanda de exportación y/o de importación que definirían la evolución de largo plazo de la competitividad relativa del país. McCombie (1997) también utiliza tendencia en sus estimaciones.

Los trabajos de Mendoza y Robert (2002) y Cribeiro y Triana (2005), a partir de la prueba de Chow y la prueba de cambio estructural CUSUM (*Cumulative Sum Chart*), encuentran inestabilidad de los parámetros en las estimaciones del modelo CRBP para Cuba. El resto de los trabajos mencionados, aunque no prueban estadísticamente este supuesto, realizan estimaciones para distintos períodos y obtienen valores diferentes de las elasticidades.

CUADRO 3

#### Cuba: prueba de cointegración, período 1950-2005, series PIB, X, FE y TOT<sup>a,b</sup>

(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)

Prueba de Engle y Granger Prueba de Dickey-Fuller ampliada	Prueba de Johansen Prueba de Traza
-4,21 <sup>c</sup>	60,34 <sup>c</sup>

Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Se incluyó constante y tendencia.

<sup>b</sup> La prueba de Johansen se hizo con dos rezagos.

<sup>c</sup> Hay cointegración al 10%.

CUADRO 4

#### Cuba: vector de cointegración<sup>a</sup>

(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)

	Prueba de Engle y Granger <sup>b</sup>	Prueba de Johansen (con dos rezagos)
PIB	1,00	1,00
X	0,48 (0,05)	0,46 (0,06)
FE	0,24 (0,03)	0,24 (0,03)
TOT	0,49 (0,04)	0,59 (0,04)
Tendencia	0,026 (0,001)	0,026 (0,001)
Constante	3,14 (0,49)	3,22
Criterio de información de Akaike	-2,17	-5,30
R <sup>2</sup> ajustado	0,98	

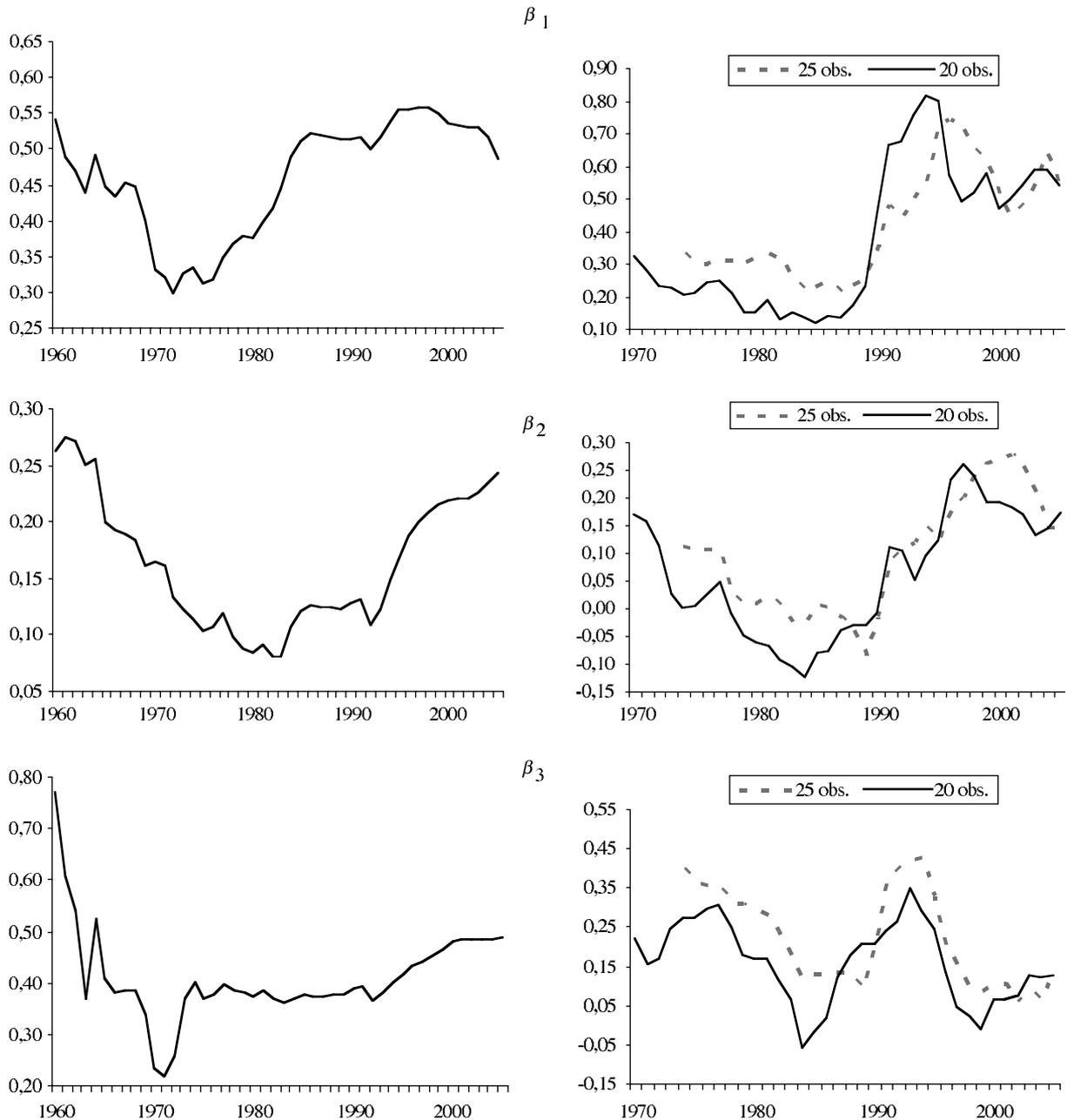
Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> En el vector los coeficientes no se pusieron con el signo contrario. Las cifras entre paréntesis corresponden a error estándar.

<sup>b</sup> Resultados en la primera etapa de su metodología.

GRÁFICO 2

**Cuba: estimaciones recursivas (1960-2005) y secuenciales (1970-2005)  
con ventanas muestrales de 20 y 25 observaciones<sup>a b</sup>**  
(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)



Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> En las estimaciones recursivas, el modelo es estimado repetidamente, añadiendo en cada ocasión una nueva observación. Las estimaciones secuenciales, a diferencia de las recursivas, mantienen constante el tamaño de muestra. Se trata de una sucesión de estimaciones de tamaño  $n$ . En este caso, se utilizan dos ventanas muestrales:  $n=20$  y  $n=25$ . En los gráficos, la estimación del coeficiente de una ventana se asignó al último año del período correspondiente.

<sup>b</sup> Modelo:  $\log PIB_t = \beta_0 + \beta_1 * \log X_t + \beta_2 * \log FE_t + \beta_3 * \log TOT_t + \beta_4 * Tendencia + e_t$

Tal preocupación parece lógica si se toma en cuenta que en el período de 55 años utilizado para las estimaciones, la economía cubana ha pasado por diferentes etapas que pueden haber modificado la relación entre el crecimiento económico y la balanza de pagos. Adicionalmente, la inestabilidad de los parámetros también está expresada en el propio modelo teórico de CRBP, que en su versión ampliada incluye el financiamiento externo. En la ecuación (6) se observa que los coeficientes asociados a las exportaciones y al financiamiento externo dependen de  $\theta$  (cociente entre las exportaciones corrientes y las importaciones corrientes), el cual generalmente no es constante en el tiempo. En el caso cubano se ha movido con una desviación estándar de 0,13 alrededor de un valor medio de 0,87.<sup>8</sup> En las formulaciones más recientes (ecuaciones 8 y 12) los multiplicadores también dependen de  $\theta$ .

En este trabajo, para evaluar estadísticamente la estabilidad de los parámetros se obtuvieron los residuos recursivos y la prueba de CUSUM de cuadrados de la ecuación (13) estimada por mínimos cuadrados ordinarios; ambos sugirieron inestabilidad en el modelo (por un problema de espacio no se exponen aquí los resultados). Adicionalmente, se computaron estimaciones recursivas y secuenciales de  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  de la ecuación (13) evidenciándose inestabilidad en ellos (gráfico 2). Como se aprecia, ni en las estimaciones recursivas ni en las secuenciales parece existir un único punto de

ruptura en los coeficientes. Resulta difícil identificar la fecha de los cambios estructurales. Los coeficientes cambian gran parte del tiempo, además de que no tienen la misma trayectoria y no coincide la fecha de los máximos y mínimos. La inestabilidad de los parámetros no parece ser del tipo que se resuelve incluyendo variables cualitativas de intervención en el modelo, o trabajando con estimaciones en distintos períodos.

Analizar la trayectoria de los coeficientes a partir de las estimaciones recursivas y secuenciales puede tener varios inconvenientes. Una parte de las estimaciones recursivas son hechas con una muestra de tamaño insuficiente, aumentando la imprecisión. Las estimaciones, tanto recursivas como secuenciales, presentan una elevada desviación estándar. En las secuenciales se podía haber utilizado una ventana muestral mayor para aumentar la precisión, pero con ello se perdería una mayor parte de la información sobre la trayectoria de los coeficientes. Además, se debe tener presente que la estimación recursiva o secuencial en cada año obvia la información contenida en una parte del período muestral 1950-2005.

La sección V entrega una representación dinámica de la ecuación (6) en la forma estado-espacio y una estimación de los coeficientes, utilizando el filtro de Kalman. Se estima una trayectoria estocástica de los coeficientes en lugar de una determinista, con menor desviación estándar y utilizando toda la información desde 1950 al 2005.

## V

### Modelo con coeficientes que cambian en el tiempo

#### 1. Notación estado-espacio

Los modelos estado-espacio son una notación conveniente para abordar un amplio rango de modelos de series de tiempo. Entre los usos particulares se encuentran (i) la modelación de componentes no observables; ii) la

representación de modelos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA), y iii) la estimación de modelos con parámetros que cambian en el tiempo (*time-varying parameter*, TVP), que será la aplicación que utilizaremos.

Entre los autores que han aplicado modelos con parámetros que cambian en el tiempo cabe señalar a Nelson y Kim (1988), que estudian las variaciones en la función de reacción del Sistema de la Reserva Federal estadounidense; a Haldane y Hall (1991), que investigan la relación cambiante de la libra esterlina con el marco alemán y el dólar, y a Revenga (1993) y Álvarez, Dorta y Guerra (2000), que hacen una estimación estocástica de la persistencia inflacionaria en el Sistema Monetario

<sup>8</sup> Para estimar el modelo CRBP con financiamiento externo, Hussain (1999) estima primero una demanda de importaciones de la cual obtiene las elasticidades-ingreso y elasticidades-precio que sustituye en la ecuación 6 (según la enumeración de este trabajo) junto al valor observado promedio de  $\theta$ . Por su parte, Atesoglu (1993-1994) estima directamente la ecuación (6), suponiendo que los parámetros son constantes.

Europeo y en Venezuela, respectivamente. No se encontró publicado ningún trabajo que estime el modelo CRBP con coeficientes que cambian en el tiempo.

Un modelo estado-espacio se escribe en términos de una ecuación de medida (u observación) y de una ecuación de estado (o transición). La ecuación de medida describe la relación entre las variables observadas (datos) y las variables de estado inobservables. La ecuación de estado describe la dinámica de las variables de estado y usualmente tiene la forma de un paseo aleatorio o un proceso autorregresivo de primer orden AR(1). Una representación de un modelo estado-espacio puede escribirse como:

*Ecuación de medida*

$$(14) \quad y_t = x_t \beta_t + e_t$$

*Ecuación de estado*

$$(15) \quad \beta_t = \tilde{\mu} + F \beta_{t-1} + v_t$$

$$e_t \sim \text{i.i.d.} N(0, R),$$

$$v_t \sim \text{i.i.d.} N(0, Q),$$

$$E(e_t v_t') = 0$$

donde  $y_t$  es 1 x 1 y representa la variable dependiente observada en el momento  $t$ ;  $\beta_t$  es un vector  $k \times 1$  de variables de estado inobservables;  $x_t$  es un vector  $1 \times k$  de variables observadas exógenas o predeterminadas que relaciona el vector observable  $y_t$  y el inobservable  $\beta_t$ ;  $\tilde{\mu}$  es un vector  $k \times 1$  de coeficientes constantes a estimar y  $F$  es una matriz de parámetros constantes de orden  $k \times k$ . Los  $e_t$  de orden  $1 \times 1$  y el vector  $v_t$  de orden  $k \times 1$ , representan los errores en la ecuación de medida y de estado.

El vector de estado  $\beta_t$  debe contener la información más relevante del sistema en cada momento del tiempo. En general, los elementos del vector de estado son no observables. La ecuación (15) indica que el nuevo vector de estado es modelado como una combinación lineal del vector de estado anterior y de algún proceso de error. Por su parte, la ecuación (14) describe cómo las medidas u observaciones dependen del vector de estado.

En nuestro caso, la relación de largo plazo que se había estimado entre el PIB real, las exportaciones reales, el financiamiento externo y los términos de intercambio puede reescribirse agregando un subíndice  $t$  a los coeficientes para indicar que cambian en el tiempo:

$$(16) \quad \log PIB_t = \beta_{0t} + \beta_{1t} * \log X_t + \beta_{2t} * \log FE_t + \beta_{3t} * \log TOT_t + e_t$$

donde  $\beta_{it}$  para  $i = 0, 1, 2, 3$  son los coeficientes que cambian en el tiempo o las variables de estado en este modelo. A pesar de que las series son no estacionarias se las ha mantenido en sus niveles respectivos porque, según las pruebas efectuadas, están cointegradas (a nivel de significación de 10%). El término independiente, que también podrá cambiar en el tiempo, será usado para representar la tendencia determinista que, según se había encontrado, era necesaria en la relación de largo plazo.

La representación estado-espacio compatible con la ecuación (16) tiene la siguiente forma:

*Ecuación de medida*

$$\log PIB_t = \begin{bmatrix} 1 & \log X_t & \log FE_t & \log TOT_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{0t} \\ \beta_{1t} \\ \beta_{2t} \\ \beta_{3t} \end{bmatrix} + e_t$$

*Ecuación de estado*

$$\begin{bmatrix} \beta_{0t} \\ \beta_{1t} \\ \beta_{2t} \\ \beta_{3t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{0,t-1} \\ \beta_{1,t-1} \\ \beta_{2,t-1} \\ \beta_{3,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ v_t \\ \omega_t \\ \eta_t \end{bmatrix}$$

Los coeficientes  $\beta_{1t}$ ,  $\beta_{2t}$ ,  $\beta_{3t}$  se especifican como paseos aleatorios, permitiendo que las perturbaciones que los afecten tengan un efecto permanente. La prueba de Dickey-Fuller ampliada sobre los coeficientes secuenciales que se habían estimado por mínimos cuadrados ordinarios apoya esta especificación: todos los coeficientes secuenciales son I(1), excepto  $\beta_{2t}$ , estimado con una ventana muestral de 20 observaciones (por un problema de espacio no se presentan estos resultados). Las varianzas de las perturbaciones estimadas para cada ecuación de estado  $\sigma_{v_t}^2, \sigma_{\omega_t}^2, \sigma_{\eta_t}^2$  conocidas como hiperparámetros, indican si el coeficiente tiene una trayectoria estocástica o determinista. Si la varianza no es significativamente distinta de cero, entonces el coeficiente es fijo y no cambia en el tiempo. Por su parte, y como se mencionó más atrás,  $\beta_{0t}$  representa la tendencia determinista con una pendiente  $\alpha$  constante.

**2. Estimación con el filtro de Kalman**

La estimación del sistema estado-espacio se realiza empleando el filtro de Kalman (véase el apéndice B). En Hamilton (1994) y Kim y Nelson (1999) se encuentra una descripción completa del filtro de Kalman.

A continuación, el cuadro 5 muestra el resultado de la estimación por el filtro de Kalman de los coeficientes de la ecuación (16) al final del período (año 2005) y la desviación estándar de las perturbaciones de cada ecuación de estado.

Se observa que los coeficientes de las exportaciones y del financiamiento externo son significativos, no así el coeficiente de los términos de intercambio  $\beta_{3,2005}$ . La pendiente  $\alpha$  de la tendencia también es significativa, con un valor de 2,6%, igual a la estimación que se obtuvo por el método de mínimos cuadrados ordinarios. Por su parte, la desviación estándar de la perturbación asociada al coeficiente del financiamiento externo  $\sigma_{\omega_t}$  no es significativamente distinta de cero, lo cual indica que tal coeficiente no ha variado en el tiempo. Los hiperparámetros  $\sigma_{v_t}$  y  $\sigma_{\eta_t}$  sí son significativos, evidenciando que los coeficientes de las exportaciones y de los términos de intercambio han variado en el tiempo, el segundo más que el primero.

En el gráfico 3 se muestran los datos del PIB y la predicción un período hacia adelante de la estimación

CUADRO 5

**Cuba: estimación con el filtro de Kalman, período 1950, 2005<sup>a</sup>**  
(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)

	Estimación al final del período (año 2005) <sup>b</sup>	Desviación estándar de las perturbaciones	
$\beta_{0,2005}$	6,134 <sup>c</sup> (0,41)		
$\beta_{1,2005}$	0,373 <sup>c</sup> (0,03)	$\sigma_{v_t}$	0,0062 <sup>c</sup>
$\beta_{2,2005}$	0,139 <sup>c</sup> (0,02)	$\sigma_{\omega_t}$	0,0000
$\beta_{3,2005}$	0,169 (0,11)	$\sigma_{\eta_t}$	0,0236
$\alpha$	0,026 <sup>c</sup> (0,006)		
Criterio de información de Akaike	-2,70		

Fuente: elaboración propia.

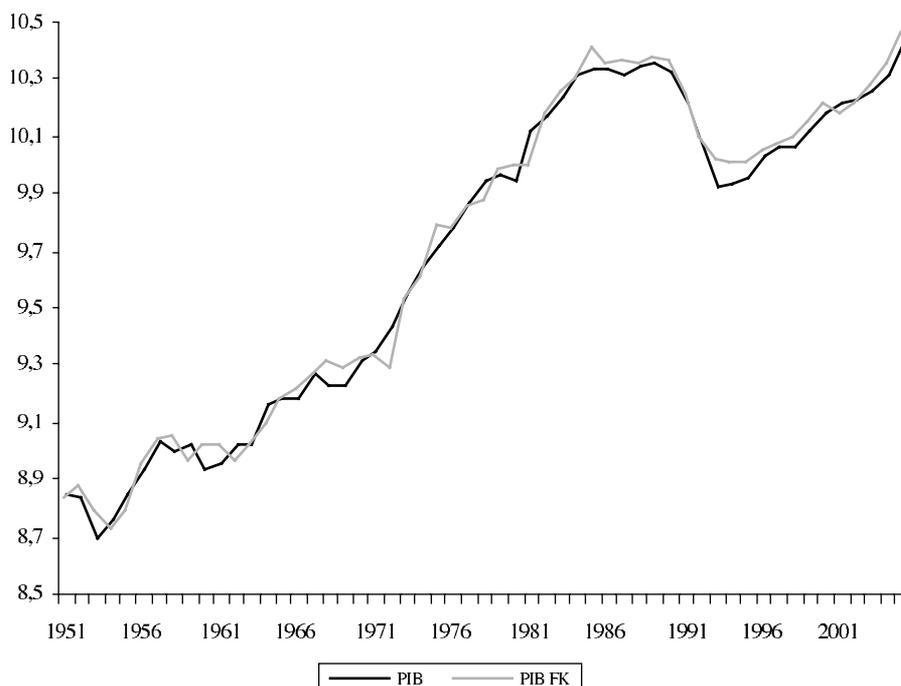
<sup>a</sup> Modelo:  $\log PIB_t = \beta_{0t} + \beta_{1t} * \log X_t + \beta_{2t} * \log FE_t + \beta_{3t} * \log TOT_t + e_t$

<sup>b</sup> Error estándar entre paréntesis.

<sup>c</sup> Significativo al 5%.

GRÁFICO 3

**Cuba: predicción mediante el filtro de Kalman, un período hacia adelante respecto del período 1951-2005<sup>a</sup>**  
(Logaritmo del PIB)



Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Estimación alisada del filtro de Kalman.

alisada del filtro de Kalman. Se observa que el modelo CRBP, con coeficientes que cambian en el tiempo, logra recoger la trayectoria de largo plazo del PIB cubano. Incluso permite explicar los años de mayor caída del PIB (1990-1993), así como la aceleración del mismo en el 2004 y el 2005.<sup>9</sup>

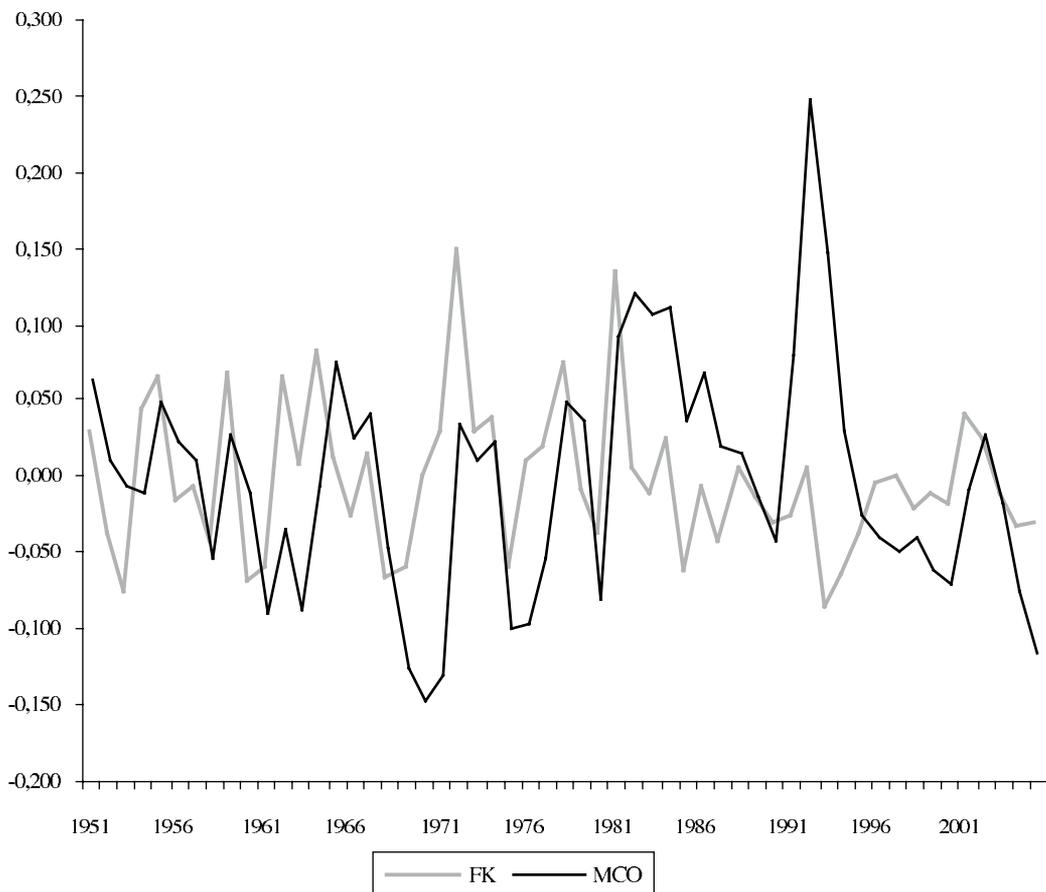
En el gráfico 4 se presentan los errores de predicción un período hacia adelante de la estimación alisada del

filtro de Kalman y los residuos del modelo estimado con coeficientes fijos por el método de mínimos cuadrados ordinarios en la primera etapa de la estimación de Engle y Granger. La desviación estándar de los primeros es de 0,049 y de 0,075 en los segundos. Se aprecia que la estimación del modelo CRBP con coeficientes que cambian en el tiempo predice mejor que el modelo con coeficientes fijos, sobre todo a partir de 1980.

GRÁFICO 4

**Cuba: error de predicción de la estimación mediante el filtro de Kalman, un período hacia adelante, y residuos de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios, período 1951-2005<sup>a</sup>**

(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)



Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Estimación alisada del filtro de Kalman y estimación de la primera etapa de la metodología de Engle y Granger.

<sup>9</sup> Al incluir el financiamiento externo y los términos de intercambio, el modelo CRBP puede explicar movimientos del PIB de más corto plazo que los que explicaría la ley de Thirlwall. Pero aun en su versión

ampliada, el crecimiento restringido por la balanza de pagos sigue siendo un concepto de largo plazo.

# VI

## Relación dinámica comercio-crecimiento

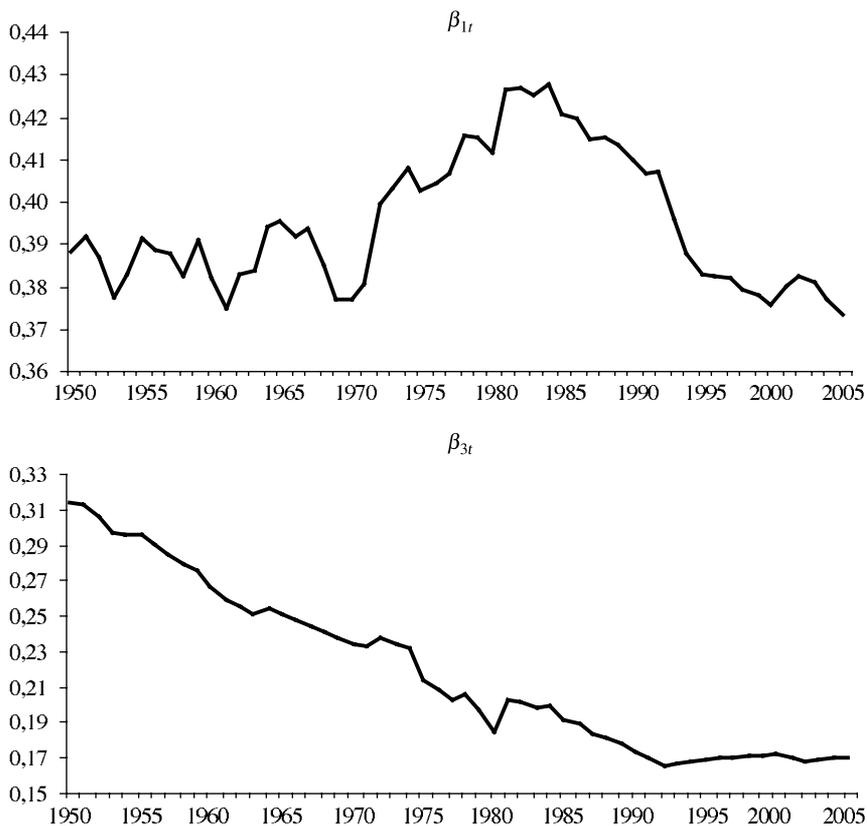
### 1. Elasticidad del PIB a las exportaciones y a los términos de intercambio

A continuación, en el gráfico 5 se muestra la trayectoria estimada con el filtro de Kalman de los coeficientes que varían en el tiempo: la elasticidad del PIB a las exportaciones reales y a los términos de intercambio. Son las estimaciones alisadas, es decir, que toman en cuenta la información de todo el período cubierto por la muestra.

Se observa que la elasticidad del PIB a las exportaciones ha tenido mayor estabilidad que la elasticidad a los términos de intercambio: la primera se ha movido entre un máximo de 0,427 y un mínimo de 0,373, la segunda ha variado desde un máximo de 0,313 a un mínimo de 0,164. La elasticidad del PIB a las exportaciones, después de mantenerse desde 1950 hasta 1971 alrededor de una media de 0,385, en 1972 comenzó a crecer hasta alcanzar su valor máximo en 1984; a partir de 1985 disminuyó hasta llegar a su valor mínimo en el 2005. En todo el

GRÁFICO 5

**Estimación de los coeficientes con el filtro de Kalman, trayectoria de 1950 a 2005<sup>a</sup>**  
(Resultados estadísticos con el logaritmo de los datos)



Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Estimación alisada. Modelo:  $\log PIB_t = \beta_{0t} + \beta_{1t} * \log X_t + \beta_{2t} * \log FE_t + \beta_{3t} * \log TOT_t + e_t$

CUADRO 6

**Cuba: contribución de las variables explicativas, 1951 a 2005**  
(Promedios anuales en porcentaje)

Años	PIB (predicho)	PIB (observado)	Contribución de las variables explicativas				Otras causas <sup>a</sup>
			Tendencia	X	FE	TOT	
1951-1955	0,64	1,25	2,60	-3,57	1,73	-0,12	0,61
1956-1960	2,97	1,80	2,60	1,43	-0,32	-0,73	-1,17
1961-1965	2,43	5,18	2,60	-0,54	1,07	-0,70	2,75
1966-1970	5,20	2,63	2,60	1,67	0,13	0,81	-2,58
1971-1975	4,18	8,38	2,60	-0,86	-0,72	3,16	4,20
1976-1980	3,30	4,66	2,60	0,15	0,73	-0,18	1,35
1981-1985	6,12	8,04	2,60	3,50	1,69	-1,68	1,92
1986-1990	1,69	-0,0	2,60	-0,71	-0,04	-0,16	-1,89
1991-1995	-3,28	-7,06	2,60	-2,25	-1,96	-1,67	-3,78
1996-2000	5,66	4,59	2,60	3,58	0,36	-0,87	-1,07
2001-2005	4,98	4,88	2,60	3,87	-1,90	0,41	-0,10
1951-2005	3,04	3,02	2,60	0,54	0,06	-0,16	-0,02

Fuente: elaboración propia.

<sup>a</sup> Diferencia entre el crecimiento observado y el predicho del producto interno bruto.

período, la elasticidad del PIB a las exportaciones fue mayor que la elasticidad al financiamiento externo y a los términos de intercambio.

La elasticidad del PIB a los términos de intercambio tuvo una tendencia marcadamente negativa en casi todo el período (gráfico 5).<sup>10</sup> En 1993 detuvo su caída y comenzó a aumentar ligeramente. En las décadas de 1970 y 1980 la tendencia negativa se puede explicar por los acuerdos establecidos con los países socialistas y las mayores facilidades de financiamiento externo que tenía la economía. El punto de inflexión en 1993 está en concordancia con la reorientación del comercio exterior cubano hacia mercados donde se encuentra más desprotegido de la variación de los precios internacionales y donde opera con mayores restricciones de financiamiento.

La disminución de las elasticidades muestra que el PIB cubano en términos porcentuales se ve menos beneficiado (perjudicado) por cada 1% que aumentan (disminuyen) las exportaciones reales y los términos de intercambio. Pero hay que tomar en cuenta que una menor elasticidad puede ser compensada con mayores variaciones en las exportaciones y en los términos de intercambio. Para tener una mejor aproximación al efecto que ha tenido la balanza de pagos en el crecimiento económico cubano, en el siguiente acápite se estima la contribución de cada variable al crecimiento observado del PIB.

## 2. Contribución al crecimiento

A partir de las elasticidades cambiantes del PIB ante las exportaciones reales y los términos de intercambio, así como la elasticidad fija al financiamiento externo y el crecimiento estimado de la tendencia de 2,6%, se efectúa un cálculo de la contribución de cada una de estas variables al crecimiento del PIB. Para ello se multiplica la elasticidad (estimación alisada del filtro) por la variación observada de la variable explicativa en cada año. Como la relación es de largo plazo y no tiene que cumplirse todos los años, en el cuadro 6 se muestran los resultados como promedios anuales por quinquenios y para todo el período. También se computa la predicción del crecimiento del PIB restringido por la balanza de pagos. La contribución de "otras causas" que afectan el crecimiento del PIB y que no están recogidas en el modelo es la diferencia entre el crecimiento observado del PIB y la predicción.<sup>11</sup>

La tendencia tiene una participación fija de 2,6%, y aproxima la contribución de factores que benefician el crecimiento del PIB y muestran una evolución tendencial. Siguiendo a Blecker (1992), se interpretaría que la

<sup>11</sup> Más exactamente, la contribución de las exportaciones en cada año se calcula como  $\beta_{1,t-1T}^* d \log X_t$ , y la contribución de los términos de intercambio como  $\beta_{3,t-1T}^* d \log TOT_t$ . La contribución del financiamiento externo, como el coeficiente no varía en el tiempo, se calcula como  $0,139^* d \log FE_t$ . La contribución de la tendencia es fija e igual a 2,6%. Para obtener entonces "otras causas", una vez que se tienen los promedios anuales se toma la diferencia entre el crecimiento observado del PIB y la predicción (suma de las contribuciones).

<sup>10</sup> Dando lugar incluso a la no significación del coeficiente al final del período, como se comentó del cuadro 5.

tendencia positiva encontrada representa una tendencia estructural de largo plazo a que aumente la competitividad relativa de los bienes y servicios cubanos. Desde un punto de vista neoclásico, la tendencia podría ser una forma simplificada de incorporar el efecto de largo plazo que tienen sobre el PIB el crecimiento de la población, la acumulación de capital y el progreso técnico.<sup>12</sup>

Se aprecia en el cuadro 6 que las exportaciones reales, el financiamiento externo y los términos de intercambio explican una parte importante de las desviaciones del crecimiento del PIB respecto del crecimiento tendencial. No obstante, se observa que “otras causas” también tienen un peso importante en varios quinquenios. La columna de “otras causas” puede aproximar el efecto neto sobre el PIB de factores internos de la economía ajenos a la balanza de pagos, tales como factores institucionales y diferentes políticas económicas.<sup>13</sup> La existencia de valores negativos en “otras causas” indica que la economía se encuentra por debajo del crecimiento que le imponen las restricciones externas, lo que significa que hay factores internos que están afectando el crecimiento económico. La existencia de valores positivos en “otras causas” indica que la economía ha potenciado factores internos para superar las restricciones externas.

Cabe destacar varios resultados en el cuadro 6. En el período 1971-1975 la economía obtuvo un crecimiento medio anual por encima del tendencial. En este quinquenio, con la entrada de Cuba al CAME, los términos de intercambio hicieron la mayor contribución positiva (3,16%). Fueron un factor clave, junto a “otras causas”, para el mayor crecimiento de los quinquenios analizados. Desde entonces la economía ha tenido que lidiar con contribuciones en promedio negativas de los términos de intercambio, que solo en el último período volvieron a hacer una contribución positiva de 0,41%.

Los beneficios de los acuerdos comerciales y financieros con el CAME se comenzaron a manifestar en las

exportaciones reales y el financiamiento externo en los quinquenios 1976-1980 y 1981-1985. Ambas variables hicieron una contribución positiva que compensó la caída de los términos de intercambio. En el quinquenio 1981-1985 el financiamiento externo hizo la segunda mayor contribución positiva del período analizado (1,69%).

En los quinquenios 1986-1990 y 1991-1995 la economía decreció como resultado de factores internos y externos. En esos años la contribución media de todas las variables del modelo CRBP fue negativa: se estima que en el período de crisis económica la causa externa de mayor peso fue la contracción de las exportaciones reales (-2,25%), seguida muy de cerca por la disminución del financiamiento externo (-1,96%), y en tercer lugar por el empeoramiento de los términos de intercambio (-1,67%), que en suma provocaron un decrecimiento medio anual del PIB de 5,88% entre 1991 y 1995. En ambos quinquenios “otras causas” ajenas a las restricciones de la balanza de pagos contribuyen a explicar la contracción del PIB, lo que coincide con la idea de que las dificultades de la economía cubana en esos años también se debieron a factores internos, que desde los años 1980 ya se manifestaban en los problemas del modelo económico cubano.

En los quinquenios 1996-2000 y 2001-2005 la economía cubana retomó un crecimiento medio anual superior al de tendencia. Las exportaciones reales fueron el factor decisivo para la recuperación de la economía después de la crisis.

En la última fila del cuadro 6 se ve que en el plazo de 55 años el crecimiento observado del PIB converge con la predicción del crecimiento restringido por la balanza de pagos. Las exportaciones mantienen una contribución positiva (0,54%), los términos de intercambio presentan una contribución negativa (-0,16%) y como es de esperar, debido a que no se puede mantener indefinidamente un déficit en la cuenta corriente, la contribución del financiamiento externo tiende a cero.<sup>14</sup>

### 3. Elasticidad-ingreso de las importaciones

En la ecuación (6) del modelo teórico CRBP el coeficiente asociado a las exportaciones reales viene dado por la expresión  $\theta/\xi$ . Así, la trayectoria de la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones ( $\xi_t$ ) se puede obtener

<sup>12</sup> Aun con una interpretación neoclásica de la tendencia, no se estaría en contraposición con los principios básicos del modelo CRBP expuestos por Thirlwall (1997). No se estaría asumiendo que los factores de producción son una condición suficiente para el crecimiento y que la demanda no importa; por el contrario, se estaría suponiendo que la utilización de los factores de producción depende de que los bienes producidos por Cuba sean demandados en el exterior y de que el país cuente con ingresos en moneda extranjera para pagar importaciones; la ubicación del crecimiento por encima o por debajo del crecimiento tendencial depende de las variables del modelo CRBP.

<sup>13</sup> Al considerar en el modelo no solo las exportaciones sino también los términos de intercambio y el financiamiento externo, se está más cerca de aproximar el efecto de factores internos de la economía mediante las diferencias entre el crecimiento observado y el predicho por el modelo CRBP.

<sup>14</sup> En Moreno-Brid y Pérez (2000) también se obtiene que las exportaciones reales, más que los términos de intercambio, constituyeron la variable que más pesó en el crecimiento del PIB de países centroamericanos en el período 1950-1996 (en el modelo no se incluye el financiamiento externo).

a partir de la trayectoria de  $\beta_{1t}$  estimada con el filtro de Kalman y los valores observados de  $\theta_t$ . En el gráfico 6 se presenta dicha elasticidad calculada por el cociente:  $\xi_t = \theta_t/\beta_{1t}$

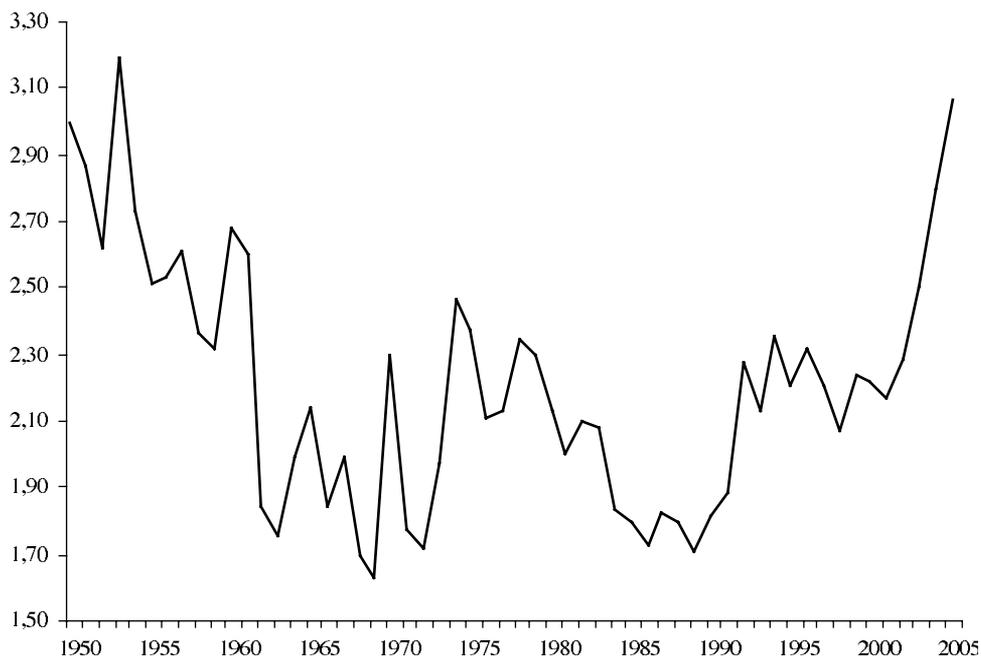
Se aprecia que en las décadas de 1950 y 1960 la elasticidad-ingreso de las importaciones tuvo una tendencia decreciente, indicando un proceso de sustitución de importaciones. En el año 1953 marcó un máximo de 3,18 y en 1969 llegó al mínimo de 1,62. Hacia 1974 dicha elasticidad había vuelto a aumentar hasta un valor de 2,54. Desde entonces exhibió una tendencia negativa hasta 1989, año en que llegó a 1,69, revelando nuevamente un avance en la sustitución de importaciones. Con la crisis económica, de 1990 a 1992 la elasticidad volvió a crecer. Entre 1992 y el 2002 se mantuvo en un valor medio en torno a 2,21. Finalmente, entre 2003 y 2005 la elasticidad aumentó significativamente, con valores

estimados de 2,50, 2,79 y 3,06, respectivamente. La elasticidad del 2005 es el segundo valor más alto en los 55 años analizados.<sup>15</sup>

La trayectoria estimada de la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones contiene la mayoría de las estimaciones realizadas en los trabajos señalados anteriormente, excepto la estimación de Moreno-Brid (2000) de 4,11 para el período 1985-1998. Por su parte, Mañalich y Quiñones (2004) y Alonso y Sánchez-Egozcue (2005) estimaron una elasticidad-ingreso de las importaciones de 2,88 para el período 1975-2000 y de 2,42 para el período 1960-2000, respectivamente, a partir de una demanda de importaciones. Mendoza y Robert (2002) y Cribeiro y Triana (2005) estimaron elasticidades de 1,62 para el período 1976-2000 y de 1,72 para el período 1960-2004, respectivamente, a partir de la ecuación de crecimiento económico del modelo CRBP.

GRÁFICO 6

**Cuba: trayectoria de la elasticidad-ingreso de las importaciones, 1950 a 2005**  
(Resultado estadístico con el logaritmo de los datos)



Fuente: elaboración propia.

<sup>15</sup> La mayor parte de la varianza de  $\xi_t$  viene dada por  $\theta_t$ , ya que tiene una desviación estándar 8,4 veces mayor que  $\beta_{1t}$ . Los aumentos y disminuciones de  $\theta_t$  se han reflejado menos en la elasticidad del PIB

a las exportaciones  $\beta_{1t}$  y bastante más en la elasticidad-ingreso de las importaciones  $\xi_t$ .

## VII

### Conclusiones

Se encontró que el modelo CRBP con coeficientes que cambian en el tiempo permite explicar una parte importante del crecimiento económico en Cuba, aunque se estimó que junto a las restricciones externas hay factores internos que también han tenido un peso importante. De acuerdo con la evolución estimada de las elasticidades, se tiene que, de las variables explicativas del modelo CRBP, las exportaciones reales siempre han sido las de mayor efecto relativo sobre el PIB. A pesar de que la elasticidad del PIB a las exportaciones viene disminuyendo desde 1985, el mayor dinamismo exportador en el último decenio ha compensado la menor elasticidad. De hecho, se puede decir que el crecimiento económico cubano después de la crisis se ha apoyado en el incremento de las exportaciones.

Los resultados coinciden con los de otros trabajos que han aplicado a Cuba el modelo CRBP, en cuanto a que han encontrado que el crecimiento económico depende mucho de las importaciones. Debido a la insuficiente oferta nacional de bienes intermedios y de capital, el crecimiento de la actividad económica va aparejado a una significativa penetración de bienes del exterior, lo que presiona el equilibrio externo. En la trayectoria estimada de la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones se observa un aumento a principio de la década de 1990 y desde el 2003 al 2005, lo que muestra que la economía cubana ha retrocedido en la sustitución de importaciones.

A pesar de la alta elasticidad-ingreso de las importaciones, la aceleración del PIB en el 2004 y en el 2005 no ha provocado un deterioro del equilibrio externo. La expansión de las exportaciones de servicios ha superado el incremento de las importaciones, conduciendo incluso a un superávit en la cuenta corriente. La combinación

de un incremento de las exportaciones y de un retroceso en la sustitución de importaciones pone en evidencia que el sector exportador tiene pocos encadenamientos con el sector productivo interno. En alguna medida este es un resultado esperado: la exportación de servicios no tiene el efecto multiplicador que pudiera tener, por ejemplo, la exportación basada en el desarrollo del sector industrial. Pero además, otros dos factores deben estar determinando este resultado:

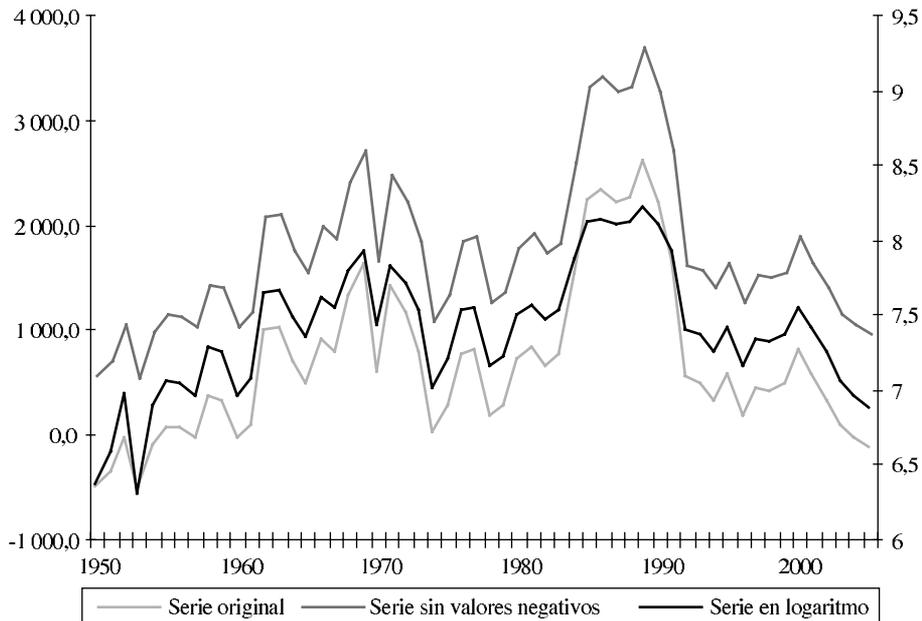
i) la ralentización del turismo, un sector que dentro de los servicios pudiera tener los mayores efectos multiplicadores sobre la construcción y otras actividades productivas internas, y ii) la menor participación en las exportaciones totales del sector azucarero, rama que usualmente ha tenido más encadenamientos con el resto de las producciones nacionales. Como parte del proceso de reestructuración de la agroindustria azucarera cubana, en el 2002 se cerraron casi la mitad de los ingenios azucareros y en el 2005 se produjo la zafra más baja de los últimos cien años.

La estimación del modelo CRBP sugiere que el crecimiento futuro de la economía cubana dependerá principalmente de la posibilidad de mantener la expansión de las exportaciones y de reducir la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones. Dados los nuevos acuerdos económicos con Venezuela y China y el dinamismo de los servicios profesionales, cabría esperar que las exportaciones se mantengan creciendo en los próximos años. Sin embargo, las perspectivas pudieran ser superiores y con beneficios para una mayor proporción de la economía, si también se avanzara en la sustitución eficiente de importaciones y en la expansión de otros sectores exportadores con mayor efecto multiplicador.

## APÉNDICE A

## Transformación del financiamiento externo

GRÁFICO A.1

Evolución de la serie de financiamiento externo real, 1950-2005<sup>a</sup>

Fuente: elaboración propia con datos de la Oficina Nacional de Estadísticas y el Instituto Nacional de Investigación Económica de Cuba.

<sup>a</sup> Eje izquierdo: serie original y serie sin valores negativos. Eje derecho: serie en logaritmo.

## APÉNDICE B

## Algoritmo del filtro de Kalman

El filtro mencionado tiene su origen en el trabajo de Kalman (1960). Es el principal algoritmo para estimar sistemas dinámicos representados en la forma estado-espacio. Opera mediante un procedimiento recursivo que permite obtener el estimador óptimo del vector de estado en cada momento  $t$  basado en la información disponible hasta dicho momento. Este estimador es óptimo en el sentido de que minimiza el error cuadrático medio. Dependiendo de cuanta información se utiliza, se tiene el filtro básico o el alisado. El filtro básico se refiere a una estimación del vector de estado con la información disponible hasta el momento  $t$ . El alisado se refiere a una estimación del vector de estado basada en la información disponible en todo el período muestral  $T$ .

## 1. El filtro básico

El filtro básico se apoya en un algoritmo de predicción y actualización del vector  $\beta_t$  que se repite para cada observación desde el principio hasta el final de la muestra.

## a) Predicción

Sobre la base de la información disponible hasta el momento  $t-1$  referida a  $\beta_{t/t-1}$ , se hace una predicción de  $y_t$ ;  $y_{t/t-1}$ .

## b) Actualización

Una vez que se tiene  $y_t$ , se puede calcular el error de predicción:  $\eta_{t/t-1} = y_t - y_{t/t-1}$ . Este error de predicción contiene nueva información sobre  $\beta_t$  más allá de la comprendida en  $\beta_{t/t-1}$ . Así, después de observar  $y_t$ , se hace una inferencia más exacta de  $\beta_t$ . El vector  $\beta_{t/t}$ , una inferencia de  $\beta_t$  basada en información hasta el momento  $t$ , se obtiene en la siguiente forma:  $\beta_{t/t} = \beta_{t/t-1} + K_t \eta_{t/t-1}$ , donde  $K_t$  es el peso asignado a la nueva información sobre  $\beta_t$  contenida en el error de predicción y se conoce con el nombre de ganancia de Kalman.

## c) Ecuaciones

## i) Ecuaciones de predicción

Predicción del estado:  $\beta_{t/t-1} = \tilde{\mu} + F\beta_{t-1/t-1}$

Predicción de la covarianza de  $\beta_t$ :

$$P_{t/t-1} = FP_{t-1/t-1}F' + Q$$

Error de predicción:

$$\eta_{t|t-1} = y_t - y_{t|t-1} = y_t - x_t \beta_{t|t-1}$$

Varianza del error de predicción:

$$f_{t|t-1} = x_t P_{t|t-1} x_t' + R_t$$

donde  $Q$  es la covarianza de los efectos de las perturbaciones sobre  $\beta_t$  y  $R$  es la varianza del error  $e_t$  de la ecuación de medida.

ii) *Ecuaciones de actualización*

$$\text{Actualización del estado: } \beta_{t|t} = \beta_{t|t-1} + K_t \eta_{t|t-1}$$

Actualización de la covarianza:

$$P_{t|t} = P_{t|t-1} - K_t x_t' P_{t|t-1}$$

donde  $K_t = P_{t|t-1} x_t' f_{t|t-1}^{-1}$  es la ganancia de Kalman.

Dados los valores iniciales de  $\beta_{0|0}$  y su varianza  $P_{0|0}$ , las ecuaciones del filtro básico son iteradas para  $t = 1, 2, \dots, T$ . En este trabajo se utilizaron como valores iniciales los coeficientes fijos

y las varianzas estimadas en la ecuación (13) por el método de mínimos cuadrados ordinarios con las primeras 35 observaciones en la primera etapa de la metodología de Engle y Granger.

## 2. El filtro alisado

El filtro alisado  $\beta_{t|T}$  proporciona una estimación de  $\beta_t$  más exacta, ya que utiliza más información que el filtro básico. Se apoya en el mismo procedimiento de predicción y actualización que emplea el filtro básico pero hacia atrás, para  $t = T-1, T-2, \dots, 1$ , tomando como valores iniciales los obtenidos de la última iteración del filtro básico.

*Ecuaciones del procedimiento de alisado*

$$\beta_{t|T} = \beta_{t|t} + P_{t|t} F' P_{t+1|t}^{-1} (\beta_{t+1|T} - F \beta_{t|t} - \tilde{\mu})$$

$$P_{t|T} = P_{t|t} + P_{t|t} F' P_{t+1|t}^{-1} (P_{t+1|T} - P_{t+1|t}) P_{t+1|t}^{-1} F P_{t|t}'$$

## Bibliografía

- Alonso, José Antonio y Jorge Mario Sánchez-Egozcue (2005): La competitividad desde una perspectiva macro: la restricción externa al crecimiento, *Tecnología, competitividad y capacidad exportadora de la economía cubana: el desafío de los mercados globales*, La Habana.
- Álvarez, Fernando, Miguel Dorta y José Guerra (2000): *Persistencia inflacionaria en Venezuela: evolución, causas e implicaciones*, documento de trabajo, N° 26, Caracas, Banco Central de Venezuela.
- Atesoglu, H.S. (1993-1994): Exports, capital flows, relative prices and economic growth in Canada, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 16, N° 2, Nueva York, M.E. Sharpe.
- \_\_\_\_\_ (1997): Balance-of-payments-constrained growth model and its implications for the United States, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 19, N° 3, Nueva York, M.E. Sharpe.
- Bairam, B. (1993): Static versus dynamic specification and the Harrod foreign trade multiplier, *Applied Economics*, vol. 25, N° 6, Londres, Taylor & Francis.
- Blecker, R.A. (1992): Structural roots of U.S. trade problems: income elasticities, secular trends and hysteresis, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 14, N° 3, Nueva York, M.E. Sharpe.
- Cribeiro, Yordanka y Lilian Triana (2005): Las elasticidades en el comercio exterior cubano: dinámica de corto y largo plazo, tesis de diploma, La Habana, Facultad de Economía, Universidad de La Habana.
- Engle, R. y C. Granger (1987): Co-integration and error-correction. Representation, estimation, and testing, *Econometrica*, vol. 55, N° 2, Nueva York, Econometric Society, marzo.
- Engle, R. y Byung Sam Yoo (1987): Forecasting and testing in cointegrated systems, *Journal of Econometrics*, vol. 35, N° 1, North-Holland, Elsevier Science Publishers B.V.
- Haldane, A.G. y S.G. Hall (1991): Sterling's relationship with the dollar and the Deutschmark: 1976-89, *The Economic Journal*, vol. 101, Oxford, Blackwell Publishing, mayo.
- Hamilton, James D. (1994): *Time Series Analysis*, Princeton, Princeton University Press.
- Hussain, M.N. (1999): The Balance-of-Payments Constraint and Growth Rate Differences among Africa and East Asian Economies, *African Development Review*, vol. 11, N° 1, Oxford, African Development Bank, Blackwell Publishing.
- Johansen, S. (1991): Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models, *Econometrica*, vol. 59, N° 6, Nueva York, Econometric Society.
- \_\_\_\_\_ (1995): *Likelihood-based inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford, Reino Unido, Oxford University Press.
- Johansen, S. y K. Juselius (1990): Maximum likelihood estimation and inferences on cointegration with applications to the demand for money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 52, N° 2, Oxford, Reino Unido, Oxford University Press.
- Kalman, R.E. (1960): A new approach to linear filtering and prediction problems, *Journal of Basic Engineering*, vol. 82, N° 1, Nueva York, American Society of Mechanical Engineering.
- Kim, Chang-Jin y Charles Nelson (1999): *State-Space Models with Regime Switching*, Massachusetts, MIT Press.
- Mañalich, Isis y Nancy Quiñones (2004): *Sustitución de importaciones. Un desafío impostergable*, La Habana, Universidad de La Habana.
- McCombie, J.S.L. (1997): On the empirics of balance-of-payments-constrained growth, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 19, N° 3, Nueva York, M.E. Sharpe.
- McCombie, J.S.L. y A.P. Thirlwall (1994): *Economic Growth and the Balance-of-Payments Constraint*, Nueva York, St. Martin's Press.
- Mendoza, Yenniell y Leonel Robert (2002): El crecimiento económico y las restricciones en el sector externo. Una aplicación al caso cubano, La Habana, Instituto Nacional de Investigaciones Económicas, inédito.
- Moreno-Brid, Juan Carlos (1998-1999): On capital flows and the balance-of-payments-constrained growth model, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 21, N° 2, Nueva York, M.E. Sharpe.
- \_\_\_\_\_ (1999): Mexico's economic growth and the balance of payments constraint: a cointegration analysis, *International Review of Applied Economics*, vol. 13, N° 2, Londres, Taylor & Francis.
- \_\_\_\_\_ (2000): Crecimiento económico y escasez de divisas, *La economía cubana. Reformas estructurales y desempeño en los noventa*, México, D.F., CEPAL/Fondo de Cultura Económica.

- \_\_\_\_\_ (2003): Capital flows, interest payments and the balance-of-payments constrained growth model: a theoretical and empirical analysis, *Metroeconomica* vol. 54, Oxford, Reino Unido, Blackwell Publishing.
- Moreno-Brid, Juan Carlos y Esteban Pérez (2000): Balanza de pagos y crecimiento en América Central, 1950-1996, *Comercio exterior*, vol. 50, N° 1, México, D. F., Banco Nacional de Comercio Exterior, enero.
- Moreno-Brid, Juan Carlos y Carlos Ricoy (2005): New measurement tools of the external-constrained growth model, with applications for Latin America, en Jacek Leskow, Martín Puchet y Lionello Punzo (comps.), *New Tools of Economic Dynamics*, Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems N° 551, Nueva York, Springer.
- Nelson, Charles y Chang-Jin Kim (1988): The time-varying-parameter model as an alternative to ARCH for modeling changing conditional variance: the case of Lucas hypothesis, *NBER Technical Working Paper*, N° 70, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research.
- Perron, P. (1989): The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis, *Econometrica*, vol. 57, N° 6, Nueva York, The Econometric Society, noviembre.
- Revenga, A. (1993): *Credibilidad y persistencia de la inflación en el Sistema Monetario Europeo*, documento de trabajo, N° 9.321, Madrid, Banco de España.
- Thirlwall, A.P. (1979): The balance of payments constraint as an explanation of international growth rate differences, *Quarterly Review*, Roma, Banca Nazionale del Lavoro, marzo.
- \_\_\_\_\_ (1997): Reflections on the concept of balance-of-payments-constrained growth, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 19, N° 3, Nueva York, M.E. Sharpe.
- Thirlwall, A.P. y M.N. Hussain (1982): The balance of payments constraint, capital flows and growth rates differences between developing countries, *Oxford Economic Papers*, N° 34, Oxford, Reino Unido, Oxford University Press.