



**BANCO DE GUATEMALA**

Documentos de Trabajo

**CENTRAL BANK OF GUATEMALA**

Working Papers

No. 39

**UNA BONANZA DE RECURSOS NATURALES A LA  
LUZ DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN  
INTERTEMPORAL\***

**Año 1996**

Autores:

Juan Pablo Arango

Orlando Gracia

Hernando Zuleta

\*Trabajo ganador del 3er. lugar, reconocimiento otorgado por el Jurado Calificador del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Dr. Manuel Noriega Morales, Edición VII





## **BANCO DE GUATEMALA**

La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

\*\*\*\*\*©\*\*\*\*\*

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.

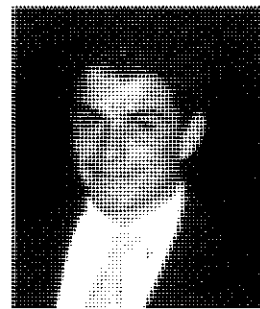
# UNA BONANZA DE RECURSOS NATURALES A LA LUZ DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN INTERTEMPORAL \*



Juan Pablo Arango



Orlando Gracia



Hernando Zuleta

**RESUMEN:** Este artículo expone la simulación de algunas alternativas de política económica frente a un boom petrolero, a partir de un modelo de equilibrio general dinámico, calibrado para Colombia. Al final se presentan conclusiones, basadas en los resultados de las simulaciones en distintos escenarios.

## I. INTRODUCCIÓN

Para los países en vías de desarrollo, una bonanza de recursos naturales constituye una oportunidad única. Un «boom» de esta naturaleza despierta numerosas expectativas: Se espera que los recursos derivados de la explotación del recurso en cuestión sirvan, entre otros objetivos, para adelantar un proceso de modernización de la economía, fortalecer la acción social del gobierno, y dar a la nación una infraestructura que permita un crecimiento económico alto y sostenido.

Paralelamente, preocupa la posibilidad de que la bonanza tenga efectos indeseables sobre el sector productor de bienes transables no petroleros, es decir, que la economía adquiera lo que en la literatura se conoce como «enfermedad holandesa».

En este contexto, muchos estudiosos de los problemas económicos han sugerido la creación de Fondos de Estabilización, que congelen parte de los recursos generados por la bonanza. Nuestra intuición y el desarrollo de este documento apuntan en la misma dirección. Sin embargo, dado que los gobiernos tienen periodos inferiores a la duración de las bonanzas (generalmente), existen incentivos para hacer uso de los recursos conforme estos se generen, e incluso para aumentar el gasto adquiriendo deuda con cargo a los ingresos que producirá el sector «boom».

Por lo anterior, es conveniente que el Fondo de Estabilización sea establecido legalmente y administrado por una entidad independiente del gobierno central y con periodos diferentes de los de este.

\* Tercer lugar, Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central "Doctor Manuel Noriega Morales", edición 1995-1996. Este texto se basa en la versión contenida en el disquete entregado por los autores.

De esta manera, bajo un contexto de banca central independiente, sería deseable que la administración y las normas de funcionamiento del Fondo de Estabilización estén a cargo del Banco Central.

En este trabajo se utiliza un modelo de equilibrio general computable dinámico, calibrado para Colombia, con el fin de simular algunas alternativas de política económica ante una bonanza de recursos naturales.

Tomando como base el modelo COLCGE <sup>1</sup>, se elaboró un modelo de tres sectores (transables, no transables y petróleo) en el cual los consumidores maximizan el valor presente de su utilidad y los productores maximizan el valor de las firmas, definido como el valor presente de sus beneficios netos de impuestos (Devarajan y Go, 1993).

En el capítulo dos se presentan algunas consideraciones teóricas acerca de la enfermedad holandesa; en el capítulo III se expone el modelo; en el capítulo IV se muestra su solución y se realizan algunas simulaciones con diferentes escenarios; finalmente, en el capítulo V se presentan algunas conclusiones.

## II. ASPECTOS TEÓRICOS ACERCA DE LA ENFERMEDAD HOLANDESA

El modelo básico en el análisis de la enfermedad holandesa es conocido en la literatura como el modelo Salter-Swan-Meade. Los supuestos básicos de este son:

1. La existencia de tres sectores: transable(T), no transable(NT) y el sector boom(B)

<sup>1</sup> Elaborado por el Departamento Nacional de Planeación (un modelo estático desarrollado para Colombia).

2. Flexibilidad en precios

3. El supuesto Ricardo-Viner-Jones, es decir, para cada sector existe un factor específico (capital o tierra) y un factor móvil (trabajo)

Partiendo de estos supuestos, un aumento en la producción y exportación del sector B llevará a una apreciación de la tasa de cambio real y a un cambio en la estructura productiva en contra del sector T.

El problema puede analizarse desde tres puntos de vista:

**A. El problema cambiario:** Un incremento en la exportaciones es, de hecho, un aumento en las reservas internacionales de las que dispone un país. Adicionalmente, las nuevas perspectivas de la economía en cuestión, que genera el sector B, pueden ocasionar una entrada de capitales que reforzaría la acumulación de reservas.

Bajo un régimen de tipo de cambio libre, esta acumulación de reservas presionará una apreciación nominal y real. La apreciación es un estímulo a las importaciones, de manera que aumentará la competencia que enfrenta la producción doméstica de bienes transables, y es un desincentivo a las exportaciones en la medida en que encarece el precio internacional de la producción doméstica. Así, el resultado final será una reducción en el tamaño del sector T.

Ahora, estos problemas pueden profundizarse en un contexto de apertura de la cuenta de capitales, ya que en una economía que está próxima a una bonanza existirán expectativas de revaluación, lo cual llevará a los agentes a apostar en favor de la moneda local.

De otra parte, entre los residentes del país en cuestión existirá la percepción de que sus ingresos se incrementarán en el futuro, de manera que tendrán incentivos para endeudarse, y así financiar un aumento permanente en su nivel de gasto.

Por último, los agentes del resto del mundo también tendrán expectativas acerca de los ingresos futuros de la economía doméstica, y por este motivo las condiciones de financiación a los agentes nacionales se relajarán.

**B. El problema monetario:** En un régimen de tipo de cambio fijo, la acumulación de reservas tendrá que ser monetizada, lo cual, en condiciones normales, presionará un aumento en el nivel de precios. A su vez, este aumento en el nivel de precios se traducirá en una apreciación real, con las consecuencias anteriormente mencionadas.

### C. El problema real:

#### a) Efecto gasto

Una bonanza es un incremento en el ingreso real de la sociedad. Si este incremento en el ingreso se destina total o parcialmente al gasto (consumo o inversión), los sectores que enfrentan rigideces en la oferta experimentarán aumento de precios, mientras que los sectores que no enfrentan este tipo de rigideces experimentarán aumentos en las cantidades transadas. Dicho de otro modo, el precio de los bienes producidos por el sector no transable subirá, mientras que en el sector de bienes transables aumentarán las importaciones y el precio permanecerá invariable.

Este cambio en precios relativos producirá un desplazamiento de los facto-

res productivos del sector transable al sector no transable.

#### b) Efecto movimiento de recursos

- Desindustrialización directa: En los casos en los que el sector B demanda recursos (capital y trabajo), la rentabilidad propia de la bonanza permitirá que este sector los remunere a tasas más altas, induciendo así un desplazamiento de los factores de producción y una disminución en el producto generado por los sectores T y NT.

En este sentido, la magnitud de la desindustrialización directa depende del carácter del sector B. Es decir, si el sector B es un enclave, la desindustrialización directa será despreciable; por el contrario, entre más vínculos tenga el sector B con el resto de la economía, más fuerte será este fenómeno.

- Desindustrialización indirecta: Dado que el precio de los bienes T está atado a su precio internacional, si existen rigideces en la oferta de los bienes NT, el aumento en el gasto doméstico (inducido por el sector B) se reflejará en una caída en el precio relativo de los bienes T, lo cual presionará un desplazamiento de los recursos del sector T hacia el sector NT.
- Propiedad de los recursos: Los fenómenos anteriores dependen del destino que los propietarios de los recursos generados por el sector B, le den a sus mayores ingresos. Efectivamente, entre mayor sea la propensión a ahorrar de los dueños de los recursos, menor será el efecto perverso de la bonanza. De ahí la importancia que adquiere la constitución de un fondo de estabilización en los casos en que los recursos de la bonanza sean propiedad del gobierno.

### III. EL MODELO

#### Consideraciones generales

Tradicionalmente, los modelos de equilibrio general han sido de carácter estático, es decir, diseñados para análisis de estática comparativa. Por este motivo, las proyecciones hechas a partir de dichos modelos presentan problemas fundamentales. Uno de ellos es que las decisiones de los agentes dependen, en cada momento, del comportamiento de las variables en el periodo corriente.

Este hecho hace necesaria la imposición de ciertos supuestos arbitrarios, acerca de las decisiones de ahorro-inversión, que se desprenden del cierre macroeconómico del modelo. Efectivamente, esta limitación hace necesario escoger entre dos alternativas: a) imponer una propensión media al ahorro —que oscurece el proceso por el cual los consumidores llevan a cabo sus decisiones de consumo en cada periodo— determinándose así las posibilidades de inversión en cada periodo, supuesto que, a su vez, no permite aclarar los mecanismos por los cuales los agentes económicos articulan sus decisiones de inversión; b) la otra opción de que se dispone para el cierre del modelo es fijar la tasa de inversión para que el consumo y el ahorro externo se ajusten, lo que, de igual manera, no permite ver cuál es la racionalidad que subyace en el comportamiento de los distintos agentes económicos.

Adicionalmente, este tipo de tratamiento no permite la exploración de hipótesis dinámicas acerca de la inversión y el crecimiento, cuando se somete el modelo a simulaciones tales como shocks externos permanentes —cambio en la política aran-

celaria, boom exportador, etc.—, pues aun cuando se «actualiza» la base para cada periodo, los supuestos siguen siendo los mismos. En efecto, ante un cambio permanente en la política comercial o en las condiciones de balanza de pagos, el comportamiento de los agentes debe cambiar de manera permanente, toda vez que sus expectativas lo hacen de la misma manera. Esto último no puede ser captado por modelos tradicionales, puesto que las restricciones ad hoc que se mencionaron anteriormente siguen gobernando el comportamiento de la economía en cada periodo.

Para superar las dificultades teóricas señaladas se intenta explorar hipótesis alternativas, cuya importancia está más allá de su posible realismo. Los agentes adquieren cierto tipo de «animación» en términos de poder modelar supuestos de comportamiento concretos, ante las decisiones de ahorro e inversión en cada momento del tiempo. Así pues, en nuestro modelo no se impone ninguna restricción arbitraria sobre el ahorro o la inversión, haciendo que las decisiones de ahorro y consumo sean simultáneas a las de inversión, lo cual, junto con el supuesto de perfecta previsión en el consumo y la inversión, hace que estas decisiones sean consistentes tanto intra como intertemporalmente.

#### A. Consumidores

El sector privado recibe ingresos por trabajo (salarios), por capital (ganancias) y por transferencias del sector externo y del gobierno, y consume bienes transables y no transables. Se supone que los consumidores observan un comportamiento racional en la medida en que utilizan toda la información disponible, in-

cluyendo la información acerca del futuro, para procurarse la mayor utilidad posible a lo largo de su vida<sup>2</sup>.

Así, el consumidor decide, en cada momento, cuánto consumir y cuánto ahorrar; qué proporción del consumo destinar a transables y qué proporción a no transables, y, del consumo de transables, qué porcentaje destinar a bienes importados y qué porcentaje a bienes producidos internamente.

Ahora, al imponer hipótesis claras sobre los consumidores y productores — particularmente previsión perfecta— se hace explícito algún tipo de vínculo entre el consumo, el ahorro y la inversión.

En cuanto a las otras dos decisiones que enfrenta nuestro consumidor, estas son modeladas de una manera tradicional. Dado que no hay perfecta sustitución entre bienes importados y bienes domésticos, la composición del consumo de bienes transables entre importados y nacionales se hace mediante una función Armington.

De otra parte, la decisión entre bienes transables y no transables se expresa mediante una función CES que intenta la minimización del costo del consumo<sup>3</sup>.

Así, suponiendo un consumidor racional que busca maximizar su utilidad en el tiempo (Abel y Blanchard 1983), el problema se puede formular de la siguiente forma:

<sup>2</sup> En un modelo de una sola generación y con horizonte temporal de los agentes finito, una función objetivo como la que plantea este modelo conduce a la desacumulación del capital, para destinar toda la riqueza al consumo. En los modelos computables, esto se evita mediante la imposición de condiciones terminales.

<sup>3</sup> La forma funcional de la Armington es igual a una CES.

$$\text{Max } \int_1^T U(C_t) e^{-\rho t}$$

donde la tasa de descuento intertemporal ( $\rho$ ) se supone constante.

Utilizando una función de utilidad homogénea se tiene:

$$\text{Max } \int_1^T \frac{1}{1-\psi} C_t^{1-\psi} e^{-\rho t}$$

donde  $\psi$  es la elasticidad de sustitución intertemporal, que se supone constante, y  $c_t$  es el consumo per cápita<sup>4</sup>.

Como se supone un consumidor racional, esto implica que:

$$E(C_t) = C_t + \varepsilon_t$$

Con:  $E(\varepsilon_t) = 0$  y  $\sigma_\varepsilon^2$  constante

$$E(C_t) = f(I_{(-i,t)});$$

Donde  $I$  es el conjunto de la información disponible y pertinente.

Como el término de error es una variable con media cero y varianza constante, no tiene ningún efecto sobre los resultados del modelo; por este motivo suponemos que el valor esperado del consumo es igual a su valor observado.

Como el consumidor compra bienes transables y no transables, la variable  $C_t$  (consumo total) es un compuesto de estos dos bienes<sup>5</sup>

$$C_t = [\alpha_c C_{tr}^{-\tau} + (1-\alpha_c) C_{nt}^{-\tau}]^{-1/\tau}$$

<sup>4</sup> El consumo total se define como una combinación de los consumos de transables y no transables, y el consumo per cápita es la relación entre el consumo total y la población ( $c_t = C_t/LS$ ).

<sup>5</sup> Los valores de estos parámetros fueron tomados de Gaviria (1993).

que cumple la restricción:

$$\frac{\alpha_c}{(1-\alpha_c)} \left( \frac{C_{p_{nt}}}{C_{p_{tr}}} \right)^{\Gamma+1} = \frac{P_{tr}}{P_{nt}}$$

donde  $C_{p^6}$  es consumo privado, los subíndices tr y nt hacen referencia a los sectores transable y no transable, respectivamente,  $\alpha_c$  es la ponderación del consumo no transable y  $\Gamma$  es un indicador de la elasticidad de sustitución entre uno y otro bien.

El sector que se ha denominado no transable agrupa aquellas empresas cuyo comercio internacional es nulo o de magnitud despreciable. Por su parte, el sector transable produce para el mercado doméstico bienes que son sustitutos imperfectos de las importaciones. Así, la oferta de bienes transables ( $X_{tr}$ ) es un compuesto entre las ventas domésticas ( $XXD_{tr}$ ) de este sector y las importaciones (M)

$$X_{tr} = A_c \left[ \sigma M^{-\Gamma_c} + (1-\sigma) XXD_{tr}^{-\Gamma_c} \right]^{-\frac{1}{\Gamma_c}}$$

cumpliendo la restricción:

$$\frac{\sigma}{(1-\sigma)} \left[ \frac{XXD_{tr}}{M} \right]^{\Gamma_c+1} = \frac{P_m}{P_{tr}}$$

De este modo, el consumidor elegirá una combinación de bienes óptima en

<sup>6</sup> La variable  $C_i$  se utiliza solamente en la función objetivo; para efectos contables el consumo total es la suma simple del consumo de bienes transables y el consumo de bienes no transables.

cada momento de acuerdo con los precios relativos, y una asignación del ingreso (entre ahorro y consumo) óptima de acuerdo con la rentabilidad de la inversión.

## B. Las firmas

En el proceso productivo las firmas requieren dos factores: capital y trabajo. El primero se forma, básicamente, en los sectores transable y no transable de acuerdo con el ahorro disponible en cada año; mientras que el trabajo tiene una tasa de crecimiento constante (2.3% anual). El capital físico es específico de cada sector, y el trabajo es móvil entre transables y no transables, pero no internacionalmente.

La producción de petróleo se modela como enclave, es decir, se supone que la industria petrolera no compite por factores con los otros sectores. Se utiliza este supuesto ya que la inversión requerida por la industria petrolera en Colombia se está financiando en el exterior. Y, con respecto al empleo, la demanda de este factor generada por el sector petróleo es de magnitud despreciable. De este modo, la influencia del petróleo en la estabilidad macroeconómica solo se hace sentir a través del gasto.

Para los otros dos sectores se supone una función de producción Cobb-Douglas, y se supone que el salario se iguala en cada momento a la productividad marginal del trabajo

$$Y_t = A K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

Partiendo de este punto, un empresario racional, con un horizonte de tiempo amplio, tratará de escoger un patrón de inversión que maximice el valor de la firma en el tiempo.



Definiendo el valor de la firma como el valor presente de los ingresos netos futuros, el problema de cada periodo será:

$$\text{Max } V_0 = \int_0^{\infty} (R_t - \mu_t) dt$$

sujeto a

$$\dot{K} = I - \text{dep } K$$

$$\text{siendo } \mu_t = e^{-\int_0^t r_v dv}$$

donde el término  $R_t$  es el ingreso neto de impuestos menos el gasto en inversión ( $J$ ),  $K$  punto es el cambio en el capital,  $I$  la inversión efectiva,  $\text{dep}$  la tasa de depreciación y  $r_v$  la tasa de descuento <sup>7</sup>.

Se consideran  $J$  (gasto en inversión) e  $I$  (inversión efectiva) como conceptos diferentes (Lucas 1967). Esto se debe a la existencia de un costo de instalación del capital físico que no permite que todo el gasto en inversión se traduzca en capital.

Así, la diferencia entre  $I$  y  $J$  está dada por:

$$J = I(1 + \theta)$$

$$\theta = \frac{\beta_\theta}{2} \frac{\left(\frac{I}{K} - \gamma_\theta\right)^2}{\frac{I}{K}}, \quad \text{si } \frac{I}{K} \geq \gamma_\theta$$

$$\theta = 0, \quad \text{si } \frac{I}{K} < \gamma_\theta$$

donde  $\beta_\theta$  y  $\gamma_\theta$  son parámetros estructurales de la economía y  $\theta$  es el costo de ajuste de la inversión. De manera que la diferencia entre el gasto en inversión y la inversión efectiva se incrementa con la relación inversión/capital.

Por lo tanto, el hamiltoniano<sup>8</sup> para resolver el problema de la firma será:

$$H_t = \mu_t [R_t - q(I_t - \text{dep } K_t)]$$

donde  $q$  es el precio sombra del capital.

Las condiciones de optimización de este problema tienen implicaciones de una intuición muy clara.

$$\frac{\partial H}{\partial I_t} = 0$$

$$\text{luego } J'(I) = q_t$$

$$\frac{\partial(\mu_t q_t)}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial K}$$

$$\text{luego } \dot{q} = (r_t + \text{dep}) q_t - R_k$$

$$0 \quad r_t q_t = R_k + \dot{q}_t - \text{dep } q_t$$

de manera que las firmas invertirán hasta el punto en el cual el costo marginal de la inversión  $J'(I)$  sea igual al precio sombra del capital  $q$ ; y el retorno de capital requerido ( $r_t q_t$ ) sea igual al producto marginal del capital más la ganancia de capital por valorización ( $q$  punto) neta de depreciación ( $\text{dep } q_t$ ).

Al resolver las anteriores ecuaciones se encuentra que la solución para el problema dinámico es una secuencia de inversión que depende de la  $Q$  de Tobin y de los parámetros de la función de costo de ajuste <sup>9</sup>.

<sup>7</sup>  $r$  está definida para cada momento  $t$ , ya que  $v$  es un subconjunto de  $t$ .

<sup>8</sup> Desarrollos de este tipo se pueden encontrar en Hayashi (1982) o en Abel y Blanchard (1983).

<sup>9</sup> La solución de este problema puede verse en el anexo 1.

$$\frac{I_t}{K_t} = \gamma_0 + \frac{1}{\beta_0} Q_t$$

donde

$$Q_t = \frac{q_t}{PK_t} - 1$$

donde  $Q$  es la relación entre el precio sombra del capital ( $q$ ) y el costo de reposición del capital ( $PK$ ) menos uno. Así, cuando el precio sombra del capital sea mayor que el costo de reposición, la inversión será positiva, y si el segundo es mayor que el primero la inversión será negativa.

Establecida la trayectoria de la inversión, los empresarios del sector transables enfrentan el problema de la asignación de la oferta entre el mercado doméstico y el mercado externo. Esta decisión se modela mediante una función CET de transformación que supone algún grado de diferenciación entre el bien destinado al mercado doméstico y el bien exportado:

$$XD_{tr} = A t_{tr} \left( \gamma XXD_{tr,t}^{\Gamma_p} + (1-\gamma) E_t^{\Gamma_p} \right)^{\frac{1}{\Gamma_p}}$$

donde la condición de primer orden es:

$$\frac{(1-\gamma)}{\gamma} \left[ \frac{E_t}{XXD_{tr,t}} \right]^{\Gamma_p - 1} = \frac{Pe_{tr,t}}{Pd_{tr,t}}$$

De esta forma las firmas asignarán su producción para la exportación o para el mercado doméstico siguiendo las señales de los precios.

### C. El gobierno

El gobierno recibe ingresos por impuestos directos e indirectos, por arance-

les y por el valor agregado del petróleo<sup>10</sup>; y consume bienes transables y no transables en proporciones fijas.

El consumo total del gobierno tiene dos componentes: el primero es totalmente exógeno y crece a una tasa constante de 4.3% anual; el segundo es el 12% del valor de las exportaciones de petróleo.

Por otro lado, hay transferencias entre el sector privado y el gobierno, entre el sector externo y el gobierno, y entre el sector externo y el sector privado.

Las posibilidades de consumo del gobierno están determinadas, entonces, por sus ingresos normales más las transferencias netas. Como el consumo total del gobierno es una variable exógena, su ahorro se determina residualmente<sup>11</sup>.

### D. Equilibrio

Algunas de las características del modelo, ya descritas, garantizan que tanto para el sector público como para el sector privado se cumpla la restricción según la cual el ingreso (incluidas transferencias) sea igual al consumo más el ahorro.

Por el lado de la balanza de pagos se tiene

$$Pwm_t M_t - TRNTOT_t = Pwe_t E_t + SX_t$$

donde  $Pwm$  y  $Pwe$  son, respectivamente, los precios internacionales de importa-

<sup>10</sup> Como una parte de la producción es de empresas extranjeras, se supone que el gobierno recibe 78% de esta.

<sup>11</sup> El ahorro del gobierno se entiende en este modelo como la diferencia entre ingresos y gastos menos el ahorro del gobierno en el exterior. Se escogió esta definición puesto que el ahorro del gobierno en el exterior no se puede utilizar para inversión doméstica.

ciones y exportaciones; TRNTOT las transferencias netas con el exterior (del sector público y el sector privado)<sup>12</sup>; M y E importaciones y exportaciones; y SX es el ahorro externo.

Nótese que el ahorro externo se define como el negativo del saldo comercial de la cuenta corriente menos las transferencias netas con el exterior, de manera que esta variable representa la parte del ahorro externo<sup>13</sup> que se traduce en inversión doméstica.

La tasa de cambio nominal, medida como pesos por dólar, es exógena y permanece constante durante los 20 años del ejercicio; por lo tanto, la tasa de cambio real se calcula como la relación entre el precio doméstico de las exportaciones y el precio de las ventas domésticas de la producción transable, o como la relación entre el precio del bien transable y el precio del bien no transable.

Con respecto al mercado interno, se tiene la condición de equilibrio:

$$X_{i,t} = CI_{i,t} + Cp_{i,t} + Cg_{i,t} + J_{i,t} + ve_{i,t}$$

donde los subíndices  $i$  y  $t$  hacen referencia al sector y al periodo, respectivamente; la variable  $X$  es la oferta total;  $CI$  el consumo intermedio;  $Cp$  el consumo privado;  $J$  el gasto en inversión; y  $ve$  la variación de existencias<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> El fondo de estabilización se modela como un agente externo que recibe transferencias del gobierno cuando las exportaciones petroleras son altas y transfiere recursos al gobierno cuando estas son bajas.

<sup>13</sup> Según la definición de Cuentas Nacionales.

<sup>14</sup>  $ve$  es una variable exógena.

Para el ahorro existe la condición de equilibrio:

$$STOT_t = Sp_t + Sg_t + Sx_t$$

donde  $STOT$  es el ahorro total de la economía,  $Sp$  es el ahorro privado,  $Sg$  es el ahorro público y  $Sx$  es el ahorro externo.

La trayectoria de  $Sp$  se determina por la maximización de la utilidad del consumidor,  $Sg$  es residual en cada momento (el consumo total del gobierno es exógeno) y  $Sx$ , cuyo valor presente debe ser igual a cero, es el negativo del saldo comercial de la cuenta corriente de balanza de pagos más las transferencias netas del gobierno con el exterior.

Adicionalmente, en cada momento el ahorro total es igual a la inversión total, y la trayectoria de esta última está determinada por la  $Q$  de Tobin.

Como todas estas variables son interdependientes, el modelo se resuelve mediante un proceso iterativo, es decir, cada variable se va ajustando de acuerdo con los niveles de las demás variables hasta llegar a un punto de equilibrio.

Para la elaboración de este trabajo se montó el modelo descrito en un programa diseñado para resolver sistemas de ecuaciones no lineales (GAMS).<sup>15</sup>

#### IV. SIMULACIONES

En este capítulo se presentan las simulaciones realizadas con el modelo descrito. El experimento inicial es tomar el comportamiento de las exportaciones petroleras que se presentarían en Colombia, en

<sup>15</sup> General Algebraic Modelling System. Este programa fue construido por Anthony Brooke, David Kendrick y Alexander Meeraus para el Banco Mundial.

ausencia de los pozos encontrados en Cusiana y Cupiagua (tabla 1, Anexo 3) para tener un escenario de referencia, en un horizonte de 20 años.

El segundo ejercicio muestra el comportamiento probable de la economía con las mayores exportaciones petroleras generadas por Cusiana y Cupiagua, en ausencia de cualquier medida de política económica que intente contrarrestar los posibles efectos negativos que puedan tener las mayores exportaciones petroleras. En el tercer ejercicio se simula el efecto que tendría un fondo de estabilización que congele temporalmente parte de los recursos provenientes de la exportación de petróleo, como mecanismo de estabilización de la economía.

Finalmente, se repitieron el segundo y el tercer ejercicios reduciendo el periodo de simulación a 14 años, con el fin de observar lo que sucedería si el horizonte temporal de los agentes privados fuese más corto que el del sector público, es decir, si la función de utilidad de los consumidores solo incorporase el consumo de los primeros catorce años<sup>16</sup>.

El fondo de estabilización se simula construyendo una trayectoria exógena de transferencias netas entre el gobierno y el exterior. Esto se hace promediando el valor presente de los ingresos petroleros para un periodo de 20 años y restándolo al valor presente de las exportaciones petroleras de cada periodo, con lo cual se consigue el efecto deseado: el fondo tendrá un papel expansivo si las exportaciones de petróleo son bajas, y un papel contractivo en caso contrario; el valor presente de las transferencias del fondo es igual a cero, y después de 20 años se

suprime, una vez desacumulado todo su capital.

Como el monto de las transferencias netas entre el gobierno y el exterior es una variable exógena, se supone que su valor no varía entre el primer y el segundo escenario; pero en el tercero (con fondo) esta variable tiene dos componentes: el primero corresponde a las transferencias exógenas que se presentarían aún en ausencia de Cusiana, y el segundo corresponde a las transferencias que se realizarían entre el fondo de estabilización y el Gobierno.

#### **A. Limitaciones del modelo**

Antes de entrar a analizar los resultados del modelo es importante señalar algunas de sus limitaciones.

En primer lugar, el supuesto de previsión perfecta implica que las decisiones de los agentes no se ven afectadas ante cambios en la asignación temporal de los ingresos. Así, ante diferentes trayectorias de las transferencias, las exportaciones petroleras o el gasto público, las decisiones de consumo e inversión no se van a ver modificadas a menos que el valor presente neto de estos flujos exógenos cambie.

Este supuesto no permite analizar algunos aspectos fundamentales de una bonanza en una economía cada vez más descentralizada, como la colombiana. Nos referimos a factores tales como la incertidumbre que aún hoy existe sobre los precios futuros del petróleo y el tamaño relativo de las reservas petroleras, lo cual abre la posibilidad de que tanto los agentes privados como el gobierno pueden sobre o subestimar el valor de la bonanza. Si estas posibilidades existen, los agentes

<sup>16</sup> Este ejercicio también supone que el estado estacionario es alcanzado en el año 14.

privados también podrían sobre o subestimar su ingreso permanente, elevando o reduciendo su gasto, lo cual generaría una excesiva inestabilidad del sector externo.

En segundo lugar, el modelo presenta una limitación importante, como es la de no poder captar los beneficios que traería para la economía mantener un gasto público estable. Como es bien sabido, las ventajas de la estabilidad del gasto se desprenden de factores tales como la inercia del gasto público, es decir, la dificultad que presenta para los gobiernos reducir los niveles de gasto, y la eficiencia que se desprende de la continuidad del gasto social.

Así pues, como en el modelo el gasto público es una variable exógena que puede ser modelada arbitrariamente, y dado que el gasto público es simplemente gasto de consumo, no pueden captarse los beneficios o costos que traerían cambios en la trayectoria de gasto del gobierno.

En tercer lugar, dado que no se modela la posibilidad de complementariedades entre la inversión pública y la inversión privada, no se generan externalidades, suponiendo implícitamente que la inversión pública posee la misma racionalidad que la inversión privada. Esto último abre la posibilidad de contemplar fenómenos tales como el *Crowding out* de la inversión privada; permitiendo, al mismo tiempo, que los agentes privados, al momento de tomar sus decisiones de consumo e inversión, sean indiferentes ante distintas trayectorias del gasto público.

Otro aspecto que no capta el modelo es la posible asimetría del mercado laboral ante cambios en las condiciones del mercado. Efectivamente, los supuestos clásicos de flexibilidad de los salarios y pleno empleo, hacen que el proceso de ajuste,

una vez terminada la bonanza, se dé continuamente y sin mayores traumatismos. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que después de las bonanzas de recursos naturales acompañadas de inflación y apreciación real, se presenta un ajuste lento en medio del cual las tasas de desempleo alcanzan niveles sumamente altos históricamente.

Por último, la ausencia de complementariedades, sumada al supuesto de productividad constante, hace que las tasas de crecimiento del PIB sean bastante modestas, aun en presencia de Cusiana.

## B. Resultados

### 1. Sin Cusiana versus Cusiana

Para el primer escenario el resultado de las principales variables es el esperado: el PIB crece a una tasa cercana al 2% anual sin variaciones significativas (gráfico 1), el consumo privado crece rápidamente en los primeros años (5% en el primer año) y va reduciendo su tasa hasta estabilizarse en niveles cercanos al 2,3% anual (gráfico 2).

Gráfico 1  
Crecimiento del PIB

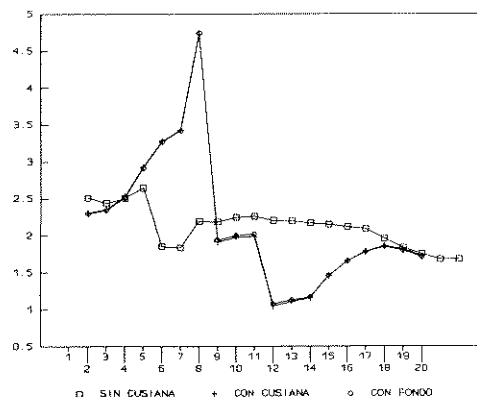
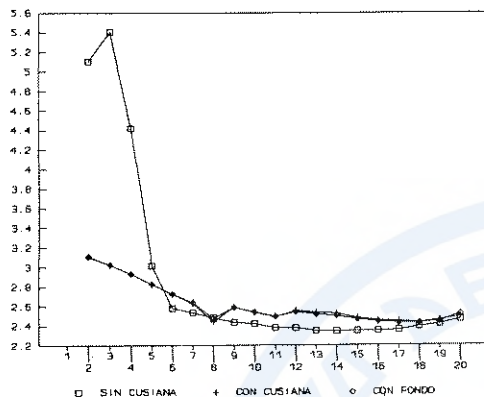
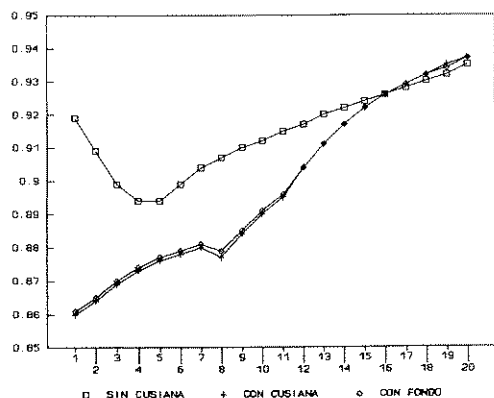


Gráfico 2  
Crecimiento del consumo privado



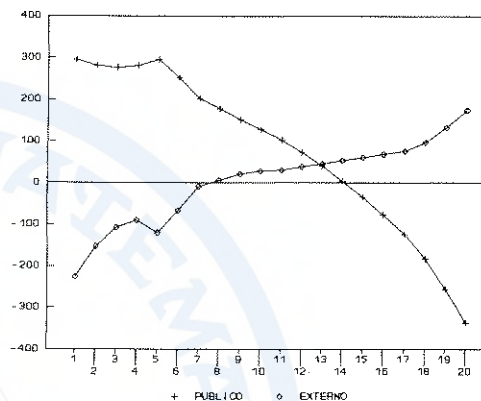
La tasa de cambio, medida como la relación de precios entre la producción transable y la producción no transable, decrece en los primeros 4 años y luego crece permanentemente a tasas muy moderadas, para situarse aproximadamente 2 puntos porcentuales por encima de su nivel inicial (gráfico 3). El ahorro externo es negativo en los primeros años, pero se torna positivo después del séptimo año, creciendo moderadamente a partir de este momento hasta el final del ejercicio (gráfico 4).

Gráfico 3  
Tasa de cambio real



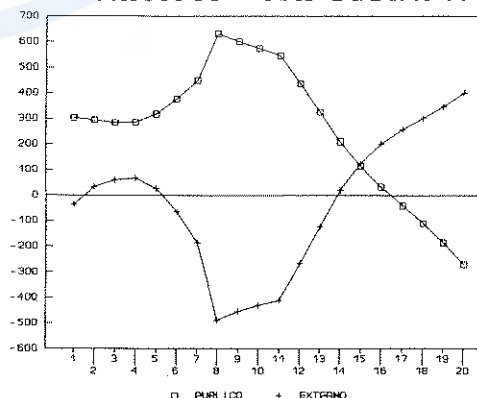
El ahorro privado, por su parte, desciende un poco en los primeros años y muestra una tendencia ascendente muy marcada después del cuarto periodo.

Gráfico 4  
Ahorros - sin CUSIANA



Estas trayectorias del ahorro privado y el ahorro externo están explicadas por el acelerado deterioro de las finanzas públicas en este escenario, toda vez que se impone la misma función de gasto público que en el escenario con Cusiana<sup>17</sup>, de manera que los agentes privados deben realizar un mayor esfuerzo de ahorro para financiar sus planes de inversión en cada periodo.

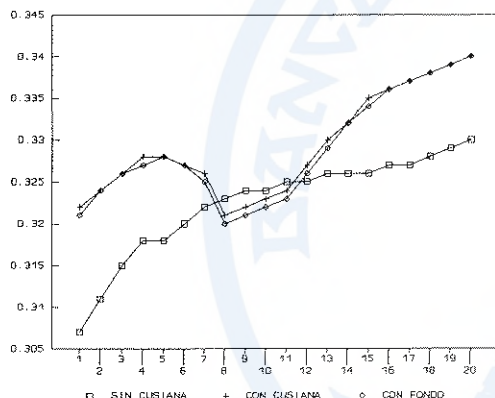
Gráfico 4A  
Ahorros - con CUSIANA



<sup>17</sup> Un componente exógeno más una proporción de las exportaciones petroleras.

Por otra parte, el producto del sector transable (no petrolero) pierde importancia como proporción del PIB desde el comienzo del ejercicio hasta el año 5, manteniéndose luego relativamente estable hasta el final. Por el contrario, la participación de la producción de no transables muestra un moderado ascenso durante todo el ejercicio, ganando tres puntos de participación relativa al final (gráfico 5).

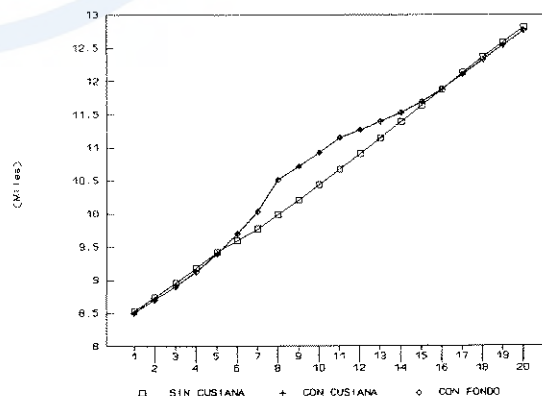
Gráfico 5  
Participación de sectores no transables



Los resultados de este ejercicio son los esperados: el PIB crece a tasas superiores al 3% en los años del «boom» petrolero, llegando a 4.7% en el «pico»; durante «la destorcida» el crecimiento se reduce a tasas cercanas al 1% (gráfico 1) y, aunque hay alguna recuperación en los últimos años, el PIB crece a tasas inferiores al 2% durante el resto del ejercicio.

Al comparar los dos ejercicios, se observa una diferencia creciente en el nivel de producto desde el comienzo del ejercicio hasta que se estabilizan las exportaciones de petróleo; a partir de este momento la diferencia se reduce año tras año, llegando a ser mayor el PIB sin Cusiana en los últimos cinco años (gráfico 6). Esto indica que el efecto de la bonanza petrolera sobre la economía será de carácter transitorio, a menos que sus rendimientos se utilicen en incrementar la productividad, pero no significa que tenga un efecto indeseable en el largo plazo; de hecho, el valor presente neto del PIB en presencia de Cusiana, supera en 20.52% del PIB, de 1994, el valor presente neto del PIB, en ausencia de Cusiana.

Gráfico 6  
PIB



Debe advertirse que los resultados presentados en este trabajo no pretenden ser una reproducción exacta del comportamiento de la economía colombiana sino, como se advirtió al comienzo, simplemente ser útiles para tener un escenario de referencia que nos permita comparar y derivar algunas conclusiones acerca de los efectos que el «boom» petrolero puede tener sobre la economía.

Para el segundo escenario cambia un supuesto básico. La trayectoria de exportaciones de petróleo incorpora ahora los nuevos descubrimientos. Este supuesto implica un aumento tanto en el ahorro como en el gasto público.

El comportamiento del consumo privado total muestra una trayectoria creciente durante todos los años, siendo siempre superior al consumo privado sin Cusiana (gráfico 7), lo cual es la consecuencia esperada del supuesto de previsión perfecta que permite a los agentes privados ajustar su trayectoria de ingreso y consumo permanente.<sup>18</sup>

Gráfico 7  
Consumo privado

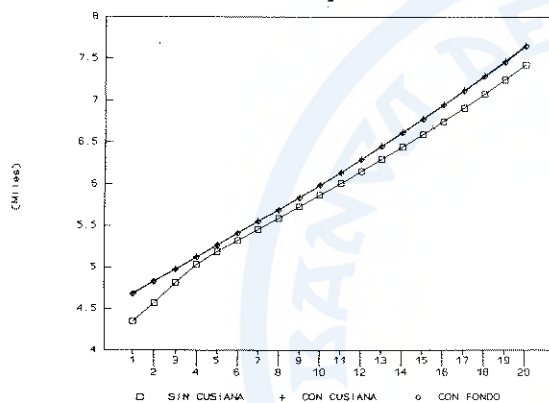
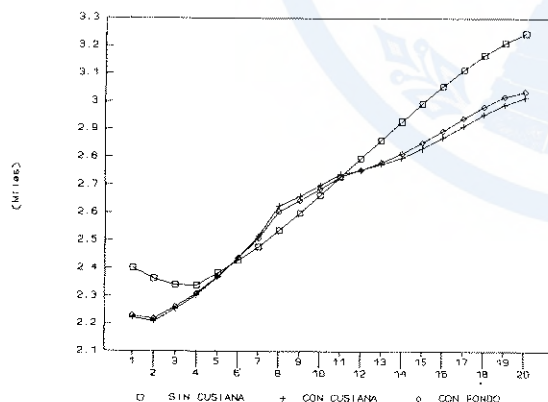


Gráfico 8  
Ahorro privado



El ahorro privado parte de niveles superiores, en el caso sin Cusiana (gráfico 8). Sin embargo, dado que esta variable muestra una aceleración durante los años anteriores al «boom», en el caso con Cusiana, su nivel es mayor en este escenario entre los años 7 y 11. Durante «la destorcida» el ahorro privado crece lentamente, siendo menor su nivel al del caso sin Cusiana desde el año 12 hasta el final del ejercicio.

Debe notarse que la economía muestra tasas de ahorro privado superiores a las observadas para el caso sin Cusiana durante la bonanza, aunque la situación fiscal es mucho más holgada en este escenario que en el anterior, donde la economía contaba con volúmenes de ahorro público muy inferiores. Esto último es consistente con la teoría del ingreso permanente<sup>19</sup>.

De otra parte, estos comportamientos de ahorro y consumo privados son compatibles con una trayectoria de ahorro externo como la que arroja el modelo para el caso con Cusiana (gráfico 9). Como puede observarse en los gráficos, los mayores niveles de consumo privado de los primeros años (menores niveles de ahorro) presionan la cuenta corriente durante estos años, situación que es revertida temporalmente durante la bonanza, cuando los agentes privados ahorran buena parte de su ingreso transitorio.

Durante «la destorcida», y hasta el final del ejercicio, se acentúa el crecimiento en los niveles de consumo privado y empeoran aceleradamente las finanzas

<sup>18</sup> En un ejercicio sin previsión perfecta, el aumento en el ingreso que se observa durante la bonanza puede percibirse como permanente y, en consecuencia, el consumo puede aumentar en la misma proporción que el ingreso.

<sup>19</sup> El mayor ahorro del gobierno permite que los agentes privados destinen una mayor parte de sus ingresos al consumo; sin embargo, como el ingreso percibido durante el «boom» es transitorio, gran parte de este es ahorrado.



públicas (gráfico 10), presionando nuevamente la cuenta corriente.

Gráfico 9  
Ahorro externo

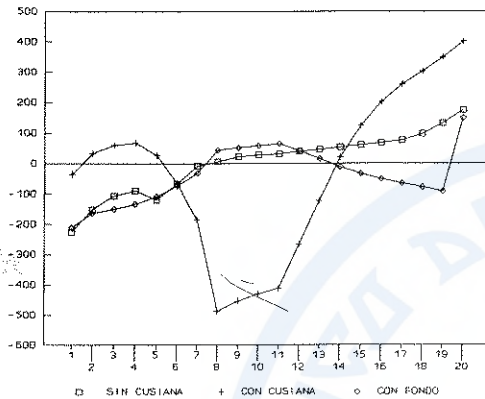
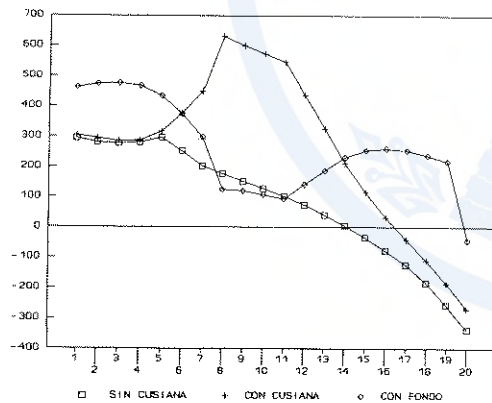


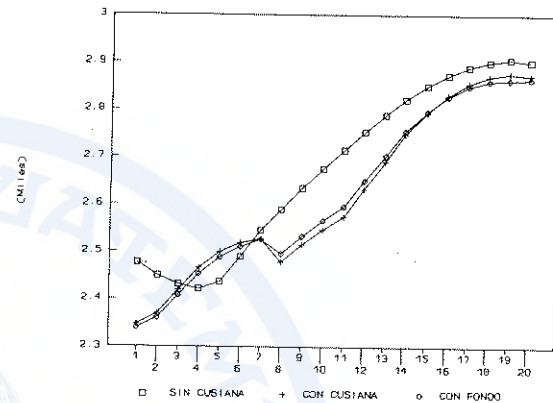
Gráfico 10  
Ahorro público



En cuanto a la inversión, el escenario con Cusiana muestra algunos síntomas de «enfermedad holandesa» (gráfico 11), toda vez que los niveles de esta variable son superiores en el escenario sin Cusiana durante todo el ejercicio, con excepción de los años anteriores a la bonanza, donde la inversión, tanto en los sectores transables

como en los no transables, es muy superior para este último escenario.

Gráfico 11  
Inversión total



Cuando se desagrega el comportamiento de la inversión según su destino (gráficos 12 y 13), se puede observar cómo para el caso con Cusiana la inversión en el sector no transable es superior durante todo el ejercicio debido a los menores niveles de tasa de cambio real. Por el contrario, para los sectores transables, aunque los niveles de la inversión son inferiores en presencia de Cusiana, esta diferencia tiende a reducirse hacia finales del ejercicio, siguiendo de cerca la trayectoria de la tasa de cambio real.

Esto puede explicarse por el comportamiento de la  $Q$  de Tobin, la cual, en el sector de no transables, muestra un nivel inicial superior para el caso con Cusiana, una caída permanente en ambos escenarios y un nivel final superior en el escenario con Cusiana (gráfico 14); en el sector de transables el nivel de la  $Q$  es superior a lo largo de los primeros 16 años en el caso sin Cusiana, partiendo de niveles superiores y terminando en niveles inferiores (gráfico 15).

Gráfico 12  
Inversión transables

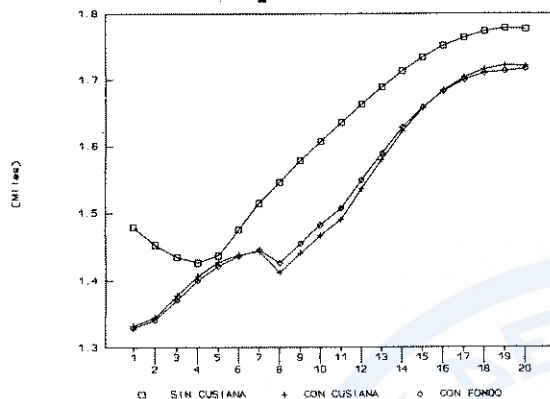


Gráfico 13  
Inversión no transables

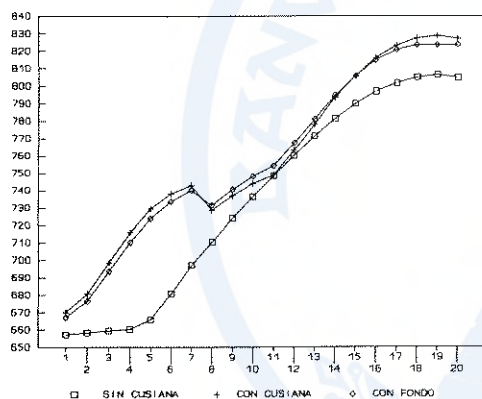


Gráfico 14  
Q no transables

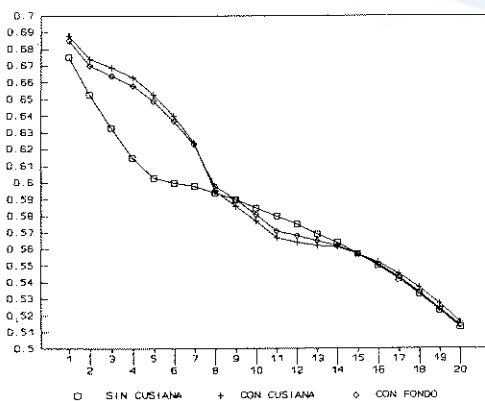
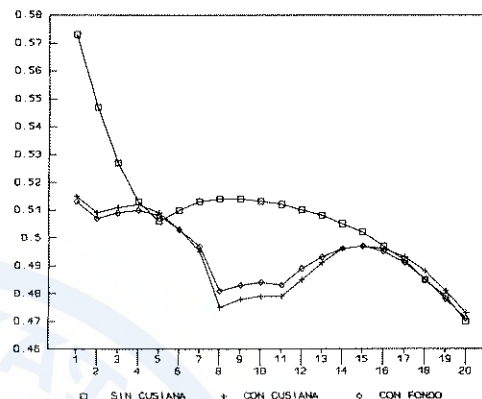


Gráfico 15  
Q transables



Este comportamiento de la inversión en ambos sectores está ligado al comportamiento de la tasa de cambio real. En efecto, como se observa en el gráfico 3, en el escenario con Cusiana los agentes económicos anticipan y adelantan la caída en la tasa de cambio, lo cual estaría generando el acelerado crecimiento de la inversión en el sector de no transables, durante los primeros años. La tendencia inicial de la tasa de cambio empieza a revertirse rápidamente, y ello, junto con el deterioro de la productividad física marginal del capital, determina la erosión de la rentabilidad en este sector; un proceso bien diferente estaría sucediendo en el sector de transables (gráficos 14 y 15). Esto último estaría explicando, al mismo tiempo, la pequeña reducción de la participación relativa del sector transable al final del ejercicio.

En cuanto a las exportaciones no petroleras (gráfico 16), su desempeño está dentro de lo esperado: los niveles de exportaciones no petroleras con Cusiana están por debajo de lo acontecido sin Cusiana. Esto es, como hemos visto anteriormente, porque tanto los términos de intercambio entre los dos sectores, como la relación entre precios internacionales y domésticos del bien transable (gráfico

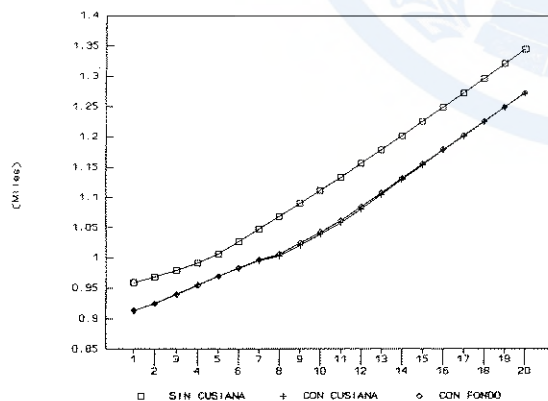
17), muestran niveles relativos inferiores durante los 20 años de nuestro ejercicio. Así, la caída relativa de la relación entre precios internacionales y precios domésticos del bien transable, erosiona la competitividad de este sector, lo cual determina el descenso de la inversión y la producción con respecto al escenario sin Cusiana.

Es precisamente la rápida recuperación de la tasa de cambio real<sup>20</sup> la que hace posible atenuar los efectos negativos de la pérdida de competitividad, determinando que los síntomas de la «enfermedad holandesa» sean de poca significación.

## 2. Sin fondo versus fondo, en un horizonte largo

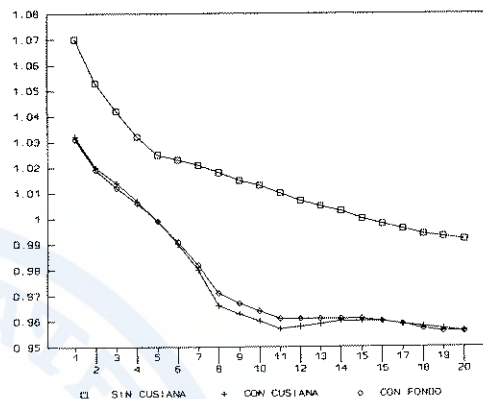
Los resultados del tercer ejercicio, como se puede observar en las gráficas, son prácticamente iguales a los del segundo ejercicio; esto se explica por la racionalidad de los agentes y su previsión perfecta.

Gráfico 16  
Exportaciones no petroleras



<sup>20</sup> El ajuste importante de la tasa de cambio real se produce en el primer año, permitiendo así que durante todo el ejercicio (con excepción del pico de la bonanza) haya devaluación real.

Gráfico 17  
Precio internacional/Precio doméstico



El efecto del fondo se hace sentir sobre la composición del ahorro. En los primeros años, cuando el fondo de estabilización transfiere recursos al gobierno<sup>21</sup>, el ahorro público (interno) es más alto (gráfico 10), permitiendo la generación de desahorro externo durante los años anteriores a la bonanza (gráfico 9). Cuando la economía experimenta el «boom», el gobierno transfiere recursos al fondo de estabilización, y el ahorro (interno) del gobierno es menor, de modo que el ahorro doméstico debe complementarse con ahorro externo. Finalmente, una vez terminada la bonanza, el fondo de estabilización vuelve a transferir recursos al gobierno, aumentando el ahorro público (interno) y aliviando la presión sobre el ahorro externo.

Así, aunque el fondo no puede lograr los ambiciosos objetivos que se le han encomendado —bajo los supuestos aquí analizados—, pueden decirse algunas cosas en su favor. En primer lugar, el comportamiento del ahorro público (inter-

<sup>21</sup> El fondo funciona como una cuenta del gobierno en el exterior, y las transferencias de los primeros años se pueden ver como un préstamo o un sobregiro que se le autoriza al gobierno.

no), al ser menos pronunciado su descenso después del «boom», posibilita un ritmo de endeudamiento externo mucho más suave. En segundo lugar, la existencia del fondo permite a la economía tener niveles de inversión más altos, después de la bonanza, en ambos sectores.

### 3. Sin fondo versus fondo en un horizonte corto

Los resultados del anterior ejercicio indican que, si los agentes tienen previsión perfecta y su horizonte temporal va hasta el año en que termina el fondo de estabilización, los beneficios que podrán obtenerse de este son muy limitados.

Sin embargo, una de las razones que se esgrimen para proponer el fondo es el corto horizonte temporal de los agentes privados. Si los mayores ingresos derivados de la bonanza petrolera son destinados a maximizar la utilidad en un periodo relativamente corto, el consumo crecerá rápidamente acentuando la enfermedad holandesa<sup>22</sup>.

Por esta razón, hemos considerado de interés realizar un ejercicio en el cual el horizonte temporal del sector privado sea más corto que el del gobierno. En este escenario el fondo cumple el mismo papel que anteriormente, y el horizonte temporal de los agentes privados es solo de 14 años, mientras que el del gobierno es de 20 años (tabla 1).

Dado que los agentes privados tienen un horizonte temporal más corto que en los ejercicios anteriores, los niveles de consumo son persistentemente mayores en el caso del horizonte corto (gráfico 18). Por la misma razón, los niveles de ahorro privado son menores durante to-

dos los periodos que considera este ejercicio (gráfico 19). Por otra parte, tanto la tasa de cambio real como la relación de precios mundiales y domésticos del bien transable, muestran niveles inferiores a los observados para el escenario de horizontes temporales idénticos (de 20 años cada uno).

Así pues, si el horizonte temporal de los agentes privados es más corto, los efectos nocivos de la bonanza serán más fuertes.

Gráfico 18  
Consumo privado (con CUSIANA)

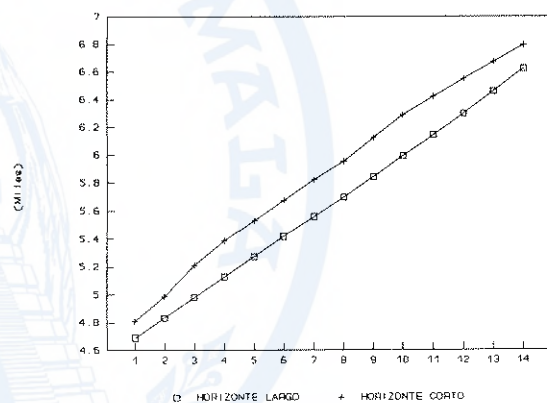
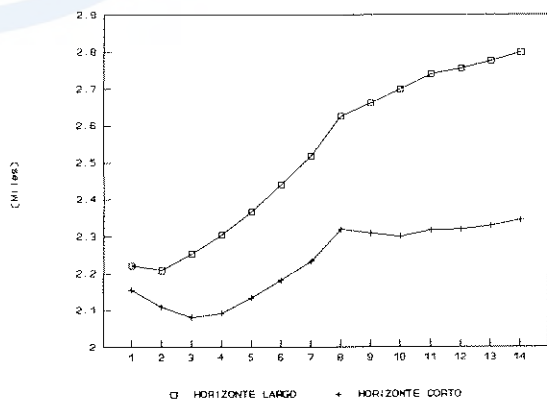


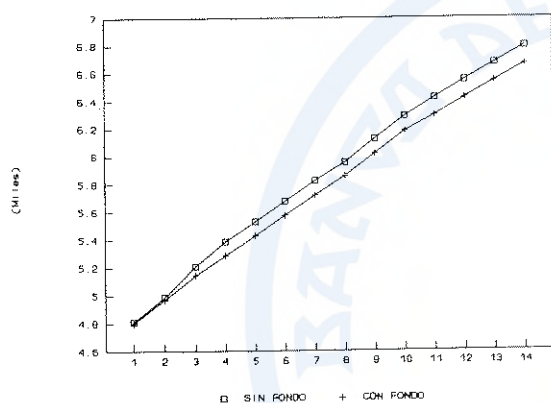
Gráfico 19  
Ahorro privado (con CUSIANA)



<sup>22</sup> En este escenario los consumidores tienen una alta propensión a consumir el ingreso transitorio.

Ahora bien, centrándonos en este último ejercicio, puede verse claramente la utilidad de que el gobierno tenga un horizonte de más largo plazo que el de los agentes privados. En primer lugar, se observa que el consumo privado en presencia del fondo de estabilización es menor que en ausencia de este (gráfico 20).

Gráfico 20  
Consumo privado (Horizonte corto)



Esto se debe a que los agentes no pueden incorporar en sus decisiones de consumo e inversión el papel estabilizador del fondo, una vez concluida la bonanza<sup>23</sup>. Relacionado con esto último está el comportamiento de la tasa de cambio real (gráfico 21), cuyo nivel se sitúa aproximadamente un punto porcentual por encima de sus niveles sin fondo hasta el año 8. Esta diferencia se va reduciendo hasta hacerse casi despreciable al final del ejercicio.

Así, el comportamiento del gasto privado en el escenario con fondo no genera una revaluación tan fuerte, y permite que las exportaciones no petroleras (gráfico 22) se sitúen en niveles superiores en

todos los periodos del ejercicio, y que las importaciones (gráfico 23) se sitúen en niveles más bajos que en ausencia de fondo.

Gráfico 21  
Tasa de cambio real (Horizonte corto)

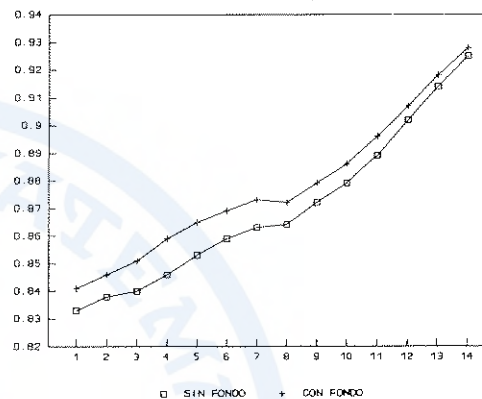


Gráfico 22  
Exportaciones no petroleras (H. C.)

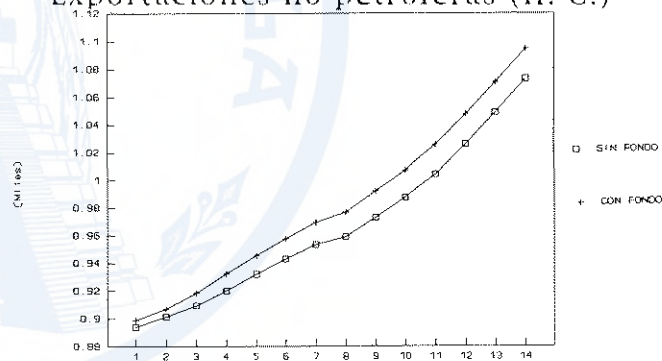
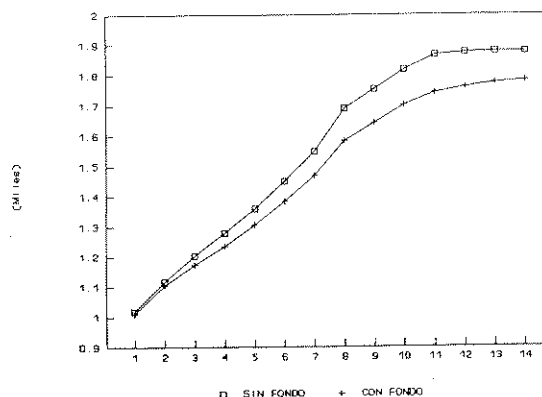


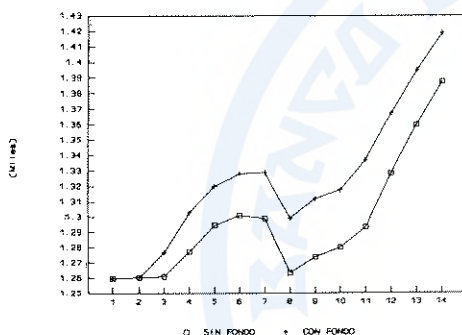
Gráfico 23  
Importaciones (Horizonte corto)



<sup>23</sup> En los últimos años el papel del fondo es expansivo.

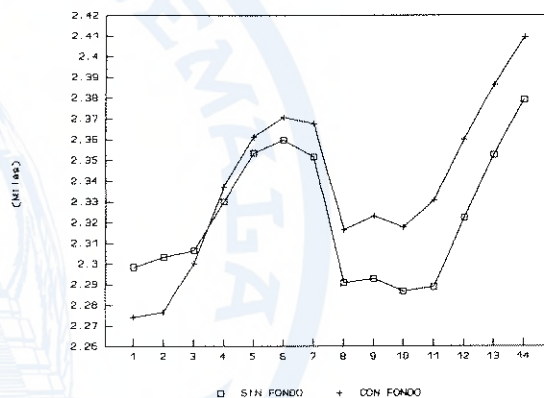
De esta forma, el efecto de un menor gasto que se presenta en el escenario con fondo se refleja en los mayores recursos de inversión que fluyen hacia los sectores transables durante todo el ejercicio (gráfico 24), lo cual, a su vez, determina los mayores niveles de inversión total que se presentan para el caso con fondo (gráfico 25).

Gráfico 24  
Inversión transable (Horizonte corto)



Al igual que en los ejercicios anteriores, la revaluación real que se presenta en el primer periodo hace que la inversión en los sectores no transables crezca aceleradamente en ambos escenarios, siendo menor (gráfico 27), sin embargo, para el caso con fondo. Esta tendencia se mantiene hasta el año 6, después del cual la inversión en este sector desciende rápidamente hasta igualarse —en niveles— en ambos escenarios.

Gráfico 25  
Inversión total (Horizonte corto)



Para este ejercicio se encuentran comportamientos similares a los observados en los anteriores, en cuanto a la inversión en cada uno de los sectores y a su relación con el comportamiento de la tasa de cambio. Así, al igual que en los anteriores escenarios, los agentes económicos adelantan la revaluación real durante el primer periodo, siendo mayor para el caso sin fondo; esto determina que el nivel inicial de la inversión total sea mayor para el último caso. Esta tendencia se revierte rápidamente, logrando que la participación del sector transable dentro del producto en el largo plazo solo descienda dos puntos porcentuales en relación con su posición inicial (gráfico 26).

Gráfico 26  
Participación transables (H. C.)

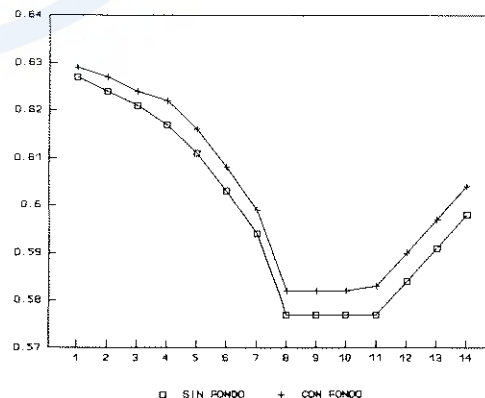
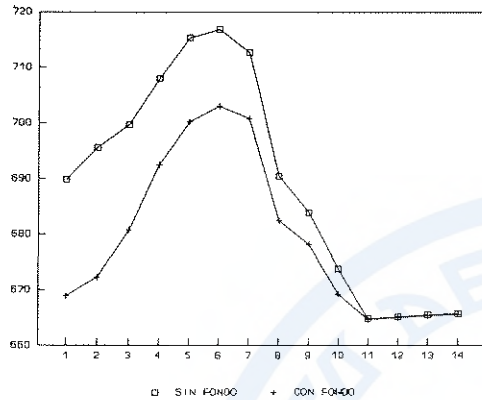


Gráfico 27  
Inversión no transables (H. C.)



Aunque en ambos escenarios se observan los mismos niveles de inversión en el sector transable durante los dos periodos iniciales, a partir del tercer periodo la inversión en el escenario con fondo muestra niveles mayores durante el resto del ejercicio. En ambos escenarios se observa crecimiento de la inversión en todo el ejercicio, con excepción del año 8.

## V. CONCLUSIONES

En esta última parte intentamos extraer algunas conclusiones a partir de los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas.

1. Como se mostró para el caso sin fondo, la economía puede experimentar los síntomas típicos de la «enfermedad holandesa»: revaluación real, reducción de la inversión transable, altos niveles de importaciones, aumento de la participación de los sectores no transables dentro del producto, reducción

en los niveles de exportaciones no petroleras, fluctuaciones relativamente pronunciadas de la cuenta corriente, etc. Sin embargo, dados los supuestos del modelo, los efectos de largo plazo no son considerables, ya que el sector de transables de la economía inicia rápidamente una trayectoria de recuperación después de la bonanza.

2. En relación con lo anterior, debe resaltarse la trayectoria de la tasa de cambio en todos los ejercicios. Dado el supuesto de previsión perfecta de los agentes privados, estas adelantan la revaluación real en el primer año, en todos los ejercicios, lo que permite que la tasa de cambio real empiece a recuperarse rápidamente, mostrando una senda de crecimiento sostenido en los distintos ejercicios. Es precisamente este comportamiento de la tasa de cambio lo que permite que los efectos de la bonanza sobre los sectores transables sean muy moderados en el largo plazo.

Si los agentes económicos se comportasen como hemos supuesto aquí, no existirían razones para preocuparse por los aparentes síntomas de «enfermedad holandesa» que podría estar experimentando la economía colombiana en estos años, pues se estaría presenciando la anticipación del ajuste de la economía ante la inminencia de la bonanza petrolera. Esto facilitaría significativamente el manejo de la situación cambiaria en el futuro.

3. Igualmente importante es el resultado obtenido en los ejercicios con un horizonte corto para los agentes privados, cual es la necesidad de que el horizonte temporal del sector público sea lo más largo posible, si se quieren minimizar los efectos nocivos que puede tener la bonanza.

4. Con respecto a la utilidad del fondo de estabilización, los resultados sugieren que, si el horizonte temporal es tan amplio para el sector privado como para el gobierno, los síntomas de «enfermedad holandesa» no se atenuarían.

En el caso de horizontes temporales diferentes para el sector público y el sector privado (más corto para este), los efectos estabilizadores del fondo se aprecian en toda su magnitud.

Así pues, el fondo de estabilización será más útil cuanto más amplia sea la diferencia entre el horizonte temporal del sector privado y el sector público.

5. Como se desprende de los resultados del modelo, la bonanza petrolera solo tendrá efectos transitorios sobre el nivel de producción, a menos que una parte de los recursos extraordinarios se dedique a incrementos en la productividad. En tal caso los efectos positivos podrían ser permanentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, A., y Blanchard, O., «An Intertemporal Equilibrium Model of Savings and Investment», *Econometrica*, vol. 51, (1983), 675-692.
- Devarajan, S. y Go, D., «The Simplest Dynamic General Equilibrium Model of an Open Economy», Documento de trabajo, Policy Research Department, Banco Mundial, septiembre de 1993.
- Gaviria, A., «El ahorro privado y los términos de intercambio: el caso colombiano», *Ensayos sobre política económica*, No. 23 (junio de 1993), 37-54.
- Go, D., «External Shocks, Adjustment Policies and Investment in a Developing Economy», Documento de trabajo, Banco Mundial, mayo de 1993.
- Hayashi, F., «Tobins Marginal  $q$  and average  $q$ , a neoclasical interpretation», *Econometrica*, vol. 50, (1982), 213-214.
- Lucas, R.E., «Adjustment Costs and the Theory of Supply», *Journal of Political Economy*, vol. 75, (1967), 321-334.



## ANEXO 1

$$R_t = [p_t Q_t - w_t L_t - PK_t I_t (1 + \theta_t)] (1 - tax)$$

luego,

$$H_t = \mu_t [ (p_t Q_t - w_t L_t - PK_t I_t (1 + \theta_t)) (1 - tax) ] - \mu_t q_t (I_t - dep K_t)$$

donde  $p_t Q_t$  es el valor de la producción;  $w_t L_t$  es el costo salarial;  $PK_t$  es el precio del capital y  $tax$  es la tasa impositiva sobre las utilidades de las empresas.

De manera que las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial H}{\partial I_t} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial I_t} = -PK_t (1 + \theta(x_t) + x_t \theta'(\cdot)) + q_t$$

$$\text{siendo } x_t = \frac{I_t}{K_t}$$

$$\text{luego } q_t = J'(I_t)$$

y la segunda:

$$\frac{\partial (\mu_t q_t)}{\partial t} = - \frac{\partial H}{\partial K_t}$$

luego

$$\mu_t \dot{q} - r_t q_t \mu_t = (q_t dep - R_{K_t}) \mu_t$$

reordenando

$$\dot{q} = (r_t + dep) q_t - R_{K_t}$$

## ANEXO 2

### DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL DINÁMICO

#### SECTORES

1. Transables	=	TR	PV	=	TR,NT
2. No Transables	=	NT	IC	=	TR,PT
3. Petróleo	=	PT	IM	=	PT,NT

#### VARIABLES

##### Precios

Pd	Precio doméstico de la producción doméstica
Pm	Precio doméstico de las importaciones
Pe	Precio doméstico de las exportaciones
Pk	Precio de los bienes de capital
Pp	Precio ponderado del producto sectorial
P	Precio del bien compuesto
Pva	Precio sectorial del valor agregado
Pwe	Precio externo en (US\$) de las exportaciones <sup>24</sup>
ER	Tasa de cambio
r	Rendimiento del capital (productividad marginal)
Q	Q de Tobin
q	Precio sombra del capital

##### Producción

X	Oferta del bien compuesto
XD	Producción doméstica sectorial
XXd	Producción para el mercado doméstico (bien doméstico)
E	Exportaciones sectoriales
M	Importaciones

##### Factores

w	Tasas de salario sectorial
L	Nivel de empleo sectorial
K	Stock de capital sectorial

##### Demanda

CI	Consumo intermedio
Cp	Demanda final para consumo privado sectorial
Cg	Demanda final para consumo del gobierno por sector
Id	Demanda final para inversión
J	Gasto en inversión por sector de destino
$\theta$	Costo de ajuste de la inversión

<sup>24</sup> Se toma el supuesto de país pequeño y los precios internacionales son iguales para exportaciones e importaciones.

Y	Ingreso privado
$\Delta R$	Ahorro privado
Yg	Ingreso del gobierno
Tm	Recaudos totales por importaciones
T	Impuestos indirectos totales
Tx	Recaudos o subsidios totales por exportaciones
CgTOT	Volumen total de consumo del gobierno
TRNTOT	Transferencias totales netas (exógenas)

### Ahorro-Inversión

Sg	Ahorro corriente del gobierno
Sx	Ahorro externo
S	Ahorro total
Ik	Volumen de inversión efectiva por sector de origen
Pms	Propensión media al ahorro (endógena)

### Indicador de bienestar para la función objetivo

$\Omega$  OMEGA = FUNCIÓN OBJETIVO

### PARÁMETROS

tm	Tasa de impuestos a las importaciones
te	Tasa de impuestos a las exportaciones
t	Tasa de impuestos indirectos
ty	Tasa de impuestos directos
Aij	Coefficiente insumo-producto
$\hat{A}_{ij}$	Coefficiente composición del capital
A	Parámetro de escala función de producción
$\alpha$	Parámetro de participación función de producción
$\alpha c$	Parámetro de participación consumo intersectorial
$\sigma$	Parámetro de participación consumo (Armington)
$\Gamma$	Elasticidad de sust. entre transables y no transables
$\gamma$	Parámetro de participación función CET
Ac	Parámetro de escala función CES de demanda
At	Parámetro de escala funciones CET
$\delta$	Parámetro de participación función CES de demanda
$\Gamma p$	Exponente función CET
$\Gamma d$	Exponente función CES de demanda
$\Gamma c$	Exponente función CES de consumo
LS	Oferta total de trabajo
dep	Tasa de depreciación
$\eta$	Elasticidad precio de la demanda por exportaciones
$\eta w$	Elasticidad ingreso de la demanda por exportaciones
$\beta g$	Participación sectorial del consumo público
$\beta c$	Factor de descuento intertemporal
TR	Transferencias netas (los subíndices definen los agentes: xp = del sector externo al privado)
ve	Variación de existencias
$\beta_0, \gamma_0$	Parámetros de la función de costo de ajuste de la inversión
$\Psi$	Elasticidad de sustitución intertemporal

**ECUACIONES DE PRECIOS**

$$Pm_t = Pwm_t(1+tm_t) ER_t \quad (1)$$

$$Pe_{ic,t} = Pwe_{ic,t} ER_t (1-te_{ic,t}) \quad (2)$$

$$P_{tr,t} X_{tr,t} = (Pd_{tr,t} XXd_{tr,t}) + (Pm_t * M_t) \quad (3)$$

$$P_{im,t} X_{im,t} = Pd_{im,t} XXd_{im,t} \quad (4)$$

$$PP_{ic,t} XD_{ic,t} = (Pd_{ic,t} XXd_{ic,t}) + (Pe_{ic,t} E_{ic,t}) \quad (5)$$

$$PP_{nt,t} XD_{nt,t} = Pd_{nt,t} XXd_{nt,t} \quad (6)$$

$$PP_{i,t} (1-t_{i,t}) = Pva_{i,t} + \sum_{j=1}^n (a_{j,i} * P_{j,i}) \quad (7)$$

$$Pk_{i,t} = \sum_j \dot{A}_{i,j} * P_{j,t} \quad (8)$$

**ECUACIONES DE PRODUCCION Y FACTORES**

$$XD_{pv,t} = A_{pv} L_{pv,t}^\alpha K_{pv,t}^{1-\alpha} \quad (9)$$

$$w_{pv,t} L_{pv,t} = \alpha XD_{pv,t} Pva_{pv,t} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^3 L_{i,t} = LS_t \quad (11)$$

$$K_{pv,t+1} = K_{pv,t}(1-dep) + Id_{pv,t} \quad (12)$$

$$r_{pv,t} K_{pv,t} = (1-\alpha) XD_{pv,t} Pva_{pv,t} \quad (13)$$

$$XD_{tr} = At_{tr} [\gamma E_{tr,t}^{\Gamma_p} + (1-\gamma) XXd_{tr,t}^{\Gamma_p}]^{\frac{1}{\Gamma_p}} \quad (14)$$

## Demanda

$$\frac{E_{tx,t}}{XXd_{tx,t}} = \left( \frac{Pe_{tx,t}}{Pd_{tx,t}} \frac{\gamma}{(1-\gamma)} \right)^{\frac{1}{\Gamma_p-1}} \quad (15)$$

$$X_{tx,t} = AC \left[ \sigma M_t^{-\Gamma_c} + (1-\sigma) XXd_{tx,t}^{-\Gamma_c} \right]^{-\frac{1}{\Gamma_c}} \quad (16)$$

$$\frac{M_t}{XXd_{tx,t}} = \left( \frac{Pd_{tx,t}}{Pm_t} \frac{\sigma}{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1+\Gamma_c}} \quad (17)$$

$$XXd_{nt,t} = Xd_{nt,t} \quad (18)$$

$$X_{im,t} = XXd_{im,t} \quad (19)$$

$$CpTOT = \left( \alpha_c Cp_{tx,t}^{-\Gamma} + (1-\alpha_c) Cp_{nt,t}^{-\Gamma} \right)^{-\frac{1}{\Gamma}} \quad (20)$$

$$CI_{i,t} = \sum_{j=1}^3 A_{i,j} XD_{j,t} \quad (21)$$

$$\left( \frac{\alpha_c}{1-\alpha_c} \right) \left( \frac{Cp_{nt,t}}{Cp_{tx,t}} \right)^{\Gamma_c+1} = \frac{P_{tx,t}}{P_{nt,t}} \quad (22)$$

$$\sum_{pv} P_{pv,t} Cp_{pv,t} = Y_t (1-ty) + TRGP_t - \Delta R_t \quad (23)$$

$$Y_t = \sum_{pv=1}^2 (Pva_{pv,t} Xd_{pv,t}) + TRPX_t \quad (24)$$

$$pms_t = \frac{\Delta R_t}{(Y_t(1-ty) + TRGP_t)} \quad (25)$$

$$Yg_t = Tm_t + Tx_t + T_t + Y_t ty + TRGX_t + Pva_{pt,t} Xd_{pt,t} \quad (26)$$

$$Yg_t - TRGP_t = \sum_{pv=1}^2 (P_{pv,t} * Cg_{pv,t}) + Sg_t \quad (27)$$

$$Cg_{pv,t} = \beta g_{pv} * CgTOT_t \quad (28)$$

$$Tm_t = tm_t M_t Pwm_t ER_t \quad (29)$$

$$T_t = \sum_{i=1}^3 (t_{i,t} PP_{i,t} Xd_{i,t}) \quad (30)$$

$$Te_t = \sum_{i=1}^2 (te_{ic,t} E_{ic,t} Pe_{ic,t}) \quad (31)$$

#### ECUACIONES DE BALANCE AHORRO-INVERSION

$$\frac{Id_{pv,t}}{K_{pv,t}} = \gamma_0 + \frac{1}{\beta_0} Q_{pv,t} \quad (32)$$

$$Q_{pv,t} = \frac{q_{pv,t}}{Pk_{pv,t}} - 1 \quad (33)$$

$$S_t = \Delta R_t + Sg_t + Sx_t \quad (34)$$

$$J_{i,t} Pk_{i,t} = S_t - \sum_{j=1}^3 (ve_j * P_{j,t}) \quad (35)$$

$$J_{i,t} = Id_{i,t} (1 + \Theta_{i,t}) \quad (36)$$

$$\Theta_{i,t} = \frac{\beta_0}{2} \frac{\left(\frac{I_{i,t}}{K_{i,t}} - \gamma_0\right)^2}{\frac{Id_{i,t}}{K_{i,t}}} \quad (37)$$

$$Ik_{i,t} = \sum_{j=1}^3 A_{i,t} J_{j,t} \quad (38)$$

**CUENTA CORRIENTE**

$$(Pwm_t M_t) + TRNTOT_t = \sum_{iC=1}^2 (Pwe_{iC,t} E_{iC,t}) + SX_t \quad (39)$$

$$\sum_t SX = 0 \quad (40)$$

**EQUILIBRIO DE MERCADO**

$$X_{i,t} = CI_{i,t} + Cp_{i,t} + Cg_{i,t} + J_{i,t} + ve_{i,t} \quad (41)$$

**FUNCION OBJETIVO**

$$\Omega = \sum_{t=1}^n \beta_c^t \frac{1}{(1-\psi)} \left( \frac{CpTOT_t}{LS_t} \right)^{\psi-1} \quad (42)$$

## ANEXO 3

TABLA 1

### TASAS DE CRECIMIENTO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES MACROECONÓMICAS

	PIB		CON FONDO	CONSUMO PRIVADO			INVERSIÓN			EXPORT. NO PETROL.		
	SIN CUSIANA	CON CUSIANA		SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO
2	2.52	2.31	2.30	5.11	3.11	3.11	-1.09	0.97	0.86	1.04	1.29	1.27
3	2.45	2.36	2.34	5.41	3.03	3.03	-0.78	2.12	2.02	1.13	1.67	1.65
4	2.50	2.53	2.51	4.42	2.93	2.93	-0.39	1.92	1.87	1.25	1.64	1.64
5	2.65	2.93	2.91	3.02	2.83	2.83	0.62	1.36	1.42	1.56	1.51	1.55
6	1.86	3.29	3.27	2.58	2.72	2.73	2.15	0.75	0.93	2.03	1.37	1.44
7	1.84	3.43	3.42	2.54	2.63	2.64	2.23	0.32	0.58	2.08	1.29	1.38
8	2.20	4.74	4.75	2.49	2.44	2.48	1.74	-1.92	-1.22	1.97	0.71	0.92
9	2.19	1.91	1.94	2.44	2.59	2.59	1.73	1.46	1.49	1.99	1.75	1.76
10	2.25	1.97	2.00	2.43	2.54	2.54	1.56	1.26	1.32	1.97	1.76	1.78
11	2.26	1.99	2.02	2.38	2.49	2.50	1.47	1.08	1.16	1.97	1.78	1.80
12	2.20	1.05	1.08	2.38	2.56	2.54	1.41	2.29	2.10	1.98	2.18	2.12
13	2.19	1.11	1.13	2.35	2.54	2.52	1.32	2.22	2.01	1.98	2.22	2.15
14	2.17	1.16	1.17	2.35	2.53	2.50	1.19	2.13	1.91	1.97	2.24	2.17
15	2.15	1.45	1.46	2.35	2.48	2.47	1.01	1.68	1.51	1.95	2.16	2.10
16	2.12	1.66	1.65	2.35	2.46	2.44	0.82	1.29	1.14	1.93	2.09	2.04
17	2.09	1.79	1.78	2.36	2.45	2.43	0.57	0.91	0.78	1.89	2.02	1.98
18	1.96	1.86	1.85	2.39	2.44	2.43	0.39	0.53	0.40	1.88	1.95	1.92
19	1.83	1.82	1.80	2.42	2.46	2.45	0.19	0.21	0.07	1.87	1.91	1.87
20	1.75	1.73	1.71	2.47	2.49	2.52	-0.17	-0.12	0.08	1.82	1.87	1.93



	TASA DE CAMBIO REAL			IMPORTACIONES			CONSUMO PÚBLICO			TRANSFERENCIAS NETAS		
	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO	SIN CUSIANA	CON CUSIANA	CON FONDO
2	0.91	0.86	0.87	0.10	0.08	0.09	10.40	10.40	10.45	0.00	0.00	-0.05
3	0.90	0.87	0.87	0.08	0.05	0.05	4.17	4.17	4.21	0.00	-0.00	-0.03
4	0.89	0.87	0.87	0.07	0.06	0.05	4.39	4.39	4.21	-0.00	0.00	0.02
5	0.89	0.88	0.88	0.06	0.06	0.06	4.66	4.89	4.21	-0.00	0.00	0.16
6	0.90	0.88	0.88	0.03	0.07	0.06	3.72	5.34	4.21	0.00	0.00	0.25
7	0.90	0.88	0.88	0.03	0.07	0.06	3.70	5.52	4.21	0.00	-0.00	0.26
8	0.91	0.88	0.88	0.04	0.10	0.08	4.13	7.09	4.19	0.00	0.00	0.48
9	0.91	0.88	0.89	0.04	0.04	0.04	4.13	3.87	4.22	-0.00	0.00	-0.02
10	0.91	0.89	0.89	0.04	0.04	0.04	4.21	3.96	4.22	0.00	0.00	-0.01
11	0.92	0.90	0.90	0.04	0.04	0.04	4.24	4.00	4.22	-0.00	-0.00	-0.01
12	0.92	0.90	0.90	0.03	0.02	0.02	4.20	3.01	4.23	0.00	0.00	-0.15
13	0.92	0.91	0.91	0.03	0.02	0.02	4.20	3.09	4.23	0.00	0.00	-0.18
14	0.92	0.92	0.92	0.03	0.02	0.02	4.20	3.16	4.23	-0.00	-0.00	-0.22
15	0.92	0.92	0.92	0.03	0.02	0.02	4.21	3.49	4.23	-0.00	0.00	-0.21
16	0.93	0.93	0.93	0.03	0.02	0.03	4.21	3.73	4.23	0.00	0.00	-0.20
17	0.93	0.93	0.93	0.03	0.03	0.03	4.21	3.89	4.23	0.00	-0.00	-0.19
18	0.93	0.93	0.93	0.03	0.03	0.03	4.13	4.00	4.23	-0.00	0.00	-0.18
19	0.93	0.94	0.93	0.03	0.03	0.03	4.06	4.01	4.23	0.00	-0.00	-0.23
20	0.94	0.94	0.94	0.03	0.02	0.02	4.04	3.98	3.00	0.00	-0.00	0.96

TABLA 2

**TASAS DE CRECIMIENTO DE ALGUNAS VARIABLES MACROECONÓMICAS  
HORIZONTE CORTO PARA EL SECTOR PRIVADO**

	PIB		CONS. PRIVADO		INVERSIÓN		EXP. NO PETROLERAS		TASA DE CAMBIO REAL		IMPORTACIONES	
	CON CUSIANA	CON FONDO	CON CUSIANA	CON FONDO	CON CUSIANA	CON FONDO	CON CUSIANA	CON FONDO	CON CUSIANA	CON FONDO	CON CUSIANA	CON FONDO
2	2.21	2.17	3.74	3.52	0.22	0.11	0.82	0.92	0.84	0.85	0.10	0.09
3	2.21	2.20	4.46	3.51	0.14	1.04	0.88	1.27	0.84	0.85	0.08	0.06
4	2.35	2.36	3.34	2.77	1.02	1.61	1.21	1.50	0.85	0.86	0.06	0.05
5	2.74	2.76	2.70	2.70	1.02	1.03	1.28	1.40	0.85	0.87	0.06	0.06
6	3.10	3.12	2.62	2.64	0.26	0.40	1.15	1.29	0.86	0.87	0.07	0.06
7	3.24	3.26	2.57	2.60	-0.35	-0.13	1.07	1.22	0.86	0.87	0.07	0.06
8	4.56	4.59	2.24	2.45	-2.59	-2.15	0.55	0.74	0.86	0.87	0.09	0.08
9	1.70	1.74	2.84	2.70	0.08	0.28	1.44	1.54	0.87	0.88	0.04	0.04
10	1.73	1.77	2.70	2.72	-0.27	-0.23	1.47	1.51	0.88	0.89	0.04	0.04
11	1.72	1.77	2.11	1.84	0.09	0.56	1.69	1.84	0.89	0.90	0.03	0.02
12	0.76	0.81	1.97	2.00	1.47	1.25	2.19	2.14	0.90	0.91	0.00	0.01
13	0.79	0.83	1.88	1.89	1.31	1.12	2.26	2.21	0.91	0.92	0.00	0.01
14	0.82	0.86	1.80	1.80	1.13	0.96	2.31	2.25	0.93	0.93	-0.00	0.00