Documento N° 8

EXPLOTACIÓN OPTIMA DE RESERVAS
PETROLERAS EN UN CONTEXTO
MACROECONOMICO

Por

Por José Córdoba

Mayo, 1979

Las ideas contenidas en el presente ensayo son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan la posición del Banco de México, S.A.

EXPLOTACION OPTIMA DE RESERVAS PETROLERAS EN UN CONTEXTO MACROECONOMICO*

Por

José Córdoba **

El objetivo fundamental de este reporte es de proveer un análisis teórico (con posibles aplicaciones prácticas) de los principios de imposición de PEMEX por el Gobierno Federal. Su objeto explícito es a la vez más preciso y más amplio; el presente estudio trata de investigar detalladamente la estrategia óptima de extracción de petróleo para la economía mexicana, en un marco temporal de medio - largo plazo. Es nuestra convicción –y trataremos de exponerla y defenderla- que una respuesta a esta última pregunta es una condición previa y necesaria para el análisis del régimen impositivo adecuado de PEMEX por parte del Gobierno.

El texto siguiente está dividido en cinco partes. La primera parte constituye un enfoque general del problema, y concluye que es imposible disociar el estudio del régimen impositivo de PEMEX de un análisis de su estrategia de extracción. La segunda parte investiga la estrategia óptima de extracción para una empresa privada (racionalidad del mercado). En la tercera parte, analizaremos las razones por las cuales la tasa de extracción óptima desde el punto de vista microeconómico y privado no lo es para la economía mexicana en su conjunto y presentaremos un primer modelo de la estrategia de extracción óptima desde este segundo punto de vista (racionalidad macroeconómica del Estado). En la cuarta parte, extenderemos este modelo conforme a supuestos más realistas. La quinta parte constituye una conclusión general. En cierta medida, la primera y última parte, así como el principio de la tercera parte, pueden leerse independientemente del resto (que desarrolla elementos de formalización matemática).

* Este estudio se inició durante los meses de julio y agosto de 1978 en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Subsecretaría de Política de Ingresos, y se concluyó como parte de un proyecto conjunto El Colegio de México – Banco de México. Quisiera expresar mi agradecimiento a Francisco Gil Díaz y a Guillermo Ortiz Martínez por haberme ayudado a aclarar numerosas dudas. Carmen Legarrea realizó una excelente labor mecanográfica.

** Universidad de Pennsylvania, Departamento de Economía, Estado Unidos.

1. ¿Por qué es el régimen impositivo adecuado a PEMEX un problema macroeconómico?

Diseñar un régimen impositivo adecuado para PEMEX es un problema teórico de cierta complejidad y con varias dimensiones. Dos dimensiones son fundamentales. Primero, se trata de gravar los ingresos resultantes de la explotación de un recurso perecedero y no-renovable (petróleo o gas natural), actividad económica muy específica a la cual no se puede aplicar (inmediatamente) fórmulas fiscales generales. Segundo, conviene definir de manera explícita el objetivo de la política fiscal con respecto a las actividades de PEMEX: neutralidad o intervención. Es claro que distintas medidas fiscales tienen diferentes efectos sobre las decisiones de PEMEX: evolución temporal de la tasa de extracción (ciertas medidas pueden frenar o acelerar dicha tasa), composición del producto global (crudos/refinados/petroquímicos), nivel de exploración, etc. Si la neutralidad fiscal es el objetivo del gobierno, se trata entonces de diseñar un sistema que recaude el monto deseado minimizando las distorsiones de origen fiscal causados a las decisiones “naturales” de PEMEX (dado el comportamiento “natural” de PEMEX, i. E., excluyendo consideraciones fiscales). Si el gobierno se propone llevar a cabo una política intervencionista, se trata entonces de diseñar un sistema que favorezca las decisiones que el gobierno desee promover. En lo que sigue, quisiéramos sugerir ciertos elementos de reflexión acerca de estos dos aspectos –o dimensiones- de nuestro problema.

El análisis económico de la explotación de un recurso no-renovable no es un problema teórico nuevo. Desde sus inicios, la reflexión económica separó a nivel conceptual la renta (en tanto que correspondía al retorno sobre el uso de la tierra, recurso no-renovable) de las otras formas de ingreso: salarios o utilidades (retornos respectivos sobre la oferta de trabajo o de capital). Muy pronto se planteó el problema esencial de distinguir, de manera contable y con fines de imposición fiscal, el retorno sobre el capital y la renta por el uso de la tierra dentro de los ingresos resultantes de la explotación agrícola. Ricardo dio una respuesta definitiva a este problema: definió la renta como un pago a “las cualidades originales e indestructibles de la tierra” y demostró que, debido a las diferentes cualidades de las distintas tierras, la tierra marginal no genera renta y las tierras intra-marginales generan una renta proporcional al diferencial de calidad. La renta es pues, fundamentalmente, según el concepto Ricardiano, el retorno sobre una ventaja natural de situación. Por lo tanto, si se trata de gravar las utilidades sobre el capital, conviene deducir la renta así definida de los ingresos de la unidad agrícola (y gravar la renta por el uso de la tierra a la tasa que se desee, igual a o diferente de la tasa de imposición sobre las utilidades netas del capital). Lo fundamental en el planteamiento de Ricardo es

que su definición de la renta supone condiciones de indestructibilidad o inagotabilidad del recurso que genere renta: el uso actual de este recurso no disminuye la capacidad para generar renta futura. Esta capacidad sólo se puede reducir si se utilizan nuevas tierras de mayor calidad o si se permite nuevamente importaciones provenientes de regiones más favorecidas por la naturaleza (así, en Inglaterra a principios del siglo XIX, la supresión de las leyes del Trigo –“the Corn Laws”- que prohibían hasta entonces las importaciones, dio lugar a una gran lucha entre los terratenientes –que deseaban rentas altas y la nueva clase industrial –que deseaba un precio del trigo y salarios bajos).

La respuesta de Ricardo es insuficiente para analizar este problema en el caso de un recurso perecedero, no renovable como el petróleo (o el gas natural); en este caso, la extracción de recurso disminuye la capacidad del yacimiento para generar renta. Un elemento de la teoría de Ricardo sigue siendo válido: si distintos yacimientos tienen diferentes características (es decir, diferentes costos de explotación), estos diferenciales generan renta de tipo Ricardiano. Sin embargo, no se puede considerar, como en el caso de la tierra, que el ingreso neto del yacimiento marginal (en el sentido de ingreso bruto menos costos de explotación) corresponde únicamente al retorno sobre el capital invertido. Con el objeto de definir para fines contables y/o fiscales la utilidad neta sobre el capital invertido en la explotación petrolera, conviene deducir de los ingresos brutos no sólo los costos salariales y la depreciación del capital sino también el monto de la depreciación del yacimiento causado por su explotación (“depletion allowance” en los términos de la literatura anglo sajona). Si todos los yacimientos son de calidad homogénea, este monto corresponderá a la regalía que debe pagar la compañía explotadora al dueño el yacimiento. Si el yacimiento bajo consideración, es de calidad superior, la regalía (en el sentido del retorno por la explotación del yacimiento) se obtendrá añadiendo al fondo de depreciación, la renta Ricardiana que le corresponde.

De aquí en adelante supondremos que los distintos yacimientos bajo consideración son de calidad homogénea (es decir que no generan rentas de tipo Ricardiano) con el objeto de hacer claro que el problema más importante para una política impositiva es definir la depreciación del yacimiento (que será deducible del ingreso bruto en el cálculo de la base gravable y que, en este caso, es igual al monto de la regalía). Este problema ha dado lugar en el pasado a cierta confusión; se ha dicho que si se pudiese deducir de los ingresos el “valor” del petróleo extraído del yacimiento (lo que correspondería de manera intuitiva a su “depreciación”), una compañía dueña de sus yacimientos que únicamente extrajera crudos no pagaría impuesto alguno. Es interesante analizar el por qué este argumento es falacioso a nivel teórico: aparecerá entonces el concepto correcto de depreciación del yacimiento, Sea:

q_t = la tasa de extracción en el período t ,

π_t = a utilidad unitaria (por barril) en el período t (precio menos costo unitario de extracción-comercialización, incluyendo la depreciación del capital pero excluyendo el retorno neto sobre el capital y la regalía implícita),

r = la tasa de interés,

$V(t)$ = el valor del yacimiento en el período t .

El valor económico del yacimiento es, entonces el valor presente de las utilidades futuras:

$$V(t) = \int_t^{\infty} \pi_{\tau} q_{\tau} e^{-r(\tau-t)} d\tau \quad ^{1/}$$

En todo instante, la utilidad neta es igual al ingreso neto ($\pi_t q_t$) menos el cambio en el valor del yacimiento a raíz de su explotación (depreciación económica, igual en este caso a la regalía implícita).

La utilidad neta de la empresa por unidad de tiempo será entonces

$$\pi_t q_t + \frac{dV}{dt},$$

lo que es igual, dada la expresión de $V(t)$. Cualquier plan de producción $\{q_t\}_0^{\infty}$ determina el valor del yacimiento de tal manera que la utilidad neta de depreciación es en todo momento exactamente igual al retorno sobre el capital invertido. Esta utilidad neta constituye pues la base sobre la cual gravar los ingresos de una empresa petrolera.

El cálculo concreto de la depreciación se enfrenta a problemas importantes debido a que en la práctica no existe una situación de información perfecta y por lo tanto no se puede definir con exactitud el valor presente del yacimiento; existe incertidumbre en cuanto a los precios y costos futuros e igualmente en cuanto a las reservas totales. En particular, en situación de información imperfecta, se debe definir el modo en que el aumento de valor que genera un nuevo descubrimiento afecta el monto de la depreciación deducible del ingreso; se debe también definir el régimen de imposición de los costos de exploración —gasto corriente inmediatamente deducible o costo de inversión a amortizar sobre varios años. Estos dos conceptos afectan fundamentalmente la inversión en exploración por parte de las empresas. Es sabido que, por ejemplo, en el caso práctico de los Estados Unidos de América, el

^{1/} En una situación de información perfecta, una empresa petrolera elegirá el plan de producción intertemporal $\{q_t\}_0^{\infty}$ que maximiza $V(0)$ bajo la restricción de que $\int_0^{\infty} q_t dt \leq R$ (donde R denota las reservas totales).

régimen fiscal es bajo estos dos conceptos, muy favorable para las empresas petroleras (deductibilidad de un porcentaje fijo de los ingresos brutos –lo que corresponde a una amortización múltiple de valor del yacimiento-y deductibilidad inmediata de los costos de exploración: para detalles, consultar Blair (1976). Existe también a nivel teórico una amplia literatura que trata de definir el régimen fiscal que favorecería una exploración adecuada bajo diferentes supuestos de estructura de mercado (competitiva, monopolística u oligopolística); y otro tipo de literatura que analiza, bajo estos mismos supuestos, el efecto de la incidencia fiscal sobre la velocidad de extracción de las reservas. Por ejemplo, un impuesto de monto fijo por barril, extraído conduce, *ceteris paribus* (es decir, en este caso, para costos y precios dados), a una estrategia de explotación más conservadora, puesto que el valor presente del impuesto sobre un barril extraído en el futuro es menor que el impuesto sobre un barril extraído hoy: por lo tanto, la empresa tiene un incentivo fiscal para retrasar la extracción del barril marginal. Sin embargo, un impuesto proporcional a la utilidad unitaria neta es neutro en cuanto a su efecto sobre la decisión de extracción de la empresa.

El régimen de imposición sobre los ingresos que generan los recursos perecederos y no renovables ha sido pues analizado tradicionalmente dentro de un marco microeconómico. No nos extenderemos más ampliamente sobre este análisis, porque creemos que no es relevante de manera directa para la definición de una política fiscal adecuada hacia PEMEX. Esta convicción se apoya en tres razones fundamentales:

1. PEMEX, siendo un monopolio estatal, es una empresa con características propias que no se conforman de manera estricta a ningún modelo de estructura de mercado como los mencionados anteriormente. Por lo tanto, no es obvio que la incidencia de varias medidas fiscales sean en el caso de PEMEX lo que sería en un modelo competitivo o monopolístico. La evaluación de la incidencia fiscal requiere pues, en este caso, de un análisis más específico, relacionado directamente con el modo de comportamiento de PEMEX (o por lo menos con varias hipótesis acerca de éste).
2. PEMEX, creado por el decreto presidencial del 18 de marzo de 1938, es un organismo público descentralizado cuya función es la explotación y administración de un recurso que es constitucionalmente propiedad nacional. Por lo tanto, PEMEX debe en teoría pagar una regalía al Estado por el monto de la depreciación de las reservas mexicanas causada por su explotación. En el caso de PEMEX la regalía efectiva (que puede ser en la práctica

diferente de la depreciación fiscal) no es determinada por mecanismos de mercado (como en los Estados Unidos de América) o por convenios de concesión (como en el Oriente Medio) sino que su definición pertenece de pleno derecho al dominio fiscal. El cálculo de esta regalía no es un problema teórico con solución obvia pues no es necesario que el gobierno valore las reservas o descuenta el futuro como lo hace el mercado internacional. Fue éste el caso, la percepción por parte del gobierno de la depreciación de las reservas y no su valoración por el mercado debiera servir de base a la definición de la regalía ^{2/}.

El régimen fiscal de PEMEX dejaría entonces de ser un problema microeconómico (¿cómo diseñar un sistema impositivo que no interfiriera fundamentalmente con la racionalidad del mercado?) y su análisis exigiría un planteamiento macroeconómico (¿cuál es el valor presente de las reservas petroleras dentro de una estrategia nacional de desarrollo económico y cómo calcular a partir de este valor el monto de la regalía?)

3. PEMEX, por su tamaño actual y su desarrollo planeado, puede ejercer efectos externos importantes sobre distintos sectores de la economía mexicana (por ejemplo, a través de su demanda por bienes de capital que, en una situación de capacidad limitada o de costos marginales crecientes, encarece la inversión de los demás sectores). Por otra parte, la capacidad de PEMEX para generar divisas para México e ingresos para las Finanzas Públicas contribuye a relajar dos restricciones (sobre la deuda externa y el endeudamiento público interno) que limitan actualmente la expansión económica. En este caso, la política fiscal no debe mantener un objetivo de neutralidad; tendría por lo tanto que incorporar en su planteamiento estos dos tipos de externalidades (negativas o positivas) e incidir de manera adecuada sobre el ritmo de producción de PEMEX.

La problemática expuesta de manera breve anteriormente apunta hacia la siguiente metodología de investigación. No es posible a nivel teórico definir una política fiscal adecuada hacia PEMEX sin tener previamente una respuesta (o por lo menos, unos elementos de respuesta) a la pregunta fundamental: ¿Cuál es, en el contexto del desarrollo macroeconómico del país, la extracción óptima de las reservas petroleras?

^{2/} Conviene también señalar que el régimen fiscal de PEMEX debe ser específico en tanto que constitucionalmente Petróleos Mexicanos queda exento de impuestos sobre la renta.

Dada una respuesta a esta pregunta, el objetivo único de la política fiscal sería gravar las utilidades brutas de PEMEX de tal modo que PEMEX disponga, después del pago de impuesto, de los suficientes recursos propios para financiar de manera adecuada el programa óptimo de extracción. Esta proposición constituye el elemento básico del enfoque que quisiéramos sugerir. La selección por el gobierno de los instrumentos fiscales adecuados para lograr tal objetivo se apoyaría entonces en consideraciones de conveniencia y en criterios de eficacia. Diferentes instrumentos existen: esencialmente, regalía por barril, o impuesto proporcional a las ventas, posiblemente con tasas diferenciales, (si se excluye la posibilidad de un impuesto sobre la renta). Dadas ciertas hipótesis sobre el modo de comportamiento de PEMEX, es en teoría posible calcular el valor de los instrumentos que inducirían a PEMEX a elegir, de manera autónoma y descentralizada, la estrategia de explotación que el gobierno desea. Esto requerirá una evolución temporal del monto de la regalía y/o de las tasas de imposición, problema que no investigaremos en el presente estudio. Considerando sin embargo el carácter pragmático de la conducta económica de PEMEX, el gobierno puede en la práctica establecer un acuerdo directo con PEMEX (tácito o explícito) que abarque simultáneamente ritmo de explotación, modo de financiamiento y recaudación fiscal, y que conduzca a la situación deseada (es decir que se acerque de la estrategias “óptima” para el país).

La utilización óptima del recurso energético, dentro de una estrategia global de desarrollo macroeconómico, es un problema de cierta complejidad. El hecho de que ciertos elementos de este problema sean de índole político parece reducir el significado de un análisis estrictamente económico o, incluso, impedir por completo su posibilidad. Por lo demás, las imperfecciones y rigideces de la economía, señaladas por varios grupos de la escuela “estructuralista”, impediría, según éstos, de referirse a un criterio de optimización cuando se trata de la asignación de recursos en México. ¿Qué sentido puede tener en sí o con respecto al debate político, un modelo de optimización económica, ya que supone simplificaciones y que no se pueden derivar de éste conclusiones definitivas o recomendaciones categóricas?. A nuestro juicio, estas limitaciones no contradicen, aquí, el objetivo mayor de un modelo de optimización: proveer un marco metodológico unificado que, desde una perspectiva de largo plazo, separe variables económicas y parámetros políticos; que permita, a nivel teórico, clasificar y analizar interacciones fundamentales y, a nivel empírico, simular y evaluar el efecto de distintas decisiones políticas o hipótesis económicas. En lo que sigue, quisiéramos exponer algunos elementos de reflexión y un ensayo de formalización que pudiesen contribuir a este propósito. Con el fin de reducir la complejidad del problema, conviene separar diferentes niveles de abstracción o

introducir supuestos simplificadores en los niveles no esenciales. Procederemos pues en tres etapas, presentando en cada una un modelo de complejidad creciente.

II: Racionalidad Microeconómica del Mercado.

De ser PEMEX una gran empresa privada dueña de los yacimientos, ¿cuál sería la tasa óptima de extracción?. Suponemos que existen dos bienes: el petróleo y un bien homogéneo que se puede consumir o acumular. El precio relativo del petróleo y la tasa de interés están definidos con respecto a este bien.

Sea;

R	=	reservas totales,
r	=	tasa de interés internacional,
$\bar{P}_t$	=	precio del petróleo en el período t ,
q_t	=	tasa de extracción en el período t ,
x_t	=	extracción acumulada hasta el período t ,
k_t	=	capacidad de extracción en el período t ,
I_t	=	inversión bruta de capacidad en el período t ,
δ	=	tasa de depreciación de la capacidad,
s_t	=	tasa de utilización de la capacidad en el período t ($s_t = \frac{q_t}{k_t}$)
$\phi(s_t, x_t)$	=	costo unitario de extracción (función),
$\psi(I_t)$	=	tasa de ineffectividad de la inversión.

Suponemos que las reservas totales son fijas y conocidas ^{3/}. Suponemos que el precio del petróleo en cada período está dado de manera exógena y conocido sin incertidumbre ^{4/}. La hipótesis de

^{3/} Este supuesto se aleja obviamente de la realidad. El análisis siguiente puede extenderse sin cambio fundamental al caso de reserva conocidas únicamente de manera probabilística. Necesitaríamos entonces tener en cuenta la actividad de exploración por parte de la empresa (la inversión de exploración puede definirse de tal modo que, dada cierta probabilidad de éxito, la relación tasa de extracción/volumen de reservas probadas se mantenga constante, o evolucione según cierto perfil exógeno); necesitaríamos igualmente utilizar métodos de programación estocástica en vez de determinística. Mantenemos el supuesto inicial por dos razones. Primero, se pueden utilizar en un ejercicio de simulación diferentes valores para R , las reservas totales. Segundo y sobre todo, los elementos macroeconómicos que queremos investigar de manera privilegiada se plantean ya de manera fundamental en el modelo determinístico.

exogeneidad del precio del petróleo es, sin duda, una hipótesis fuerte. En el futuro, México puede ser un productor con importancia substancial e influir consecuentemente sobre las condiciones de oferta en el mercado internacional. Se puede sin embargo, justificar nuestro supuesto si se toma en cuenta que las consideraciones macroeconómicas que introduciremos más abajo limitan, en términos prácticos, el horizonte de planeación a un período del orden de 10 años. En tal período, México tendrá probablemente una influencia reducida sobre los precios. Si este no fuera el caso, o si se quisiera considerar un horizonte más alejado, sería necesario tomar en cuenta el efecto de la oferta mexicana sobre la estrategia de precios de la OPEP (bajo el supuesto de que México no se une al cartel de los productores); la función de respuesta de la OPEP (definida, por ejemplo, como en Cremer-Weitzman (1976) o Gilbert (1978), sería entonces la trayectoria de precios (en función de la oferta mexicana) que PEMEX debería considerar en su problema de optimización.

Suponemos, en fin, que el costo unitario de extracción es una función creciente de la extracción acumulada (caso en el cual los yacimientos de costos menores están explotados en prioridad y métodos de recuperación secundaria o terciaria están utilizados cuando la presión natural del yacimiento es insuficiente ^{5/}; que es una función en forma de U con respecto a la tasa de utilización de la capacidad de extracción (costos fijos y pérdidas de gas y petróleo a altas tasas de utilización ^{6/}.

Suponemos que una fracción creciente de la inversión es “inefectiva”, es decir, que no contribuye a expandir o reemplazar la capacidad de extracción (costos marginales crecientes en la actividad de inversión en el marco de un modelo sin precio relativo de capital). De manera más precisa, suponemos que las funciones $\psi(\cdot)$ y $\phi(\cdot)$ tienen las formas siguientes:

^{4/} Este último supuesto podría estar relajado y se podría considerar el caso en el cual los precios futuros siguen una distribución de probabilidad (conocida).

^{5/} Este orden temporal de la explotación de los yacimientos no es una hipótesis, sino el resultado de un comportamiento económico racional: si distintos yacimientos tienen diferentes costos de explotación, es óptimo explotar los yacimientos en el orden de costos crecientes mientras la tasa de interés sea positiva.

^{6/} Ciertos modelos de extracción petrolera suponen que un método poco intensivo en el uso de capital (es decir, en nuestro caso, una alta tasa de utilización del capital) reduce el volumen total de las reservas explotables. Preferimos tomar en cuenta este fenómeno a nivel de costos (atribuyendo un costo a las pérdidas) y no a nivel de reservas totales.

Suponemos que desde un punto de vista matemático, las funciones ϕ y ψ son continuamente diferenciables.

Suponemos, por fin, que la inversión en el sector petrolero es irreversible, es decir que la inversión bruta I_t no puede ser negativa. Este supuesto cuadra con las condiciones prácticas de extracción de un recurso natural: los equipos subterráneos y las estructuras de superficie no pueden ser transferidas a otros sectores sino a un costo (probablemente) prohibitivo.

El problema de la empresa petrolera es entonces el siguiente: elegir la tasa de extracción y la tasa de inversión en capacidad que maximizan el valor presente de las utilidades netas futuras (suponemos que la empresa se enfrenta con un mercado internacional de capitales perfecto).

$$(A) \quad (q_t^{Max}, I_t) \quad \int_0^\infty [\bar{P}_t q_t - I_t - q_t \phi(s_t, x_t)] e^{-rt} dt$$

$$\text{s.a.} \quad \dot{x}_t = q_t$$

$$\dot{k}_t = I_t - \psi(I_t) - \delta k_t$$

$$q_t \geq 0$$

$$I_t \geq 0$$

$$x_t \leq R$$

$$q_t \leq k_t$$

Cabe notar que sobre la senda óptima, las dos últimas restricciones están automáticamente satisfechas: por una parte, el comportamiento asintótico de ψ y ϕ implica que no puede ser óptimo

extraer a una tasa igual al límite de capacidad (consecuentemente, $q_t < k_t$); por otra parte, mientras existe el problema de extracción, x_t es menor que R (R , sin embargo, determina el momento en el cual la extracción se finaliza).

Este es pues un problema de control óptimo con dos variables de estado $z_t = (x_t, k_t)$ y dos variables de control $v_t = (q_t, I_t)$. Supongamos que este problema tiene una solución (para una prueba de este resultado, ver Córdoba (1979)). La solución $v_t^* = (q_t^*, I_t^*)$ satisface entonces las condiciones necesarias siguientes, en las cuales introducimos las variables adjuntas (λ, μ) :

- (a) $v_t^* = \arg \max_v H(z_t, v, \lambda_t, \mu_t, t)$, donde $H(z_t, v, \lambda_t, \mu_t, t) = \bar{P}_t q - q\phi(s_t, x_t) - I + (\lambda_t^1 + \mu_t^1)q + \lambda_t^2(I - \psi(I) - \delta k_t) + \mu_t^2 I$;
- (b) $\lambda_t^i = r\lambda_t^i - \frac{\partial L^*}{\partial z_t^i}$, donde $L^* = H(z_t, v^*, \lambda_t, \mu_t, t)$ y $i = 1, 2$.
- (c) $\mu_t^1 q_t^* = \mu_t^2 I_t^* = 0$.

La solución v_t^* satisface, de manera equivalente, las condiciones siguientes:

$$(a') \quad \begin{cases} \frac{\partial H}{\partial v_1} = \frac{\partial H}{\partial q_t} = \bar{P}_t - \phi(s_t, x_t) - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t} = \lambda_t^1 + \mu_t^1 = 0. \\ \frac{\partial H}{\partial v_2} = \frac{\partial H}{\partial I_t} = -1 + \lambda_t^2(1 - \frac{\partial \psi}{\partial I_t}) + \mu_t^2 = 0. \end{cases}$$

$$(b') \quad \begin{cases} \frac{\partial L}{\partial z_1} = \frac{\partial L}{\partial x_t} = \frac{\partial H}{\partial x_t} = -q_t \frac{\partial \phi}{\partial x_t} \Rightarrow \lambda_t^1 = r\lambda_t^1 + q_t \frac{\partial \phi}{\partial x_t} \\ \frac{\partial L}{\partial z_2} = \frac{\partial L}{\partial k_t} = \frac{\partial H}{\partial k_t} = s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t} - \lambda_t^2 \delta \Rightarrow \lambda_t^2 = (r + \delta)\lambda_t^2 - s_t^2 \frac{\partial \phi}{\partial s_t} \end{cases}$$

$$(c) \quad \mu_t^1 q_t = \mu_t^2 I_t = 0.$$

Después de ciertas transformaciones, (a') (b') (c) implican (1) (2):

(1) si $q_t > 0$, entonces

$$\bar{P}_t - s_t \left(s_t \frac{\partial^2 \phi}{\partial s_t^2} + 2 \frac{\partial \phi}{\partial s_t} \right) - s_t q_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t \partial x_t} = r \left[\bar{P}_t - \phi(s_t, x_t) - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t} \right],$$

(2) si $I_t > 0$, entonces

$$\left(1 - \frac{\partial \psi}{\partial I_t} \right) \left[\frac{\frac{\partial^2 \Psi}{\partial I_t^2}}{\left(1 - \frac{\partial \Psi}{\partial I_t} \right)^2} \dot{I}_t - q_t \frac{\partial \phi}{\partial k_t} \right] = r + \delta.$$

Estas dos condiciones tienen interpretaciones económicas naturales.

La primera condición expresa el hecho de que, sobre la senda óptima, y cuando se lleva acabo cierta extracción, la empresa petrolera es indiferente entre extraer un barril más hoy, y un barril menos mañana (optimalidad intertemporal al margen. De manera más precisa, conviene notar que $s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t}$, igual a $q_t \frac{\partial \phi}{\partial q_t}$, puede interpretarse como la renta marginal implícita sobre el uso del capital: es el monto que la empresa estaría dispuesta a pagar para alquilar maquinaria que le permitiese extraer una unidad más de petróleo sin afectar las condiciones intra-marginales de costo (si no alquila maquinaria adicional, el extraer una unidad más aumenta el costo unitario de extracción de $\frac{\partial \phi}{\partial q_t}$, y el costo total de $q_t \frac{\partial \phi}{\partial q_t}$). Sea $\pi_t = \bar{P}_t - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t}$ el precio unitario, neto de la renta marginal implícita sobre el capital. La condición (1) es entonces equivalente a (1') :

$$(1) \quad q_t > 0 \Rightarrow \pi_t s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t} = r(\pi_t - \phi(s_t, x_t)).$$

Esta última condición es fundamental en el análisis de la extracción de un recurso no renovable, y corresponde a la generalización de la condición de Hotelling (1931). (Hotelling demostró que, en el caso de un costo unitario de extracción constante, la utilidad unitaria debe, sobre la senda óptima, crecer a la tasa de interés –lo que requiere que $\bar{P}_t$ aumente a la tasa de interés). Esta condición expresa que la ganancia de capital realizada sobre la unidad marginal si se retrasa su extracción hasta mañana (igual al cambio del precio neto menos el cambio en el costo unitario de extracción –debido a un cambio de la tasa de utilización de la capacidad entre hoy y mañana sobre la senda óptima) debe igualar el retorno mañana si se invierte la utilidad realizada sobre la extracción hoy de dicha unidad marginal.

La segunda condición expresa el hecho de que, sobre la senda óptima, y cuando se lleva a cabo cierta inversión, la productividad neta del capital es igual a la tasa de interés. Supongamos, con el fin de simplificar la interpretación de esta condición, que $\Psi = 0$. Entonces, (2) es equivalente a

$$I_t > 0 \Rightarrow -q_t \frac{\partial \phi}{\partial k_t} = r + \delta.$$

La expresión $-q_t \frac{\partial \phi}{\partial k_t}$ (igual a $s_t^2 \frac{\partial \phi}{\partial s_t}$) representa la productividad marginal del capital: la reducción en el costo total de extracción resultante de una ampliación unitaria de la capacidad instalada. Cabe nota que, en tal caso, el mero hecho de que se lleve a cabo cierta inversión determina la tasa de utilización de la capacidad en el período t : $s_t = \mathcal{S}(x_t)$. El siguiente diagrama ilustra la determinación de dicha tasa:

$$\phi(., x_t)$$

Las condiciones (1) y (2) constituyen entonces una caracterización general de la senda óptima extracción/inversión. Lo que sigue propone una investigación más específica de las propiedades de dicha senda, desde un punto de vista de dinámica comparativa.

Proposición: En el caso de un coeficiente producto/capital constante o, equivalentemente, de inversión reversible ^{7/}, la extracción acumulada $x(t)$ es una función creciente de la tasa de interés r (para precios y costos dados). Intuitivamente, mayor la tasa de interés, mayor la valorización implícita del presente y mayor la tasa de extracción.

^{7/} Si la inversión es reversible, es posible a cada instante de ajustar el acervo de capital al nivel deseado de extracción de modo de mantener $s(t) = \bar{s}(x(t))$.

Prueba: Si el coeficiente producto/capital es constante, $S_T = \bar{S}$ o, más generalmente, $s_t = \bar{s}(x_t)$. El costo unitario es entonces solamente función de la extracción acumulada: $\phi(s_t, x_t) = \phi(x_t)$. Puesto que el orden temporal de extracción corresponde al orden de costos unitarios crecientes, podemos implícitamente asociar a cada unidad de petróleo su costo de extracción (independientemente del factor tiempo). Una unidad de costo $\bar{\phi}$ estará extraída al instante t tal que $e^{-rt}[P(t) - \bar{\phi}]$ esté maximizado. Consideremos pues una unidad de costo $\bar{\phi}$ y dos regímenes de extracción correspondientes a dos tasas de interés r_1 y r_2 tales que $r_1 > r_2$. Sean t_1 y t_2 los instantes de extracción de esta unidad bajo los dos regímenes considerados. Entonces,

$$\forall i = 1, 2, \quad \forall t_i \in [0, \infty], \quad e^{-r_i t_i} [P(t_i) - \bar{\phi}] \geq e^{-r_i t} [P(t) - \bar{\phi}]$$

En particular,

$$\begin{aligned} e^{-r_1 t_1} [P(t_1) - \bar{\phi}] &\geq e^{-r_1 t_2} [P(t_2) - \bar{\phi}] \\ e^{-r_2 t_2} [P(t_2) - \bar{\phi}] &\geq e^{-r_2 t_1} [P(t_1) - \bar{\phi}] \end{aligned}$$

puesto que $P(t_1) - \bar{\phi}$ y $P(t_2) - \bar{\phi}$ son cantidades positivas, resulta, después de multiplicar estas igualdades, que:

$$\begin{aligned} e^{-(r_1 t_1 + r_2 t_2)} &\geq e^{-(r_1 t_2 + r_2 t_1)} \\ r_1 t_1 + r_2 t_2 &\geq r_1 t_2 + r_2 t_1 \\ t_1(r_1 - r_2) &\leq t_2(r_1 - r_2) \\ t_1 &\leq t_2. \end{aligned}$$

Sean $x_1(t)$ y $x_2(t)$ las cantidades extraídas al instante t bajo estos dos regímenes. Queda entonces claro que:

$$r_1 > r_2 \Rightarrow \forall t_i \in [0, \infty] \quad x_1(t) \geq x_2(t).$$

Cabe notar que este resultado puede no ser válido en el caso de inversión irreversible. En ese caso se manifiestan dos tendencias contrarias. Por un lado, una mayor tasa de interés significa una

mayor tasa de preferencia por el presente, e implica, ceteris paribus, un agotamiento más rápido del recurso natural (esto constituye la base intuitiva del resultado anterior). Por otro lado, una mayor tasa de interés implica que la utilización de la capacidad instalada se llevará hasta un nivel más alto antes de decidir su ampliación, puesto intuitivamente que el costo de la inversión es mayor; más precisamente, $r_1 > r_2 \Rightarrow \mathfrak{F}_1(x) > \mathfrak{F}_2(x)$ para $x \in [0, R]$. Puede entonces ocurrir una situación tal que $k_1(t) < k_2(t)$ para cierto t (por ejemplo, para t cerca de 0 , si aunque $q_1(0) > q_2(0)$, un salto en la capacidad es necesario en el régimen 2 y ninguna inversión es necesaria en el régimen 1); en una tal situación, una tasa mayor de utilización de una menor capacidad instalada puede resultar, durante cierto tiempo, en un menor nivel de extracción acumulada: para cierto t , puede ser que $x_1(t) < x_2(t)$ aunque $r_1 > r_2$. Ese efecto perverso es posible aunque poco probable.

Más precisamente, contra mayor la magnitud de $\frac{\partial^2 \phi}{\partial s^2 t}(\mathfrak{F}(x_t), x_t)$, menor la probabilidad de que domine ese efecto. Cuando dicha magnitud es grande, toda desviación de la utilización de la capacidad a su nivel de costo mínimo resulta altamente penalizada; en el caso límite, una magnitud infinita corresponde a un coeficiente capital/producto constante y una relación perversa entre las variaciones de la tasa de interés y de la tasa de utilización de la capacidad es no sólo improbable, sino imposible.

III. Racionalidad Macroeconómica Social (Casa 1).

Sea el caso de un país (México), que posee un volumen de reservas petroleras R y que se enfrenta a condiciones de precios $(\bar{P}_t)$ y costos $(\phi(s_t, x_t))$ idénticas a las que consideramos anteriormente. ¿Bajo cuáles circunstancias juzgará el gobierno inadecuada la solución (v^*_t) obtenida en la sección anterior?. En otros términos, ¿cuáles son las causas posibles de una divergencia entre la racionalidad microeconómica privada y la racionalidad macroeconómica social, en la explotación de un recurso natural (tal como el petróleo mexicano)?

El carácter fundamentalmente intertemporal de la decisión de extracción puede constituir una primera fuente de divergencia entre el punto de vista privado y el punto de vista social. Esta decisión corresponde, de manera implícita o explícita, a la selección de una tasa de descuento intertemporal, es decir a una valoración económica del presente con respecto al futuro. A diferentes tasas de descuento, corresponden distintos ritmos de extracción y, por regla general, contra mayor aquella, más alto éste.

Una empresa privada con acceso a los mercados internacionales de capital elegirá una tasa de descuento temporal igual a la tasa de interés internacional; cualquier otra decisión, sería sub-óptima para un comportamiento de maximización de utilidad. Es un criterio de racionalidad económica del sector público el utilizar una tasa social de descuento uniforme en la evaluación de todos sus proyectos de inversión; la decisión de extracción de petróleo debe pues basarse sobre dicha tasa. Esta tasa, por regla general, será diferente de la tasa de interés internacional. Se ha considerado tradicionalmente que la tasa social de descuento debe ser cierto promedio de la tasa de preferencia intertemporal del gobierno, tasa a la cual está dispuesto a transferir un peso entre hoy y mañana (y que refleja el juicio social acerca de la equidad de la distribución intergeneracional del ingreso), y la (s) tasa (s) de interés del mercado, tasa (s) a la (s) cual (es) es posible transferir un peso entre hoy y mañana (y que refleja (n) el costo de oportunidad de los fondos destinados a la inversión pública). Solamente en caso extremo, la tasa social de descuento será igual a la tasa de preferencia intertemporal del gobierno o a la tasa de interés del mercado internacional ^{8/}; éste último caso se realizará si el gobierno puede endeudarse externamente a tasa fija y si la tasa de interés internacional es menor que la tasa de preferencia intertemporal del gobierno (es sin embargo, muy probable que la tasa de preferencia intertemporal del gobierno sea menor que la tasa de interés internacional puesto que la voluntad colectiva tiende a atribuir mayor importancia relativa a las generaciones futuras que la lógica de la decisión privada –ver Marglin (1963). En el caso general, existirá pues una divergencia entre las tasas de extracción respectivamente óptimas desde los puntos de vista social y privados; para obtener el problema adecuado a la decisión gubernamental, conviene pues reemplazar, en el planteamiento formal del problema privado, la tasa de interés internacional por la tasa social de descuento: la solución óptima de este nuevo problema (es decir la trayectoria inversión-extracción socialmente óptima) se derivará entonces del mismo modo que anteriormente, sin ningún cambio analítico fundamental.

Este método pierde, sin embargo, toda validez analítica, si es inadecuado suponer que la tasa social de descuento es independiente de la tasa de extracción de petróleo. Tal dependencia se manifiesta fundamentalmente en la siguiente situación: a raíz de “imperfecciones” en la estructura económica del país, la tasa de preferencia intertemporal del gobierno puede corresponder a un juicio acerca no sólo de la transferencia inter-generacional de la riqueza, sino también de la evolución de cierta variable macroeconómica, cuyo perfil puede depender del ritmo de extracción de petróleo. En el caso actual de México, la evolución de la tasa de desempleo de la fuerza de trabajo constituye la base

^{8/} Para un análisis de los diferentes casos, véase Arrow (1966), Baumol (1968), Kay (1972), Marglin (1963), 1964), Sandmo y Dréze (1971) y, para una síntesis véase Little-Mirlees (1969) 1969) y UNIDO (1972).

de tal interacción directa entre ritmo de extracción y preferencia social intertemporal. Por una parte, existe un alto nivel de desempleo, de origen “estructural” más que por razones “keynesianas” (es decir, debido a imperfecciones del lado de la oferta y no a una insuficiencia autónoma de la demanda) ; por otra parte, el gobierno no dispone de los instrumentos necesarios para una amplia redistribución intra-generacional del ingreso (restricciones de índole político y consideraciones de incentivos económicos prohíben un subsidio global al paro). Se da entonces una situación en la cual el único modo institucionalmente aceptable para transferir ingreso a favor de un grupo de desempleados es de proveerle empleo. Por lo tanto, y mientras se mantengan las condiciones de existencia del paro estructural, el gobierno debe considerar, en toda decisión que abarque el futuro, no sólo la tasa a la cual desea transferir ingresos de hoy para mañana, sino también la tasa a la cual quiere intercambiar empleos hoy contra empleos mañana. En el caso extremo, el gobierno puede expresar un interés exclusivo por este segundo criterio; elegirá entonces una tasa de preferencia intertemporal (variable) que, por ejemplo, iguale la probabilidad de empleo a través de los distintos períodos considerados, minimice la tasa de desempleo del período en el cual dicha tasa es mayor, o, de manera más general, conduzca a una evolución del desempleo que satisfaga cierto criterio exógeno de equidad intergeneracional. La situación mexicana actual parece estar cerca de este caso extremo. La población crece a una tasa aproximada del 3.5% y la oferta de trabajo a una tasa aún mayor (debido a un aumento de la participación femenina en la fuerza laboral); por otra parte, la existencia de rigideces institucionales en la determinación de los salarios y, más aún, las incompatibilidades entre las características de la oferta y demanda de trabajo, no permiten un proceso de ajuste automático a nivel del mercado; el crecimiento de la oferta global de trabajo, junto con la inadecuación de su composición estructural, conducen pues a una situación de desequilibrio fundamental. El desarrollo económico en el curso de los próximos años parece pues constituir, no tanto el reflejo de una transferencia de ingreso a través del tiempo (concepción neo-clásica del crecimiento), sino el único instrumento disponible para reducir el desempleo estructural. Consecuentemente, de ser el perfil temporal del desempleo función del ritmo de explotación del petróleo, resulta imposible considerar como exógena la tasa de preferencia intertemporal del gobierno (y la tasa social de descuento) cuando se trata de determinar dicho ritmo de explotación.

El método de análisis utilizado en la sección anterior puede perder su validez por una segunda razón, que corresponde a una divergencia entre los puntos de vista micro y macro económicos. La mera dimensión del proyecto considerando puede afectar las condiciones macroeconómicas generales (por ejemplo la tasa de desempleo, como lo sugeríamos más arriba) y, en particular, modificar los

precios relativos en la economía. En tal caso resulta imposible considerar como fijos y exógenos dichos precios, lo que constituye un supuesto básico de todo método microeconómico de evaluación de proyectos. Tres tipos de efectos se destacan aquí como fundamentales.

(a) Efecto sobre la balanza de pagos externos, en el caso de una tasa de interés creciente sobre el endeudamiento externo del país, y si la exportación de petróleo constituye una fuente esencial de divisas.

Existen sin duda restricciones a las posibilidades endeudamiento externo de un país; el suponer lo contrario —es decir, la posibilidad de un endeudamiento sin límite a tasa fija— conduce a conclusiones poco realistas (endeudamiento infinito como en la paradoja de Ponzi). Resulta, sin embargo difícil conceptualizar con exactitud la naturaleza y estimar con precisión la magnitud de dichas restricciones. En teoría, la tasa de interés sobre una deuda crece en función del riesgo de iliquidez y/o de insolvencia del que la contrae (es decir, de la probabilidad que éste interrumpa el pago del servicio y/o se rechace a redimir el principal de la deuda contraída). Bajo este concepto, las deudas externas pública y privada se comportan de manera distinta: en el caso del endeudamiento gubernamental, el riesgo percibido por el prestatario es función de la razón del excedente potencial de divisas al tamaño de la deuda pública (la tasa de interés es pues, en principio y *ceteris paribus*, una función creciente de la deuda pública agregada); en el caso del endeudamiento empresarial privado, no ya correlación sistemática entre riesgo percibido y volumen de la deuda privada agregada (el riesgo es aquí un concepto básicamente microeconómico, y está relacionado con la probable evolución financiera de cada empresa por separado). Cabe notar, sin embargo, que un aumento de la deuda privada puede afectar la tasa de interés sobre la deuda pública (puesto que reduce proporcionalmente el excedente potencial de divisas); un fuerte crecimiento del endeudamiento público puede, incluso, afectar la tasa de interés sobre la deuda privada, de ser suficiente para generar expectativas de inestabilidad o control cambiarios.

De llevar a cabo el plan actual de desarrollo de PEMEX, la exportación de petróleo y gas natural correspondería en 1980-81, según las proyecciones del modelo Diermex-Wharton, a 60% de las exportaciones totales (en 1980, la exportación de petróleo alcanzaría 1,1 millones de barriles por día, o sea 5 900 millones de dólares, para un precio unitario de 14,66 dólares; en 1981, la exportación de gas alcanzaría 2,2 millones de pies cúbicos, o sea 2, 500 millones de dólares, para un precio unitario de 3,16 dólares). El volumen de divisas que genera potencialmente PEMEX contribuye pues a relajar las restricciones que ejercen sobre el financiamiento externo del país, mejorando los términos de

contratación de la deuda pública. La importancia empírica de este efecto puede aparecer reducida, dado que la capacidad y las condiciones de endeudamiento externo dependen hoy, no tanto de la trayectoria de extracción de petróleo, sino de la mera existencia de reservas importantes. Sin embargo, este efecto es fundamental para determinar en qué medida conviene eventualmente redimir parte de la deuda externa (y no sólo renegociar su estructura): tal decisión implicaría una mayor tasa inicial de extracción.

b) Efecto sobre el precio de los bienes de inversión, en el caso de costos crecientes en su importación o producción doméstica, y si la tasa de extracción requiere un volumen de inversión que representa una fracción significativa de la inversión agregada.

Existen costos crecientes en la importación de bienes de inversión por dos razones: primero, la demanda interna puede no ser infinitesimal con respecto al tamaño del mercado internacional y puede, por lo tanto, tener cierta influencia sobre el precio de mercado; segundo, y sobre todo, existe una capacidad de comercialización limitada (capacidad de recepción portuaria, capacidad de transporte por carretera o ferrocarril, etc.) que conduce a costos crecientes para el comprador. Por otro lado, existen costos crecientes en la producción doméstica de bienes de inversión: si existen rendimientos marginales decrecientes en el corto o medio plazo, un aumento del precio de los bienes de inversión es necesario, dados el acervo de capital y el nivel de los salarios reales, para inducir un incremento en la producción. Una fuerte tasa de inversión en el sector petrolero puede, por intermedio del alza de precios que causa, ahogar la inversión de los demás sectores; este efecto predominará en aquellos sectores que están bajo el control de la iniciativa privada, más sensibles en la práctica a consideraciones de precios.

Según las provisiones del modelo Diemex-Wharton, la inversión de PEMEX sería de 15 000 millones de dólares (dólares de 1977) durante el período 1977 – 1982 y correspondería en promedio a 15% de la inversión global durante dicho período. Es pues imposible descartar la posibilidad -e incluso la importancia- de un impacto de la inversión petrolera sobre el precio de los bienes de capital.

(c) Efecto sobre el tamaño del déficit gubernamental interno, en el caso de costos crecientes en su financiamiento, y si parte de las utilidades en pesos generados a raíz de ventas internas sirven para financiar inversión de capacidad en vez de estar recaudadas por concepto de impuesto a favor del gobierno federal.

Actualmente, y pese al hecho de que los precios energéticos internos son inferiores a los precios internacionales, PEMEX es el mayor causante en el registro de la Secretaría de Hacienda (850 millones de dólares en 1977). Si se supone que es un objetivo de la política fiscal recaudar las utilidades netas de PEMEX excluyendo de los fondos de financiamiento de la inversión (lo que ha ocurrido básicamente en el pasado y debiera seguir ocurriendo en el futuro), una expansión de capacidad necesaria para alcanzar una meta mayor de exportación conducirá, dado un volumen estable de ventas internas, a una reducción de la recaudación fiscal en pesos; la recaudación fiscal en dólares puede aumentar, a raíz de un mayor volumen de exportaciones, pero este incremento no puede considerarse como una fuente de financiamiento del gasto público interno (monetizar las divisas correspondientes equivale fundamentalmente a un financiamiento inflacionario del gasto, por simple emisión monetaria); puede únicamente contribuir a financiar el contenido importado del gasto público o privado, efecto que se manifiesta a nivel del equilibrio comercial externo del país y no a nivel del equilibrio presupuestario del gobierno. En conclusión, dado el gasto público interno excluyendo del sector petrolero, una mayor tasa de extracción implica una menor recaudación fiscal, un mayor endeudamiento interno del gobierno (que éste se realice por aumento del encaje o emisión de certificados tesorería y/o una mayor tasa de inflación. Es sabido que a estos tres fenómenos están asociados costos crecientes (véase, por ejemplo, Alin Ize (1978).

En la presencia de estos tres efectos ^{9/}, falla la validez del método microeconómico tradicional de evaluación de proyectos. Conviene entonces analizar, de manera directa y dentro de un marco macroeconómico, la interacción entre estos tres efectos y la tasa óptima de extracción.

Cabe señalar que, a más de los tres efectos mencionados anteriormente, existen otros elementos importantes a nivel de la interacción entre el sector petrolero y el resto de la economía. Tres elementos destacan aquí: el impacto sobre los equilibrios –o desequilibrios- económicos regionales; el impacto sobre los mecanismos de distribución del ingreso, y el impacto sobre las condiciones en las cuales se ejerce la política cambiaria y monetaria. No analizaremos aquí explícitamente la naturaleza de estos dos primeros impactos -regionales y redistributivos-, no porque sean de poca relevancia, sino porque no son de índole estrictamente macroeconómica, ya que su consideración requiere un esfuerzo de

^{9/} Estos tres efectos no son “externalidades” en un sentido estricto, puesto que están mediatizados por los mecanismos del mercado y se expresan en términos de precios: corresponden precisamente al concepto de “externalidades pecuniarias”, en la terminología que propuso Scitovsky (1946)

formalización muy específico (sólo en una etapa ulterior se podría llevar a cabo un tal intento de formalización).

Abstraeremos también de las variables cambiarias y monetarias, por otro tipo de razón. Es cierto que una “alta” tasa de extracción de petróleo puede generar un “excedente” de divisas; a su vez, ese excedente puede permitir una sobrevaluación del peso y/o conducir a una aceleración de la inflación interna (si se monetiza parte del excedente); por fin, una sobrevaluación del peso conduciría a una transformación nefasta de la estructura del comercio exterior -ahogando el sector exportador no petrolero, frenando e incluso revirtiendo un proceso ya avanzado de substitución a las importaciones, favoreciendo el consumo de bienes de lujo en el extranjero-; por su parte, una mayor tasa de inflación produciría distorsiones reales, tanto financieras como, a plazo, sectoriales. No sólo constituye semejante evolución el escenario de un futuro posible, sino también una fuerte tentación política y un verdadero círculo vicioso a nivel económico.

Al generar PEMEX una fuerte cantidad de divisas para la Hacienda del Estado, será políticamente más difícil poner topes al gasto público; de no mantenerse una muy estricta programación del contenido importado y doméstico del gasto, aparecerá probablemente un desequilibrio de composición: un excedente de divisas y un déficit de la recaudación interna en pesos; será entonces difícil prohibir que se supere este desequilibrio por una monetización –parcial o total- de dicho excedente. Esto crea, a su vez, una dinámica favorable a la sobrevaluación del peso, por tres razones distintas. Primero, de ser la tasa de inflación interna superior a la tasa de inflación internacional (es decir, en términos prácticos, a la tasa de inflación en Estados Unidos), la sobrevaluación del peso se realizará automáticamente si las autoridades monetarias no conducen un desliz del tipo de cambio a una tasa igual al –o por lo menos del orden del- diferencial inflacionario^{10/}; la sobrevaluación del peso sería temporal si se adopta una política de mini-devaluaciones sucesivas en lugar de un método de desliz continuo. Segundo, puede parecer muy atractivo en el corto plazo reducir el impacto inflacionario de la monetización de divisas por el medio de un alza indebida del valor externo de la moneda: el efecto favorable sobre los precios de los bienes importados contribuye a frenar la progresión de la inflación interna. Por fin, el excedente inicial de divisas (resultante de un eventual superávit comercial) procura a las autoridades monetarias el instrumento que permite la intervención necesaria para mantener un tipo de cambio sobrevaluado frente a las expectativas del

^{10/} Puede ser oportuno mantener una brecha reducida entre el desliz del tipo de cambio y el diferencial inflacionario para impedir una “dolarización” del sistema bancario y financiero.

sector privado; en tal caso, las divisas generadas por PEMEX servirán para financiar cuentas corrientes privadas en dólares, inversiones privadas en el extranjero de carácter especulativo (de ser producidas por una paridad de desequilibrio) o, a mayor plazo, consumo privado externo. Es cierto, sin embargo, que las exportaciones de petróleo y gas no implican necesariamente, sino simplemente permiten, tal evolución: pueden influir sobre las condiciones pero no determinan las decisiones de la política cambiaria y monetaria; cabe pues analizar estas últimas por separado, dentro de su debido marco conceptual.

En teoría y en una economía de mercados perfectos, el valor externo de la moneda está gobernado en el largo plazo por el teorema de la paridad del poder de compra. Fundamentalmente, el tipo de cambio se ajusta de modo de igualar los precios internos y externos en el sector de bienes comercializables internacionalmente^{11/}; esto implica que la evolución del tipo de cambio está directamente determinada por el diferencial de productividad en el sector de bienes comercializables internacionalmente y por el diferencial inflacionario entre la economía doméstica y el resto del mundo^{12/}. En el corto plazo, el valor externo de la moneda está determinado en los mercados financieros –en mercado no de flujos sino de acervos–, y obedece al teorema de la paridad de tasas de interés. Más precisamente, sean i e i^* la tasa de interés doméstica y la tasa de interés internacional. Las posibilidades de arbitraje en los mercados financieros internacionales, en el caso de una perfecta integración, conducen a: $i = i^* + d$, donde d es la tasa de depreciación anticipada del tipo de cambio (a su vez, $d = \frac{\bar{t} - t}{t}$ donde t y $\bar{t}$ representan respectivamente el tipo de cambio actual y el tipo de cambio futuro esperado). Los dos modos anteriores de determinación del tipo de cambio –a corto y largo plazo, o tal vez y con mayor precisión, en el sentido de un equilibrio de acervos y de flujos– no son teóricamente contradictorios, aunque no exista hasta ahora una reconciliación analíticamente satisfactoria (para un primer intento, véase Kouri y Braga de Macedo (1978)): una discrepancia fundamental entre el valor actual del tipo de cambio y el valor que corresponde a la paridad del poder de compra ejercerá una presión sobre la expectativa de tipo de cambio futuro y, dada la política

^{11/} Es sabido que este proceso de ajuste es lento. Situaciones de discrepancia con respecto al teorema de la paridad del poder de compra –o ley del precio único– han sido extensamente documentadas (véase Kravis y Lipsey (1971), Kravis (1977), Isard (1976): La lentitud de este proceso es, por cierto, la base de la estimación empírica de las elasticidades precio de las importaciones y exportaciones –que serían infinitas de otra forma.

^{12/} La condición de igualdad de precios es solamente necesaria, y no suficiente, para un tipo de cambio de equilibrio; ésta puede realizarse sin que se dé una situación de equilibrio de la balanza comercial: la razón de los bienes que están efectivamente comercializados a aquellos que son potencialmente comercializables se ajustará entonces para conducir a una situación de equilibrio de flujos a largo plazo.

monetaria interna y externa (es decir, el diferencial de tasas de interés), ejercerá una presión sobre el tipo de cambio actual a través de los propios mecanismos de ajuste de corto plazo.

¿Es adecuado suponer, en el presente modelo de optimización macroeconómica, que el tipo de cambio está determinado por el teorema de la paridad del poder de compra?. Es claro, por una parte, que el tipo de cambio es una variable de control del gobierno y que éste puede manejarla con un grado relativo de libertad. Por otra parte, es igualmente claro que, de no existir restricciones e imperfecciones en la estructura económica, un planificador omnisciente determinaría la evolución del tipo de cambio - un precio relativo como otro cualquiera- como lo haría un mercado perfecto, es decir según el teorema de la paridad del poder de compra; es sabido desde Lange que, si no existen restricciones en las posibilidades de intercambio, no se puede ganar (en el sentido de alcanzar un valor más alto para la función de bienestar social) “engañando” a los mecanismos naturales del mercado. La determinación del valor óptimo del tipo de cambio constituye entonces un subsistema independiente. En principio, tal no es el caso en la situación actual puesto que existen restricciones e imperfecciones económicas; a raíz de éstas en particular, el nivel de empleo cobra valor de objetivo intrínseco, independientemente del nivel de consumo. Es concebible -aunque no cierto- que sea óptimo mantener un tipo de cambio subvaluado (con respecto a la paridad del poder de compra) para favorecer exportaciones creadoras de empleo: el costo adicional de los bienes importados correspondería al costo social de aumentar el empleo (no es cierto que eso sea óptimo puesto que, ceteris paribus, el encarecimiento de los bienes de capital importados reduce la inversión y, por ende, la creación de empleo). Consideramos, sin embargo, que la “desviación óptima” del tipo de cambio con respecto al valor paridad del poder de compra es un fenómeno de menor relevancia relativa en este primer intento de formalización.

En conclusión, existe, en una primera aproximación, la siguiente interacción entre la tasa de extracción de petróleo y las decisiones de política cambiaria y monetaria. Una política cambiaria adecuada es aquella que no permite desviaciones importantes entre el tipo de cambio actual y el tipo de cambio de equilibrio (en el sentido del teorema de la paridad de poder de compra), que mantiene pues un tipo de cambio realista. Dada la integración de los mercados financieros internacionales, tal política cambiaria implica una política monetaria adecuada, que la valide a nivel nominal: la tasa de inflación y la tasa de interés interna ^{13/} están entonces mutuamente interrelacionadas (en el sentido del teorema de

^{13/} En el sentido de la tasa pasiva (o tasa de equilibrio del lado de la oferta de fondos), y no necesariamente de la tasa activa (o tasa de equilibrio del lado de la demanda de créditos). Es sabido que esta distinción tiene en México cierta relevancia institucional.

la paridad de tasas de interés); si el tipo de cambio obedece al teorema de la paridad del poder de compra, entonces (anteriormente definido) es igual al diferencial inflacionario Π aumentado del diferencial γ de crecimiento de la productividad en el sector de bienes comercializables y, por consecuencia, $i = i^* + \Pi + \gamma$. Dentro de un marco cambiario y monetario adecuado, lo óptimo para el sector petrolero es extraer a una tasa tal que la economía puede absorber de manera racional las divisas generadas; es decir, para financiar las importaciones, la redención de la deuda o las inversiones internacionales que parezcan deseables dentro de dicho marco. Si la tasa de extracción es tal que genera una cantidad de divisas mayor que la capacidad económica de absorción (definida con respecto al anterior criterio de racionalidad), entonces, a raíz del consecuente excedente de divisas, se disolverían las condiciones que permiten la conducta de una política monetaria y cambiaria adecuada. Por lo contrario, si la política cambiaria y monetaria no es adecuada, se pierde todo criterio de racionalidad para juzgar el nivel óptimo de extracción. Conviene pues, en un primer análisis formalizado de la estrategia óptima de extracción petrolera, no introducir explícitamente las variables de política cambiaria y monetaria, y suponer que la evolución de dichas variables es exógena y adecuada. Cabría entonces, en un análisis ulterior, endogeneizar el tipo de cambio y determinar su evolución óptima como variable de control.

En el resto de esta sección, quisiéramos analizar el primer efecto mencionado (el efecto sobre el endeudamiento externo). La sección 4 extenderá este análisis al caso en el cual los tres efectos anteriores son simultáneamente relevantes.

Consideramos las siguientes variables, junto con las anteriormente introducidas:

- L_t = población total en el período t ($L_0 = 1$),
- N_t^{pe} = población empleada en el sector petrolero en el período t ,
- N_t = Población empleada en el sector no-petrolero en el período t ,
- α = tasa de crecimiento de la población ,
- C_t = consumo agregado en el período t ,
- C_t = consumo per capita en el período t ,
- $u(o)$ = función de utilidad del gobierno,
- ρ = tasa de preferencia intertemporal del gobierno,

I_t^{pe}	= inversión en el sector petrolero en el período t,
I_t	= inversión en el sector no-petrolero en el período t,
K_t^{pe}	= acervo de capital en el sector petrolero en el período t,
K_t	= acervo de capital en el sector no-petrolero en el período t,
δ_1	= tasa de depreciación del capital en el sector petrolero,
δ_2	= tasa de depreciación del capital en el sector no-petrolero,
E_t	= consumo energético interno en el período t,
D_t	= Deuda externa en el período t,
D_t	= déficit externo en cuenta corriente en el período t,
I_t	= tasa de interés sobre la deuda externa en el período t,
$\bar{w}_t$	= salario en el período t (exógeno),
$f_t(\cdot)$	= función de producción del sector no-petrolero en el período t.

Suponemos, como antes, que existen dos bienes: el petróleo y un bien homogéneo que se puede consumir o acumular. El precio del petróleo $\bar{P}_t$ está dado de manera exógena^{14/}, así como el salario real $\bar{w}_t$ (expresado en unidades del bien homogéneo). Suponemos pues que el salario real no se ajusta de manera a equilibrar el mercado de trabajo; suponemos igualmente que la evolución del salario real es tal que la oferta de trabajo supera permanentemente la demanda durante el período bajo consideración.

Suponemos que la tasa de interés sobre la deuda externa $i(\cdot)$ es una función creciente de la deuda per capita; este supuesto trata de captar, de manera muy simplificada, los efectos de riqueza y de liquidez que influyen sobre la negociación de la deuda externa. Suponemos que la deuda tiene una estructura uniforme, es decir, de manera equivalente, que está renegociada en cada período.

En términos matemáticos, suponemos que i es una función continuamente diferenciable y que

^{14/} Suponemos que, contrariamente a la situación mexicana actual, un solo precio existe en los mercados energéticos internos e internacionales. La identidad de precios corresponde, bajo supuestos tradicionales, a una situación óptima en el largo plazo. En el corto plazo, sin embargo, no sería óptimo subir inmediatamente los precios internos a nivel internacional (efecto sobre el nivel general de precios, costos de ajuste en el sector industrial, etc.). Es imposible analizar el ritmo adecuado de reajuste de los precios energéticos hasta el nivel mundial en el marco del presente modelo, cuyo enfoque es fundamentalmente diferente.

$$D_T \geq 0 \rightarrow i' \left(\frac{D_t}{L_t} \right) \geq 0.$$

$$D_T \leq 0 \rightarrow i' \left(\frac{D_t}{L_t} \right) = i.$$

Suponemos igualmente que las funciones $u(\cdot)$ y $f_t(\cdot)$ son continuamente diferenciables y que

$$u'(c_t) \geq 0 \quad \text{y} \quad u''(c_t) \leq 0,$$

$$\frac{\partial^2 f_t}{\partial x_i^2} \leq 0 \quad \text{para} \quad i = 1, 2, 3.$$

El objetivo del gobierno es maximizar el valor presente del consumo futuro per capita. Suponemos, en este modelo, que el gobierno ejerce un control completo sobre los dos sectores que constituyen la economía (el sector petrolero y el sector no-petrolero). No analizamos pues en este marco simplificado los incentivos que utilice el gobierno para descentralizar las decisiones que desea llevar a cabo. El gobierno tiene cuatro variables de control $v_t = (q_t, I_t^{pe}, I_t, d_t)$ para lograr su objetivo.

El problema del gobierno puede formalizarse de la siguiente manera:

$$(B) \quad \underset{v_t}{\text{Max}} \int_0^\infty e^{-\rho t} u(c_t) dt$$

$$(a) \quad e^{\alpha t} c_t = f_t(K_t, N_t, E_t) + \bar{P}_t(q_t - E_t) + d_t - q_t \phi(s_t, x_t) - I_t^{pe} - I_t - D_t \text{ i } (e^{-\alpha t} D_t)$$

$$(b) \quad \dot{x}_t = q_t$$

$$\dot{K}_t^{pe} = -I_t^{pe} - \delta_1 K_t^{pe}$$

$$\dot{K}_t = I_t - \delta_2 K_t$$

$$\dot{D}_t = d_t$$

$$q_t \leq K_t^{pe}$$

$$x_t \leq R$$

$$I_t^{pe} \geq 0$$

$$I_t \geq 0$$

$$(c) \quad \bar{P}_t = \frac{\partial f_t}{\partial E_t} (K_t, N_t, E_t)$$

$$\bar{w}_t = \frac{\partial f_t}{\partial N_t} (K_t, N_t, E_t)$$

$$N_t = N_t^{pe} (K_t^{pe}, q_t)$$

Este es un problema de control óptimo con cuatro variables de control $v_t = (q_t, I_t^{pe}, I_t, d_t)$ y cuatro variables de estado $z_t = (x_t, K_t^{pe}, K_t, D_t)$ ^{15/}.

La solución $v_t^* = (q_t^*, I_t^{pe*}, I_t^*, d_t^*)$ satisface las condiciones necesarias siguientes:

$$(1) \quad v_t^* = \arg \max_v H(z_t, v, \lambda_t, t), \text{ donde } H(z_t, v, \lambda_t, t) = u \{ e^{-\alpha t} [f_t(K_t, N_t^{pe}, E_t) + \bar{P}_t(q - E_t) + d_t - D_t i(e^{-\alpha t} D_t) - q \phi(s_t, x_t) - I_t^{pe} - I] \} + \lambda_1^t q + \lambda_2^t [I_t^{pe} - \delta_1 K_t^{pe}] + \lambda_3^t [I - \delta_2 K_t] + \lambda_4^t d + \mu_2^t I_t^{pe} + \mu_3^t I_t.$$

$$(2) \quad \lambda_i^t = \rho \lambda_i^t - \frac{\partial L^*}{\partial z_i^t}, \text{ donde } L^* = H(z_t, v_t^*, \lambda_t, t).$$

Sea $A_t = e^{-\alpha t} u'(c_t)$. El sistema (1) (2) es equivalente al sistema (1') (2').

$$(1') \quad \begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial v_1} &= \frac{\partial H}{\partial q_t} = A_t [\bar{P}_t - \phi(s_t, x_t) - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t}] + \lambda_1^t = 0 \\ \frac{\partial H}{\partial v_2} &= \frac{\partial H}{\partial I_t^{pe}} = A_t + \lambda_2^t + \mu_2^t = 0 \\ \frac{\partial H}{\partial v_3} &= \frac{\partial H}{\partial I_t} = -A_t + \lambda_3^t + \mu_3^t = 0 \end{aligned}$$

^{15/} No consideramos las variables E_t, N_t y N_t^{pe} como variables de estado en un sentido estricto, puesto que (c) constituye un subsistema con solución obvia.

$$\frac{\partial H}{\partial v_4} = \frac{\partial H}{\partial d_t} A_t + \lambda_4^t = 0$$

$$(2') \quad \lambda_1^t = \rho \lambda_1^t + A_t q_t \frac{\partial \phi}{\partial x_t}$$

$$\lambda_2^t = (\rho + \delta_1) \lambda_2^t + A_t q_t \frac{\partial \phi}{\partial K_t^{pe}}$$

$$\lambda_3^t = (\rho + \delta_2) \lambda_3^t - A_t \frac{\partial f_t}{\partial K_t}$$

$$\lambda_4^t = \rho \lambda_4^t + A_t [i + e^{-\alpha t} D_t i^t].$$

A_t es el valor corriente de la utilidad marginal instantánea de una unidad de consumo agregado.

El sistema (1) tiene entonces una interpretación económica obvia: sobre la senda óptima, el precio sombra efectivo $\lambda_i^t + \mu_i^t$ de cada variable de control v_i^t es igual a A_t multiplicado por el cambio en la cantidad disponible de bien homogéneo que resulta de un aumento unitario de v_i^t .

Porque, en la situación presente, cada variable de sistema influencia separadamente una variable de estado, el sistema (2) tiene una interpretación económica obvia: sobre la senda óptima, el gobierno es indiferente en intercambiar entre hoy y mañana una unidad marginal de la variable de estado por medio de la variable de control correspondiente.

Después de ciertas transformaciones, (3) se deriva de (1') y (2') bajo el supuesto que $q_t > 0$,

$$I_t^{pe} > 0.$$

$$(3) \quad \begin{aligned} \dot{P}_t - s_t \left(s_t \frac{\partial^2 \phi}{\partial s_t^2} + 2 \frac{\partial \phi}{\partial s_t} \right) - q_t s_t \frac{\partial^2 \phi}{\partial a_t \partial x_t} &= \left(\rho - \frac{A_t}{A_t} \right) [\bar{P}_t \\ &- \phi(s_t, x_t) - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t}] \\ - q_t \frac{\partial \phi}{\partial K_{pet}} - \delta_1 &= \rho - \frac{A_t}{A_t} \\ \frac{\partial t_t}{\partial K_t} - \delta_2 &= \rho - \frac{A_t}{A_t} \end{aligned}$$

$$i(D_t e^{-\alpha t}) + e^{-\alpha t} D_t i'(D_t e^{-\alpha t}) = \rho - \frac{\dot{A}_t}{A_t}.$$

Cabe notar que $\frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{1}{u'(c_t)} [u''(c_t)c_t - \alpha u'(c_t)]$. Puesto que $u'(\cdot) \geq 0$ y $u''(\cdot) \leq 0$, mientras el consumo per capita aumente ($c_t > 0$), $\frac{\dot{A}_t}{A_t}$ tendrá un valor negativo. Si u es, por ejemplo, una función logarítmica ($u = \log c$), entonces $\frac{\dot{A}_t}{A_t} = -(\frac{c}{c} + \alpha)$.

Sea r la tasa de descuento intertemporal. De (3) se deriva que $r = \rho - \frac{\dot{A}_t}{A_t}$. Conforme sea mayor (resp. menor) la tasa de crecimiento del consumo per capita, mayor (resp. menor) será la tasa de descuento, es decir más (resp. menos) fuerte será la preferencia por el presente con respecto al futuro; esta relación tiene una interpretación obvia puesto que, dado el supuesto de utilidad marginal decreciente del consumo per capita, es natural atribuir, al margen, mayor peso relativo a las generaciones presentes cuando dicho consumo está creciendo (resp. disminuyendo).

Cabe notar que la condición (α) es básicamente la condición de Hotelling obtenida anteriormente, de subsistir r por $\rho - \frac{\dot{A}_t}{A_t}$. Por regla general, si la tasa de descuento gubernamental ($\rho - \frac{\dot{A}_t}{A_t}$) es mayor (resp. menor) que la tasa de interés internacional, el gobierno elegirá una tasa de extracción mayor (resp. menor que lo haría una empresa privada).

Las condiciones (β) y (γ) expresan el hecho de que, sobre la senda óptima y si cierta inversión se lleva a cabo, la productividad marginal neta del capital debe ser igual a la tasa de descuento intertemporal.

La condición (δ) expresa el hecho de que, sobre la senda óptima, la deuda externa se ajusta, tras un déficit o superávit comercial, de modo tal que su costo marginal sea igual a la tasa de descuento intertemporal.

Aquí como anteriormente, las características específicas de la solución del sistema (3) dependen fundamentalmente de la trayectoria de precios $\{\bar{P}_t\}$. Se destacan sin embargo de este modelo dos consideraciones de índole general:

(a) La tasa de extracción está determinada, de manera esencial, por la tasa de preferencia intertemporal del gobierno ρ , corregida por la evolución del consumo per capita. Según un argumento desarrollado anteriormente, ρ puede ser una variable endógena, si existe paro estructural y fallan los mecanismos de redistribución intra-generacional del ingreso. Este modelo permite derivar, de cada tasa de descuento ρ , la evolución intertemporal del desempleo: $\{\varepsilon_t I_t - N_t^{pe}\}_0^\infty$, donde ε_t es la tasa de participación a la fuerza de trabajo en el período t . Es entonces posible seleccionar la tasa de descuento intertemporal sobre la base de la trayectoria de desempleo asociada. Inclusive, es formalmente posible de revertir el modelo, y de resolverlo de modo a obtener una evolución de la tasa de descuento intertemporal $\{\rho_t\}_0^\infty$ que genere la evolución intertemporal del desempleo congruente con cierto criterio exógeno de equidad.

(b) La deuda externa no tiene una incidencia directa sobre el ritmo de extracción y comercialización de petróleo, sino indirecta, tras su efecto sobre la tasa de descuento intertemporal. Si, por ejemplo, el monto inicial de la deuda es excesivo (porque corresponde a un costo marginal indebidamente alto con respecto a la tasa de preferencia intertemporal), es óptimo pagar inicialmente parte de la deuda. En el marco de este modelo, la reducción de la deuda externa se logrará tras una compresión del consumo doméstico. Si la utilidad marginal del consumo fuese constante ($\dot{A}_t = 0$, $r = \rho$), el consumo sería igual a cero durante el tiempo necesario para rebajar el costo marginal de la deuda al nivel de la tasa de descuento (fija e igual a ρ en este caso): la tasa de extracción estaría entonces determinada por el valor de ρ y no quedaría afectado por el pago de la deuda. En realidad, dado el carácter decreciente de la utilidad marginal del consumo, es óptimo mantener el nivel de consumo per capita positivo y elevarlo progresivamente a medida que se efectúa el pago de la deuda; en el período correspondiente, la tasa de descuento se eleva ($\dot{c}_t > 0$) y, por consecuencia, se acelera la tasa de extracción de petróleo. Existe pues una relación solamente indirecta, a través de la evolución del consumo per capita, entre el peso de la deuda externa y el ritmo de extracción de petróleo. Este planteamiento puede constituir una simplificación excesiva de la realidad si todos los bienes no son comercializables internacionalmente y, en particular, si una

reducción en la absorción doméstica tiene una incidencia diferenciada sobre el consumo y la inversión. En tal caso, la interacción entre el sector petrolero y el resto de la economía cobra mucha mayor complejidad. La siguiente sección propone ciertos elementos de reflexión acerca de ésta interacción.

IV. Racionalidad Macroeconómica Social (caso 2).

Consideraremos en esta sección un mundo con tres bienes: un recurso natural (el petróleo), un bien de consumo y un bien de capital. Consideraremos igualmente la existencia de un sector privado, junto con la de un sector público; esta extensión constituye un cambio fundamental con respecto al modelo anterior: el gobierno no ejerce más un control completo sobre la economía, sino que el sector privado se comporta de manera autónoma, según su criterio propio: por regla general, toda decisión del gobierno tendrá entonces una incidencia sobre el comportamiento maximizador del sector privado. Con propósito de simplificación, haremos la hipótesis de que el sector privado controla la producción de los bienes de consumo, mientras que el gobierno controla el sector de bienes de capital. Este último supuesto es menos restrictivo que lo que puede parecer, puesto que general toda la riqueza analítica que se desea; es decir, se podría extender el análisis siguiente a una situación en la cual cada sector está simultáneamente manejado por el gobierno y los empresarios privados sin que esto aporte ningún cambio cualitativo fundamental.

Consideramos las siguientes variables, junto con las anteriormente introducidas:

N_t^c	= población empleada en el sector de bienes de consumo en el período t ,
N_t^I	= población empleadas en el sector de bienes de capital en el período t ,
K_t^c	= acervo de capital en el sector de bienes de consumo en el período t ,
K_t^I	= acervo de capital en el sector de bienes de capital en el período t ,
I_t^c	= inversión en el sector de bienes de consumo (inversión privada) en el período t ,
I_t^I	= inversión en el sector de bienes de capital (inversión pública en el período t ,
I_t^f	= importaciones de bienes de capital en el período t ,
D_t^g	= deuda pública externa en el período t ,

D_t^P	= deuda privada externa en el período t,
B_t	= deuda interna del gobierno en el período t,
m_t^g	= contenido importado de la inversión pública en el período t,
m_t^P	= contenido importado de la inversión privada en el período t,
m_t^{pe}	= contenido importado de la inversión en el sector petrolero en el período t,
E_t^c	= consumo energético del sector de bienes de consumo en el período t,
E_t^I	= consumo energético del sector de bienes de capital en el período t,
I_t^d	= producción doméstica de bienes de capital en el período t,
π_t^c	= utilidades del sector de bienes de consumo en el período t,
π_t^I	= utilidades del sector de bienes de capital en el período t,
P_t^c	= 1 = precio de los bienes de consumo en el período t,
ρ_t^k	= precio de los bienes de capital en el período t,
θ_t^π	= tasa de imposición de las utilidades privadas en el período t,
θ_t^w	= tasa de imposición de los salarios en el período t,
r_t	= tasa de interés interna en el período t,
$\omega(.)$	= coeficiente de riesgo sobre el endeudamiento privado en el extranjero,
$f_t^c(.)$	= función de producción del sector de bienes de consumo en el período t,
$f_t^I(.)$	= función de producción del sector de bienes de capitales en el período t,
ϕ_t^f	= contenido importado del costo unitario de extracción en el período t,
ϕ_t^d	= contenido doméstico del costo unitario de extracción en el período t,

Haremos en lo que sigue una hipótesis simplificadora acerca de la estructura del comercio exterior, basada sobre una distinción entre bienes comercializables y no comercializables. Más específicamente, supondremos que sólo se puede exportar petróleo y sólo se pueden importar bienes de capital. Antes de explicar las consideraciones sobre las cuales se apoya este supuesto, cabe aclarar su significado exacto dentro del presente modelo. Lo que queda pues aquí excluido, no son tanto las exportaciones no petroleras o las importaciones de bienes de consumo per se, sino la posibilidad de una interacción entre dichas exportaciones/importaciones y la base de extracción de petróleo: es decir, se

podría con facilidad introducir dentro del presente modelo un nivel exógeno e incluso intertemporalmente variable de exportaciones no petroleras (manufacturas, etc.) y de importaciones de bienes de consumo (productos alimenticios, etc.), sin que cambiase la estructura lógica de este modelo (aunque si obviamente los resultados empíricos en caso de una simulación). Lo que descartamos es el análisis de la posible incidencia de la explotación petrolera sobre las exportaciones del sector no-petrolero y las importaciones a fin de consumo, a la vez por una razón (menor) de conveniencia técnica y por una consideración (fundamental) de estrategia de desarrollo económico.

En primer lugar resulta técnicamente difícil -y casi imposible- analizar aquí la incidencia de la explotación petrolera sobre la estructura del comercio exterior, porque intervienen de manera fundamental variables que quedan fuera del enfoque del presente modelo. Por un lado, la explotación petrolera puede ahogar las exportaciones del sector no petrolero si, a raíz del excedente de divisas que ésta generase, el gobierno permitiese una sobrevaluación del peso; el análisis de este efecto -el de mayor importancia por el lado de las exportaciones- requiere, sin embargo, la consideración de variables monetarias y cambiarias que hemos dejado de introducir (como lo explicábamos más arriba). Por otro lado, la explotación petrolera puede estimular -incluso considerablemente- las importaciones de bienes de consumo; el análisis de este efecto requiere, sin embargo, la consideración de los límites económicos de absorción de los bienes de consumo, que radican a nivel de la distribución del ingreso y que resulta difícil introducir en el marco del presente modelo. Si se permitiese formalmente las importaciones de bienes de consumo sin introducir límites sobre la capacidad del país para absorberlas, el modelo degeneraría en un sentido profundo, porque los límites sobre la capacidad de absorción de bienes de capital dejarían de ser relevantes en el análisis de la explotación óptima de petróleo: a partir del instante en el cual los costos empiezan a crecer en la producción doméstica (reflejando límites en la capacidad de absorción de bienes de capital importados), aparecerá entonces como óptimo sustituir importaciones de bienes de capital por importaciones de bienes de consumo, por no ejercerse límites sobre la absorción de éstas últimas; lo que obviamente queda oculto en esta lógica es el hecho de que producción doméstica e importación de bienes de consumo corresponden a dos mecanismos diferentes de generación del ingreso, con incidencias distintas sobre la capacidad de absorción de los bienes de consumo.

En segundo lugar, y sobre todo, no parece económicamente deseable aceptar una incidencia directa de la explotación petrolera sobre la estructura del comercio exterior. Hemos dicho anteriormente que sería adecuado mantener una paridad cambiaria realista: tal política aislaría pues las

exportaciones de petróleo de esas del sector no petrolero. Del lado de las importaciones, permitir una mayor entrada de bienes de consumo a raíz de una mayor tasa de extracción petrolera (es decir financiar al margen el consumo importado con las divisas del petróleo, lo que es diferente de la utilización de las divisas globales que genera el petróleo para financiar un volumen exógeno de importaciones de bienes de consumo considerados como esenciales) llevaría a una situación doblemente negativa desde una perspectiva de desarrollo económico: se frenaría, pararía o revertiría un proceso ya muy avanzado de sustitución de importaciones en las industrias de bienes de consumo; se favorecería de manera inevitable el consumo de lujo, puesto que sobre éste se ejercen los menores límites de absorción. Sin duda alguna, estos efectos son importantes por las distorsiones que pueden generar, y cabe darle debida atención en un análisis descriptivo de las perspectivas económicas que abre para México su riqueza petrolera. Por esa misma razón, sin embargo, cabe excluirlos del planteamiento de un análisis normativo, puesto que la ausencia de estos efectos aparece como una condición necesaria para que se verifique el carácter de optimalidad de una estrategia de extracción.

Como en la sección anterior, suponemos que la tasa de interés sobre la deuda pública es una función creciente del endeudamiento per capita. Suponemos que, por lo contrario, el sector privado tiene la posibilidad objetiva de endeudarse externamente a una tasa fija (la tasa de interés internacional), pero que asocia un riesgo subjetivo a la detención de pasivos en dólares (relacionado, por ejemplo con expectativas de devaluación); consideramos que este coeficiente de riesgo es una función creciente de la razón de la deuda privada externa al valor del acervo de capital privado (esta formalización abarca, por ejemplo, el riesgo de descapitalización y de iliquidez a raíz de una devaluación). Alternativamente, se puede considerar que este coeficiente corresponde a la existencia de barreras objetivas que frenan el acceso a los mercados financieros de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas. La función ω tendría la misma forma puesto que, para un acervo de capital privado constante, un mayor endeudamiento privado corresponde a una situación en la cual estas barreras ejercen una mayor restricción (en la medida en que este incremento relativo de la deuda privada refleja no solamente un mayor endeudamiento de las empresas grandes y gigantes sino también el recurso a los mercados externos por parte de un número mayor de pequeñas y medianas empresas.: el incremento del coeficiente ω refleja entonces los costos que estas últimas empresas deben superar). Desde un punto de vista matemático, suponemos que este coeficiente de riesgo ω es continuamente diferenciable y que

$$D_t^P \geq 0 \Rightarrow \omega' \left(\frac{D_t^P}{p_t^k K_t^c} \right) \geq 0$$

$$D_t^P \leq 0 \Rightarrow \omega \left(\frac{D_t^P}{p_t^k K_t^c} \right) = 0$$

Suponemos que, por un lado, la tasa de interés interna pasiva es igual a la tasa de interés internacional: este supuesto corresponde a una condición de equilibrio del lado de la oferta de fondos prestables, y resulta de la integración de los mercados domésticos e internacionales -más precisamente del agotamiento de las posibilidades de arbitraje que abre tal integración. Consideramos pues que un premio en términos de la tasa de interés doméstica no es necesario para inducir a la detención de activos financieros denominados en pesos (y esencialmente compensar un riesgo de devaluación) o, mejor dicho, que este premio si existe, es exógeno y no es función de alguna variable financiera presente en el modelo. Suponemos, por otro lado, que la tasa de interés “activa” es igual a la tasa de interés internacional aumentada del coeficiente ω (de riesgo y, posiblemente, de restricciones sobre el acceso a mercados internacionales): esta ecuación corresponde a una condición de equilibrio del lado de la demanda de créditos, y resulta como anteriormente del agotamiento de las posibilidades (tal vez restringidas) de arbitraje entre mercado financieros internos y externos. La tasa de interés activa debe considerarse, en esta ecuación, como la tasa de interés interna, en el caso en el cual no se ejercen restricciones cuantitativas en la asignación de créditos a las empresas, y como la tasa de interés implícita -o precio sombra del crédito- en el caso en cual se ejercen dichas restricciones: en ambos casos, la tasa de interés activa así definida es la tasa relevante para la decisión de inversión por parte de las empresas y satisface a la ecuación anteriormente introducida. Suponemos por fin que el gobierno puede endeudarse internamente a la tasa de interés pasiva (la capacidad de ahorro interno constituyendo el único tope efectivo sobre la deuda gubernamental interna).

Los supuestos anteriores acerca de la estructura del mercado crediticio contienen ciertos elementos de asimetría y desequilibrio que pueden parecer arbitrarios y que cabe justificar brevemente (una para perspectiva más amplia sobre dichos elementos y sobre su significado macroeconómico, véase, por ejemplo Bazdresch (1973) y Gil (1976). No hemos tratado con total simetría la oferta de fondos prestables y la demanda de créditos. Introducimos un elemento de asimetría entre la detención de activos en pesos y la detención de pasivos en dólares con respecto al riesgo de devaluación, suponiendo que estos son más sensibles que aquéllos. Una consideración apoya este supuesto. Dado el alto grado de liquidez de gran parte de los activos financieros denominados en pesos, el sistema

bancario no sólo transfiere fondos de ahorradores a empresas, sino también transforma la estructura de los flujos financieros -de corto a mediano o largo plazo-: soporta en esta medida gran parte del riesgo de devaluación -que es mayor contra mayor es el plazo del activo-, o, mejor dicho, lo transfiere hacia el lado de la demanda. Además cabe no olvidar que la integración de los mercados financieros internos y externos es mucho más fuerte del lado de la oferta de fondos que del de la demanda de créditos: una discrepancia entre la tasa pasiva y la tasa internacional no puede pues resultar de restricciones en las posibilidades de arbitraje, lo que sí puede ocurrir del lado de la demanda. La discrepancia entre la tasa de interés pasiva y la tasa de interés activa no sólo refleja una asignación diferenciada del riesgo, sino también una situación de desequilibrio en el mercado crediticio interno -puesto que es sustentada por la existencia de posibilidades residuales de arbitraje entre los lados de la oferta y de la demanda. Esta situación ha sido a veces considerada como característica del sistema financiero mexicano; corresponde a la vez a imperfecciones en la estructura del mercado (cierto grado de monopolio, uso de restricciones cuantitativas en la asignación de créditos a las empresas, etc.) y al acceso privilegiado -es decir, no competitivo- a dicho mercado por parte del gobierno (uso del encaje legal como instrumento de financiamiento del gasto público). Es cierto que esta situación, característica del pasado, dejará progresivamente de ser relevante en cuanto se desarrolla un mercado de valores de suficiente amplitud y se financie el déficit gubernamental por emisión de instrumentos de deuda en condiciones de competitividad.

La tasa de interés activa será una variable fundamental en la determinación de la inversión privado agregada. Suponemos que el sector privado invertirá hasta el punto en el cual el valor del capital como acervo (es decir el valor presente de las utilidades futuras esperadas ^{16/} descontadas a la tasa de interés activa) es igual al precio de oferta de los bienes de capital: adoptamos pues una teoría de la inversión en la tradición de Witte (1963). Este marco teórico permite de analizar dos efectos de desplazamiento de la inversión privada por el gasto público. En primer lugar, si parte del gasto público está financiado por emisión de deuda interna, disminuyen los recursos financieros domésticos disponibles para el sector privado, aumenta el acceso al mercado financiero internacional por parte de las empresas y, en consecuencia, se eleva la tasa de interés activa (según el mecanismo postulado anteriormente). Para un nivel de expectativas de retorno futuro, un incremento de la tasa de interés

^{16/} Supondremos que el sector privado tiene expectativas “miopes” acerca de las utilidades futuras, es decir que considera que el retorno por unidad de capital es constante a través del tiempo: la expectativa del retorno futuro es igual a su valor actual. Un tal supuesto se justifica en el presente marco de equilibrio dinámico.

activa implica una baja del valor-acervo del capital y, para un nivel dado de precios de bienes de capital, una caída del volumen de inversión privada.

En segundo lugar, si parte del gasto público se dirige al sector de bienes de capital, el precio de dichos bienes se elevará (efecto de una situación de costos crecientes): dado un valor-acervo del capital (es decir, dadas las expectativas de retorno y la tasa de interés activa), caerá en proporción el volumen de inversión privada. Estos dos efectos corresponden respectivamente a un “crowding-out” en términos financieros y en términos reales del gasto público sobre la inversión privada.

Todo supuesto acerca del contenido importado de los diferentes componentes del gasto doméstico desempeña un papel importante en la determinación del ritmo de explotación y comercialización petrolera: influye determinadamente sobre la capacidad de absorción económica real de las divisas petroleras. Con respecto a su contenido importado, trataremos de manera disímil la inversión del sector público, privado y petrolero. Supondremos primero que la inversión pública – menos diversificada que la inversión privada – tiene un contenido de importación dado exógenamente. Supondremos luego que el contenido importado de la inversión petrolera es una función creciente de la tasa de inversión: mientras mayor sea el ritmo de explotación, mayor será la necesidad de importar bienes de inversión. Derivaremos todo más complejo. Existen como lo mencionamos más arriba, costos crecientes, a la vez sobre la producción doméstica y la importación-comercialización de bienes de capital. Es lógico suponer que, dadas las decisiones de inversión del gobierno (a la vez en el sector petrolero y en el sector público), el sector privado combinará la oferta doméstica y la oferta internacional de manera a igualar los precios de los bienes de inversión internos y externos. Esta hipótesis de comportamiento genera el contenido importado de la inversión privada como una función m_t^p de dicha inversión^{17/}. Si, por ejemplo, el fenómeno de costos creciente se ejerce –como es probable– con mayor fuerza a nivel de la producción doméstica que a nivel de la importación de bienes de capital, el contenido importado m_t^p será una función creciente del nivel de la inversión privada. Cabe notar aquí una disimilitud significativa: mientras que la función de importación del sector petrolero es esencialmente de índole tecnológica, dicha función se basa, en el caso del sector privado sobre consideraciones esencialmente económicas: es una función-respuesta del sector privado a las decisiones de inversión del gobierno.

Los supuestos anteriores procuran la estructura necesaria para el planteamiento del problema global del gobierno.

Como anteriormente, el objetivo del gobierno es maximizar el valor presente de la utilidad del consumo per capita futuro. Tiene cinco variables de control $v_t = (q_t, I_t^{pe}, I_t^1, \theta_+^\pi)$ para lograr este objetivo.

El problema del gobierno puede formalizarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{(c)} \quad & \underset{v_t}{\text{Max}} \int_0^\infty e^{-\rho t} u(c_t) dt \\
 \text{(s.a.)} \quad & e^{\alpha t} c_t = f_t^c(K_t^c, N_t^c, E_t^c) \\
 (\lambda_1^t) \quad & \dot{x}_t = q_t \\
 (\lambda_2^t) \quad & \dot{K}_t^{pe} = I_t^{pe} - \delta K_t^{pe} \\
 (\lambda_3^t) \quad & \dot{K}_t^c = I_t^c - \delta K_t^c \\
 (\lambda_4^t) \quad & \dot{K}_t^1 = I_t^1 - \delta K_t^1 \\
 (\lambda_5^t) \quad & D_t^p = [p_t^k I_t^p + i_t D_t^p] - [(1 - \theta_t^\pi) \pi_t^c + i_t B_t - B_t] \\
 (\lambda_6^t) \quad & D_t^g = p_t^k [m_t^g I_t^1 + m_t^{pe} (I_t^{pe})] + q_t \phi^f(s_t, x_t) + i(e^{-\alpha t} D_t^g) D_t^g \\
 & \quad - \bar{P}_t(q_t - E_t) \\
 (\lambda_7^t) \quad & \dot{B}_t = p_t^k [(1 - m_t^g) I_t^1 + I_t^{pe} - m_t^{pe} (I_t^{pe})] + q_t \phi^d(s_t, x_t) \\
 & \quad + i_t B_t - [\pi_t^1 + \bar{P}_t E_t + \theta_t^\pi \pi_t^c + \theta_t^w \bar{w}_t (N_t^{pe} + N_t^c + N_t^1)] \\
 (\mu_1^t) \quad & q_t \geq 0 \\
 (\mu_2^t) \quad & I_t^{pe} \geq 0 \\
 (\mu_3^t) \quad & I_t^1 \geq 0 \\
 (v_1^t) \quad & \pi_t^c = f_t^c(K_t^c, N_t^c, E_t^c) - \bar{w}_t N_t^c - \bar{P}_t E_t^c \\
 (v_2^t) \quad & \pi_t^1 = P_t^k f_t^1(K_t, N_t, E_t) - \bar{w}_t N_t^1 - \bar{P}_t E_t^1
 \end{aligned}$$

^{17/} De la condición de arbitraje $P_t^k (I_t^d + k_t^1, \bar{P}_t) = \mu_t(I_t^f)$ (donde $\mu_t(\cdot)$ es el precio efectivo de los bienes importados), se deriva $m_t^p = m_t^p(I_t^c, I_t^{pe}, I_t^1, K_t^1, \bar{w}_t, \bar{P}_t)$.

$$\begin{aligned}
(v_3^t) \quad \bar{w}_t &= \frac{\partial f_t^c}{\partial N_t^c} = p_t^k \frac{\partial f_t^I}{\partial N_t^I} & (\rightarrow N_t^c; N_t^I) \\
(v_4^t) \quad \bar{P}_t &= \frac{\partial f_t^c}{\partial E_t^c} = p_t^k \frac{\partial f_t^I}{\partial E_t^I} & (\rightarrow E_t^c, E_t^I) \\
(v_5^t) \quad I_t^d &= (1 - m_t^g) I_t^I + I_t^{pe} - m_t^{pe} (I_t^{pe}) + I_t^c - m_t^p (I_t^c \mid I_t^{pe}, I_t^I, K_t^I, \bar{w}_t, \bar{P}_t) \\
(v_6^t) \quad \frac{(1 - \theta_t^\pi) \pi_t^c}{K_t^c \left[1 + \delta + i_y + \omega \left(\frac{D_t^p}{p_t^k K_t^c} \right) \right]} &= P_t^k (I_t^d \mid k_t^I, \bar{w}_t, \bar{P}_t) & (\rightarrow I_t^c)
\end{aligned}$$

Las ecuaciones $(\lambda_1 - \lambda_7)$ son las ecuaciones de acumulación de los acervos y tienen una interpretación intuitiva obvia. La ecuación (λ_5) expresa el hecho de que el sector privado cubre con crédito externo todo déficit en su posición corriente. La ecuación (λ_7) expresa el hecho de que el déficit gubernamental está cubierto por emisión de deuda interna y/o por un incremento de la recaudación fiscal (en el caso de un reajuste en (θ_t^π) , excluyendo la posibilidad de un financiamiento inflacionario. Las ecuaciones (μ_2) y (μ_3) expresan condiciones de irreversibilidad de la inversión; cabe notar que no se necesita una ecuación específica para la irreversibilidad de la inversión privada ($I_t^p \geq 0$ es una consecuencia de (v_6)). Las ecuaciones (v_1) , (v_2) y (v_5) son meramente identidades. Las ecuaciones (v_3) y (v_4) constituyen un subsistema del cual se derivan los valores de $N_t^c, N_t^I, E_t^c, E_t^I$. La ecuación (v_6) es la ecuación de comportamiento de la inversión privada. La parte derecha expresa el valor-acervo de una unidad de capital: es el valor de un activo que tiene un retorno neto constante perpetuo, igual a $\frac{(1 - \theta_t^\pi) \pi_t^c}{K_t^c}$, cuando la tasa de descuento es $1 + \delta_2 + i_t + \omega \left(\frac{D_t^p}{p_t^k K_t^c} \right)$; dicha tasa de descuento es igual a la tasa de interés activa aumentada de la tasa de depreciación física (la introducción de la tasa de depreciación en la tasa de descuento permite descartar el problema de la duración de vida del activo). La parte derecha es el precio-oferta de los bienes de inversión. La ecuación (v_6) permite entonces de derivar el contenido doméstico I_t^d de la inversión global y, por el intermedio de la ecuación (v_5) , el nivel de la inversión privada I_t^c . Cabe notar que la parte izquierda de (v_6) no contiene ninguna variable que queda afectada por el cambio intertemporal (es decir, en el

mismo período t) de cualquier variable de control ^{18/}; los valores de p_t^k e I_t^d son pues independientes de I_t^{pe} e I_t^l (para t dado). Esto significa que un incremento marginal de la inversión gubernamental (público o petrolera) desplazará la inversión privada, tanto en su componente doméstico como en su contenido importado, sobre una base de uno por uno. Esta substitución capta, de manera simplificada, el fenómeno de “crowding-out” en términos reales que mencionábamos inicialmente. El fenómeno de “crowding-out” financiero se manifiesta en un sentido dinámico: por su impacto sobre la evolución de la deuda externa y del capital privado, una mayor inversión gubernamental reduce generalmente^{19/} la tasa de crecimiento del valor- acervo del capital privado y, por lo tanto, la inversión futura.

Con propósito de simplificación, haremos de aquí en adelante los siguientes supuestos de comportamiento estacionario:

$\theta_t^w = 0$, $i_t = \bar{i}$, $m_t^g = m^g$, $m_t^{pe}(\cdot) = m^{pe}(\cdot)$, $m_t^p(\cdot) = m^p(\cdot)$, $f_t^c = f^c$, $f_t^l = f^l$, y consideremos θ_t^π como exógeno ($\theta_t^\pi = \bar{\theta}^\pi$).

Lo que excluimos aquí mediante este último supuesto, es el análisis explícito del financiamiento óptimo del gasto público (equilibrio óptimo entre recaudación fiscal y emisión de deuda). En el presente marco, sería óptimo combinar $\bar{\theta}_t^\pi$ y D_t^p de tal modo que el impacto conjunto de estas dos variables sobre el valor-acervo del capital privado sea mínimo (véase ecuación (v_6)).

Para simplificar la escritura de las distintas derivaciones que se llevarán a cabo, supondremos que la estructura de producción puede representarse por las siguientes funciones de tipo Cobb-Douglas^{20/}:

^{18/} El hecho de que p_t^k figure en la parte izquierda de (v_6) no altera genéricamente el argumento: sólo un efecto de tipo “knifeedge” puede conducir a soluciones múltiples en p_t^k .

^{19/} Es fácil verificar que $\frac{\partial}{\partial I_t^g} \left[\frac{d}{dt} p_t^k \right] < 0$.

^{20/} Suponer que no existe consumo energético interno no altera en ningún modo esencial el análisis que sigue, puesto que, al margen, la tasa de extracción está solamente determinada por el componente exportado.

$$f_t^c(K_t^c, N_t^c, E_t^c) = a_t (K_t^c)^\alpha (N_t^c)^{1-\alpha}$$

$$f_t^I(K_t^I, N_t^I, E_t^I) = b_t (K_t^I)^\beta (N_t^I)^{1-\beta}$$

Bajo estos supuestos, es fácil mostrar que:

$$\frac{\partial P_t^c}{\partial D_t^p} = - \frac{\omega' P_t^k}{(1 - \bar{\theta}^\pi) \pi_t^c - \omega' D_t^p}, \quad \frac{\partial P_t^k}{\partial K_t^c} = \frac{\alpha + \xi_t P_t^k}{1 - \xi_t}$$

donde $\xi_t = \frac{\omega' D_t^p}{\alpha(1 - \theta_t^\pi) K_t^c C_t},$

$$\frac{\partial P_t^k}{\partial I_t^d} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{P_t^k}{I_t^d}$$

$$\frac{\partial P_t^k}{\partial K_t^I} = - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{P_t^k}{K_t^I}$$

Cabe notar que todo cambio marginal en P_t^k resulta en incrementos iguales de la importación y de la producción doméstica de bienes de inversión puesto que, al margen, el precio de los bienes de capital aumentan a una misma tasa, estén estos producidos domésticamente o importados (condición de arbitraje).

El problema del gobierno es pues un problema de control óptimo con tres variables de control $v_t = (q_t, I_t^{pe}, I_t^I)$ y siete variables de estado $z_t = (x_t, K_t^{pe}, K_t^c, K_t^I, D_t^p, D_t^g, B_t)$. Supondremos que este problema tiene una solución con la suficiente regularidad matemática.

La solución satisface entonces las condiciones necesarias siguientes:

$$(1) \quad v_t^* = \arg \max_v H(z_t, v, \lambda_t, \mu_t, t), \text{ donde } H(\cdot) \text{ es el Hamiltoniano asociado con el problema (c)}$$

,

$$(2) \quad \dot{\lambda}_i^t = \rho \lambda_i^t - \frac{\partial L^*}{\partial z_i}, \text{ donde } L^* = H(z_t, v_t^*, \lambda_t, \mu_t, t)$$

El sistema (1) y (2) es equivalente a (1') (2').

$$(1' \text{ a}) \quad \frac{\partial H}{\partial q_t} = \lambda_1^t + \mu_1^t + \lambda_6^t \left[\phi^f(s_t, x_t) + s_t \frac{\partial \phi^f}{\partial s_t} - \bar{P}_t \right] + (\lambda_5^t + \lambda_7^t)$$

$$\left[\phi^d(s_t, x_t) + s_t \frac{\partial \phi^d}{\partial s_t} \right] = 0$$

$$(1' \text{ b}) \quad \frac{\partial H}{\partial I_t^{pe}} = \lambda_2^t + \mu_2^t - \lambda_3^t + P_t^k \left[(-\lambda_5^t + \lambda_6^t) \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}} + \lambda_7^t \left(1 - \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}} \right) \right] = 0$$

$$(1' \text{ c}) \quad \frac{\partial H}{\partial I_t^1} = \lambda_4^t + \mu_4^t - \lambda_3^t + P_t^k \left[(-\lambda_5^t + \lambda_6^t) \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}} + \lambda_7^t \left(1 - \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}} \right) \right] = 0 \quad \frac{21}{/}$$

$$(2' \text{ a}) \quad \lambda_1^t = \rho \lambda_1^t - \lambda_6^t q_t \frac{\partial \phi^f}{\partial x_t} - (\lambda_5^t + \lambda_7^t) q_t \frac{\partial \phi^d}{\partial x_t}$$

$$(2' \text{ b}) \quad \lambda_2^t = (\rho + \delta) \lambda_2^t + \lambda_6^t s_t^2 \frac{\partial \phi^f}{\partial s_t} = (\lambda_5^t + \lambda_7^t) s_t^2 \frac{\partial \phi^d}{\partial s_t}$$

$$(2' \text{ c}) \quad \lambda_3^t = (\rho + \delta) \lambda_3^t + \left[\alpha (\lambda_5^t + \bar{\theta}^\pi \lambda_7) - A_t \right] \frac{\alpha C_t}{K_t^c} - \frac{\alpha + \xi_t}{1 - \xi_t} P_t^k \xi_t$$

$$(\text{donde } \xi_t = \frac{\partial H}{\partial P_t^k} = \lambda_5^t \left[I_t^P + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} I_t^d \right] + \lambda_6^t \left[m^g I_t^1 + m^{pe} (I_t^{pe}) \right])$$

$$+ (\lambda_5^t + \lambda_7^t) \left[(1 - m^g) I_t^1 + I_t^{pe} - m^{pe} (I_t^{pe}) - \frac{\beta}{\alpha} I_t^d \right]$$

$$(2' \text{ d}) \quad \lambda_4^t = (\rho + \delta) \lambda_4^t - \lambda_7^t \frac{\pi_t^1}{(1-\alpha) K_t^1} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{P_t^k}{K_t^1} \xi_t$$

$$(2' \text{ e}) \quad \lambda_5^t = (\rho - i) \lambda_5^t + \frac{\omega^1 P_t^k}{(1 - \bar{\theta}^\pi) \pi_t^c - \omega^1 D_t^p} \xi_t$$

$$(2' \text{ f}) \quad \lambda_6^t = \left[\rho - i(e^{-\alpha t} D_t^g) - e^{-\alpha t} D_t^g i'(e^{-\alpha t} D_t^g) \right] \lambda_6^t$$

$$(2' \text{ g}) \quad \lambda_7^t = (\rho - i) \lambda_7^t$$

^{21/} En esta derivación utilizamos el hecho de que la inversión petrolera desplaza la inversión privada sobre una base de uno por uno.

Cuando las variables de control son estrictamente positivas, del sistema (1') y (2') se deriva el sistema siguiente:

$$(3^a) \quad \lambda_6^t (\pi_t^f - s_t \frac{\partial \phi^f}{\partial s_t}) + (\lambda_5^t + \lambda_7^t) (\pi_t^d - s_t \frac{\partial \phi^d}{\partial s_t}) = \lambda_6^t (i_t + e^{-\alpha t} D_t^g i_t') (\pi_t^f - \phi_t^f) \\ + \left[(\lambda_5^t + \lambda_7^t) i_t + \frac{\omega' P_t^k}{(1 - \bar{\theta}^\pi) \pi_t^c - \omega' D_t^p} \xi_t \right] (\pi_t^d - \phi_t^d)$$

donde $\pi_t^f = \bar{P}_t - s_t \frac{\partial \phi^f}{\partial s_t}$ y $\pi_t^d = s_t \frac{\partial \phi^d}{\partial s_t}$ son respectivamente el precio del petróleo neto del componente importado de la renta marginal implícita sobre el uso del capital y el componente doméstico de la renta marginal implícita sobre el uso del capital,

$$(3b) \quad \frac{1}{P_t^k} \left[\lambda_6^t s_t^2 \frac{\partial \phi^f}{\partial s_t} + (\lambda_5^t + \lambda_7^t s_t^2) \frac{\partial \phi^d}{\partial s_t} \right] \\ = \left(\delta - \frac{\bar{P}_t^k}{P_t^k} \right) \left[(-\lambda_5^t + \lambda_6^t) \frac{dm^{pe}}{d\Gamma_t^{pe}} + \lambda_7^t \left(1 - \frac{dm^{pe}}{d\Gamma_t^{pe}} \right) \right] \\ + (-\lambda_5^t + \lambda_6^t - \lambda_7^t) \frac{d^2 m^{pe}}{d\Gamma_t^{pe2}} \Gamma_t^{pe} \\ + \left(\left[-\lambda_5^t i_t - \frac{\omega' P_t^k \xi_t}{(1 - \bar{\theta}^\pi) \pi_t^c - \omega' D_t^p} + \lambda_6^t (i_t + e^{-\alpha t} D_t^g i_t') \right] \frac{dm^{pe}}{d\Gamma_t^{pe}} + \lambda_7^t i_t \left(1 - \frac{dm^{pe}}{d\Gamma_t^{pe}} \right) \right) \} \\ + \left\{ \left[A_t - \alpha (\lambda_5^t + \bar{\theta}^\pi \lambda_7^t) \right] \frac{\alpha C_t}{P_t^k K_t^c} + \frac{\alpha + \xi_t}{1 - \xi_t} \xi_t \right\} \\ (3c) \quad = \{ (1'c), (2'c), (2'd), (2'e), (2'f), (2'g) \}$$

La ecuación (3a) es la forma que toma la condición de Hotelling en el presente modelo; como es de esperar, expresa una condición de optimalidad intertemporal al margen, haciendo uso de precios-sombra en lugar de precios de mercado. λ_6^t es el precio-sombra de las divisas; $\lambda_5^t + \lambda_7^t$ es el precio-sombra efectivo del gasto corriente del gobierno por concepto de costos de extracción: un peso adicional de gasto corriente gubernamental resulta en un peso adicional de deuda pública y un peso adicional de endeudamiento privado externo (el gasto corriente del gobierno por ese concepto no

desplaza en términos reales a la inversión privada; no afecta, por lo tanto, las necesidades absolutas de financiamiento del sector privado, aunque sí la división entre financiamiento interno y externo).

La extracción, hoy, del barril marginal genera una entrada neta de divisas igual a $a \pi_t^f - \phi_t^f$ y aumenta el gasto corriente gubernamental de un monto igual a $\phi_t^d - \pi_t^d$. Esto implica que, mañana, la deuda pública externa será menor, las deudas pública interna y privada externa serán mayores, por los montos anteriores respectivos. El retorno neto mañana sobre la extracción hoy del barril marginal tiene pues dos componentes, un retorno bruto por concepto externo y un costo por concepto interno. El retorno bruto es igual al precio-sombra de las divisas, λ_6^t , multiplicado por la reducción del servicio sobre la deuda pública interna (igual, a su vez, al costo marginal del endeudamiento, $i_t + e^{-\alpha} D_t^g i'$, que multiplica la reducción en el tamaño de la deuda, $\pi_t^f - \phi_t^f$). El costo por concepto interno tiene una estructura más compleja: por un lado, el pago de interés sobre un mayor endeudamiento público interno resulta en un incremento de la deuda pública interna igual a $i(\phi_t^d - \pi_t^d)$, cuyo costo económico es $\lambda_7^t i(\phi_t^d - \pi_t^d)$ (el precio sombra del gasto corriente gubernamental por concepto de pago de intereses es λ_7^t y no $\lambda_5^t + \lambda_7^t$, puesto que el mayor endeudamiento público no resulta en un mayor endeudamiento privado externo; los intereses adicionales que recibe el sector privado, compensan exactamente el incremento de la deuda pública interna); por parte, el pago de interés sobre un mayor endeudamiento privado externo resulta en un incremento de la deuda privada externa igual a $i(\phi_t^d - \pi_t^d)$, cuyo costo económico es $\lambda_5^t i(\phi_t^d - \pi_t^d)$; por fin, el mayor endeudamiento privado externo resulta en un incremento de la tasa de interés activa y, por ende, en una baja del valor acervo del capital privado: a este fenómeno está asociado un costo sombra igual a $\frac{\partial H}{\partial P_t^k} \cdot \frac{\partial P_t^k}{\partial D_t^p} \cdot (\phi_t^d - \pi_t^d)$, o sea,

$$\frac{\omega' P_t^k \xi_t}{(1 - \theta_t^\pi) \pi_t^c - \omega' D_t^p} (\pi_t^d - \phi_t^d).$$

El postergar hasta mañana la extracción del barril marginal permite de realizar una ganancia de capital basada sobre la evolución relativa del precio del petróleo y de su costo de extracción. El retorno mañana sobre la extracción del barril marginal mañana es $\pi_t - s_t \frac{\partial \phi}{\partial s_t}$ en términos de precios de mercado; en términos de precios-sombra, es igual a la parte izquierda de (3^a).

La igualación de estos dos retornos alternativos, expresada por la ecuación (3^a), constituye entonces la condición de optimalidad de Hotelling.

La ecuación (3b) gobierna el ritmo de inversión en el sector petrolero. Expresa el hecho de que el retorno sobre la inversión marginal y su costo efectivo son iguales, ambos medidos en términos de precios-sombra.

Si el gobierno invierte un peso adicional en el sector petrolero, la capacidad de extracción queda ampliada de $P \frac{1}{k}$, y el costo global de extracción se reduce proporcionalmente: se reducen tanto la salida de divisas (valorado al precio-sombra λ_6^t) como el gasto corriente gubernamental (valorado al precio-sombra $\lambda_5^t + \lambda_7^t$); la parte izquierda de (3b) expresa pues el retorno sobre la inversión marginal en el sector petrolero.

El costo efectivo de la inversión marginal en el sector petrolero tiene cuatro componentes como se aprecia en la parte derecha de (3b). En primer lugar, existe un costo de depreciación igual a la tasa de depreciación efectiva (depreciación física menos apreciación financiera del capital) multiplicada por el costo económico de la inversión marginal de un peso en el sector petrolero (aumento de la deuda pública interna y externa proporcionalmente al contenido doméstico e importado de la inversión marginal, pero reducción de la deuda privada externa que es el efecto neto de una reducción de la inversión privada por un monto de un peso -“crowding-out” real y de un incremento de la captación gubernamental interna por el monto del contenido doméstico de la inversión marginal -“crowding-out” financiero-). En segundo lugar, existe un costo adicional debido al impacto de la aceleración de la inversión sobre el costo económico de la inversión marginal de un pesos en el sector petrolero: es relativamente menos ventajoso invertir un peso adicional cuando la tasa de inversión está aumentando que cuando está decreciendo (si $-\lambda_5^t + \lambda_6^t - \lambda_7^t$ es positivo); este efecto desaparecería si m^{pe} fuese una función lineal de I_t^{pe} . En tercer lugar, existe un costo de oportunidad del peso invertido: primero, el pago de interés sobre un mayor endeudamiento público interno resulta en un incremento de la deuda pública interna igual a $i(1 - dm^{pe} / dI_t^{pe})$ cuyo costo económico es $\lambda_7^T i(1 - dm^p / dI_t^{pe})$; luego el incremento del servicio de la deuda pública externa que resulta del financiamiento sobre el exterior del

contenido importado del peso invertido tiene un costo económico igual a $\lambda_6^t(i_t + e^{-\alpha} D_t^g i_t') dm^{pe} / dI_t^{pe}$; por fin, el menor endeudamiento privado externo tiene un valor directo igual a $-\lambda_5^t i dm^{pe} / dI_t^{pe}$ y un valor indirecto que resulta del incremento en valor-acervo del capital privado (a raíz de la baja en la tasa de interés activa que induce un menor endeudamiento privado externo, dado el nivel del acervo de capital) y que es igual a $\frac{\partial H}{\partial P_t^k} \cdot \frac{\partial P_t^k}{\partial D_t^p} i \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}}$, o sea, $\frac{\omega' P_t^k \xi_t i}{(1 - \bar{\theta}^\pi) \pi_t^c - \omega' D_t^p} \frac{dm^{pe}}{dI_t^{pe}}$. En cuarto lugar, existe un costo directamente asociado con el desplazamiento de la inversión privada por el monto de un peso: primero, decae el consumo proporcionalmente a la productividad marginal del capital en el sector de bienes de consumo; segundo, disminuyen las utilidades del sector petrolero - proporcionalmente a la productividad marginal del capital- lo que resulta en un incremento tanto de la deuda pública interna como privada externa; por fin, existe un costo indirecto que resulta de la baja en el valor-acervo del capital privado (a raíz de la subida en la tasa de interés activa que induce a un menor acervo de capital privado, dado el nivel del endeudamiento externo) y que es igual a $\frac{\partial H}{\partial P_t^k} \frac{\partial P_t^k}{\partial K_t^c} \frac{1}{P_t^k}$, o sea, $\frac{\alpha + \xi_t}{1 - \xi_t} \xi_t$.

Las ecuaciones (3^a) y (3b) proveen pues una caracterización de la trayectoria óptima de inversión y extracción en el sector petrolero. Esta caracterización se apoya esencialmente sobre el conocimiento de los precios-sombra λ_5^t , λ_6^t y λ_7^t , que están generados, junto con la inversión pública I_t^1 , por el subsistema (3c) ^{22/}.

V. Conclusión: Síntesis y Perspectivas.

Frente a la magnitud y complejidad del tema que pretendía abarcar, el presente estudio ha tenido un enfoque abiertamente exploratorio y analítico, y se ha mantenido constantemente a un alto nivel de abstracción; ni por su planteamiento inicial, ni por su forma actual, constituye pues este el tipo de estudio que desemboca de plano en conclusiones concretas y sugerencias para el hombre de acción. Es seguramente innecesario advertir aquí del peligro que representa el derivar -con prisa ilegítima y sin el debido cuidado intelectual- implicaciones a nivel práctico de una tal investigación teórica_ cierta

^{22/} Resulta fácil a partir de las ecuaciones (2'e) (2'f) (2'g) derivar las fórmulas explícitas para λ_5^t , λ_6^t , λ_7^t . No las derivaremos aquí porque tienen un menor interés teórico.

aridez de lectura ofrece suficiente advertencia, y constituye el mejor desaliento para semejante tarea. Sin embargo, cabe tratar de sintetizar los elementos esenciales de las reflexiones anteriores y de presentar las perspectivas que éstas mismas pudiesen abrir tanto para reflexiones futuras como para eventuales aplicaciones.

El único propósito de estas páginas ha sido proveer un primer intento de clarificación conceptual. Ese intento se ha llevado a cabo dentro de un marco teórico de inspiración estrictamente neo-clásica: no por razones de profunda adhesión intelectual, no tampoco porque la teoría neo-clásica está en algún sentido especial adaptada al análisis de una situación de cambio estructural (como la que debiera propiciar el “boom” petrolero), sino porque, sin duda alguna, dicha teoría es el único instrumento disponible para pensar y planificar la decisión económica. Es verdad que la perspectiva teórica marxista -única alternativa verdadera al enfoque neo-clásico- puede aclarar de manera importante la dinámica objetiva de una comunidad económica en desarrollo rápido; en el caso presente, puede ayudar a entender aquellas fuerzas sociales que puede desatar el “boom” petrolero y, a su vez, influir sobre su ritmo y evolución. Es falso sin embargo, que la perspectiva marxista -por lo menos en su estado actual- ofrezca el marco teórico adecuado para la programación correcta de la intervención gubernamental. El análisis y la determinación de las decisiones económicas que el gobierno debe desea promover debe apoyarse sobre un esfuerzo de planificación global (en el sentido neo-clásico de ese concepto) aunque, en toda probabilidad, deba superarlo.

La determinación del perfil intertemporal de la explotación y exportación petrolera abarca, de manera conjunta e inseparable, la política energética y la política macroeconómica del país. Es decir, se confunde con una respuesta simultánea a las dos preguntas siguientes: primero, ¿qué papel debe desempeñar el petróleo y el gas en el abastecimiento energético doméstico, y, dadas las reservas petroleras probables, qué tecnologías substitutivas conviene prever, y para cuándo?; segundo, ¿cómo definir la capacidad macroeconómica de absorción de divisas que pueden generar las exportaciones de petróleo, dentro de la estrategia de desarrollo del país?. No hemos consagrado un análisis director y explícito a esa primera pregunta, sino que la hemos sugerido detrás de una hipótesis acerca de la evolución de los precios internacionales del petróleo. Además de ser dicha evolución una variable importante -y tal vez la variable esencial- en el planteamiento de esta primera pregunta, la urgencia de una respuesta parece hoy en día menor, frente a la magnitud de las reservas petroleras. No cabe duda que una respuesta es necesaria -y cuanto antes intervenga, mejores las condiciones de planificación del desarrollo, tanto energético como económico, puesto que menor la inadecuación de decisiones

irreversibles-; parece claro, sin embargo, que una decisión acerca de la política energética global del país tiene, en el mediano plazo, menos impacto sobre la determinación del nivel adecuado de extracción que la consideración de los límites de absorción macroeconómica.

En el planteamiento de esa segunda pregunta, conviene partir de una distinción conceptual fundamental. Hablar de “capacidad de absorción” supone la existencia de imperfecciones o distorsiones con respecto al concepto neo-clásico de equilibrio –y éstas son numerosas y de gran magnitud en el problema que nos ocupa.. Cabe sin embargo separar, con gran atención y a nivel conceptual, las imperfecciones y distorsiones actuales que fundamentalmente contribuyen a definir la capacidad de absorción o de transferencia real- de las divisas petroleras (y que, por lo tanto, influyen en el ritmo adecuado de extracción) de aquellas distorsiones e imperfecciones adicionales que resultarían inevitablemente de la selección de una tasa de extracción inadecuada; las primeras constituyen las condiciones objetivas de una política óptima de extracción, las segundas los riesgos probables de una política equivocada. Esos últimos riesgos forman una lista larga y bien conocida: aceleración de la inflación, perversidad o inestabilidad del tipo de cambio, desestructuración del comercio exterior, acentuación de los desequilibrios sectoriales y regionales, agravación de la desigualdad en la distribución de la renta y de la riqueza, etc. Estos efectos son de suma importancia real –y tal vez, pese su identificación previa, su acontecimiento sea probable: no será jamás suficiente la atención que se les acuerde, tanto a nivel de análisis, como de decisiones. Estos efectos, sin embargo, son conceptualmente secundarios en el planteamiento de una política óptima de explotación petrolera puesto que, en teoría, una política óptima es precisamente aquella que los evita. En cierta medida, deben pues analizarse por separado.

Hemos considerado tres efectos fundamentales que contribuyen a definir la capacidad de absorción real e influyen sobre la determinación de una política óptima de extracción:

- efecto sobre endeudamiento externo del gobierno;
- efecto sobre el endeudamiento del gobierno;
- efecto sobre los costos de los bienes de inversión.

No hemos conceptualizado pues la capacidad de absorción real en términos de límites físicos insuperables, sino en términos de costos económicos crecientes. Ese primer modo de conceptualizar es válido para el análisis de una situación de corto plazo, en donde los fenómenos de estrangulamientos sectoriales cobran suma relevancia. El segundo es preferible para el análisis de mediano/largo plazo,

puesto que el concepto de capacidad de absorción se refiere entonces a un criterio de racionalidad económica agregada. Hemos por fin tratado de dar, tras un esfuerzo de formalización, un contenido analítico preciso a la influencia de esos tres efectos sobre una política óptima de extracción.

Este estudio, preliminar, en muchos aspectos, apunta hacia tres perspectivas distintas:

- a) la posibilidad de profundizar, a un nivel teórico de menor abstracción y con cierta dimensión aplicada, el análisis de los varios “bloques” constitutivos del modelo anterior. Destaca aquí la relevancia de
 - un estudio, más específico y preciso, de la estructura de costos y de la anatomía de la inversión del sector petrolero;
 - un estudio, desagregado a nivel sectorial, de las necesidades de inversión con respecto a las posibilidades de creación de empleos;
 - un estudio, diferenciado entre sector público y privado, de los márgenes del contenido importado de la inversión.
- (b) la posibilidad de simular, a nivel empírico, distintas versiones del modelo anterior (por ejemplo, bajo distintas hipótesis sobre la evolución del precio internacional del petróleo y la magnitud de las reservas petroleras). Un tal intento, al nivel actual, se enfrenta a un doble obstáculo, superable pero sustantivo:
 - un problema de información, dada la escasez de datos válidos acerca de PEMEX (sobre este tema, véase el anexo a este estudio) y, de modo menor, la variabilidad futura de varios parámetros esenciales del presente modelo (véase párrafo (a) más arriba);
 - un problema de computación: similar al modelo anterior requiere su discretización (es decir la sustitución de derivadas funcionales por primeras diferencias de las variables correspondientes) y un truncamiento temporal (es decir su interrupción arbitraria a una fecha finita que corresponde al horizonte de planificación). Ninguna de estas dos transformaciones resulta problemática. Sin embargo, en el caso del modelo de cierto

tamaño (no tanto en el caso micro sino macroeconómico), los algoritmos necesarios para la computación de una solución explícita resultan de un manejo delicado y costoso (alta probabilidad de inestabilidad para errores de especificación de orden menor). En un sentido estricto, se necesita un algoritmo de programación dinámica para resolver un problema de control óptimo (sobre los métodos aplicables en el caso presente, véase Chow (1975) y Pindyck (1973)). Es sin embargo posible, tras una especificación diferente del problema ^{23/}, utilizar métodos de aproximaciones sucesivas, de manejo más sencillo, para obtener una solución aproximada del problema (véase, sobre este tema. Schink (1978)). En la estimación eventual del modelo (c) no sería insensato considerar la utilización de tales métodos.

- (c) la posibilidad de derivar, a partir del enfoque anterior, una metodología unificada para la evaluación de los proyectos de inversión pública que utilizan las divisas que genera el petróleo (sobre este aspecto, véase Bruno (1973)). La necesidad de dicha metodología está implícitamente contenida en el modelo anterior, y es básica no sólo en un sentido teórico, sino también -y tal vez sobre todo- en un sentido sumamente práctico. El modelo teórico anterior - que corresponde a un enfoque en términos de planificación global- determina conjuntamente las tasas óptimas de extracción petrolera y de inversión pública. Se supone pues, implícitamente, que las decisiones de inversión pública tomadas con respecto a los mismos criterios -es decir con respecto a los mismos precios-sombra (o costos de oportunidad efectivos cara al objetivo global de empleo) que la decisión de inversión-extracción del sector petrolero. Esto significa que las oficinas de programación del gobierno han elaborado un marco unificado de evaluación de proyectos, que aísla las variables relevantes (márgenes del contenido importado, impacto sobre el empleo y las exportaciones , productividad futura, etc.) y han determinado para dichas variables precios-sombra uniformes. La importancia práctica de ese

^{23/} Es decir, si se adopta una función objetiva de tipo específico: más precisamente, si se toma en vez de $t=0 \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\mu(x_t)}{(1+r)^t}$

una aproximación cuadrática de la forma $t=0 \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\alpha_t |x_t - x_t^*|^2}{(1+r)^t}$. En el caso de los programas anteriores (b) ó (c), es

natural considerar que la función objetivo es $t=0 \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\alpha_t |\varepsilon L_t - N_t - N_t^{pe}|^2}{(1+r)^t}$.

modo de proceder es evidente: sin él, aparecerían las distorsiones que resultan de una política inadecuada y los riesgos que mencionábamos más arriba. No sería entonces inútil tratar de profundizar el análisis de dicha metodología en un sentido de mayor operacionalidad.

ANEXO

INFORMACION SOBRE LA ESTRUCTURA DE COSTOS DE INVERSION Y EXPLOTACION DE PEMEX NECESARIA PARA LA ESTIMACION EMPIRICA DEL MODELO ANTERIOR.

I. Costos de inversión.

1. Márgenes en el contenido importado y el contenido doméstico de los distintos tipos de inversión en explotación y exploración (según el ritmo de la inversión).
2. Costos de inversión en instalaciones de superficie con respecto a su capacidad de extracción.
3. Costos de inversión en capacidad de comercialización (petróleo crudo y gas).
4. Costos de inversión en capacidad de refinación.
5. Costos de inversión en exploración con respecto a la probabilidad de éxito.
6. Tasa de depreciación física de los distintos tipos de capacidad (y valor residual de las instalaciones de superficie al fin de la vida de los yacimientos).

II. Costos corrientes de explotación.

1. Evolución del costo unitario de extracción de crudos en función de la tasa de utilización de la capacidad instalada (si posible, asignación de los costos a los distintos factores: trabajo, capital, insumos intermedios).
2. Pérdidas de gas y aceite en función de la tasa de extracción de crudos.
3. Costo unitario de comercialización de crudos y gas.

4. Costos unitarios de refinación.
5. Evolución futura de los costos unitarios de extracción en función de la progresión en la explotación de yacimientos con diferentes características.
6. Contenido doméstico y contenido importado de los distintos costos unitarios.

BIBLIOGRAFIA

- Arrow, K. (1966), "Discounting and Public Investment Criteria", in Kneese and Smith (eds.), Water Research, Resources for the Future, John Hopkins Press, Baltimore.
- Arrow, K. And M. Kurz (1970), Public Investment, the Rate of Return and Optimal Fiscal Policy, John Hopkins Press, Baltimore.
- Baumol, W. (1968), "On the Social Rate of Discount". American Economic Review.
- Bazdresch, C. (1973), "La política monetaria mexicana: una primera aproximación", Demografía y Economía, Vol. VII, No. 3.
- Blair, J. (1976), The Control of Oil, Pantheon Books, New York.
- Bruno, M. (1975), "Planning Models, Shadow Prices, and Project Evaluation", sección 8, en Blitzer Clark y Taylor (eds.), Economy-wide Models of Development Planning, Oxford University Press.
- Chow, G. (1975), Analysis and Control of Dynamics Systems, John Wiley, New York.
- Córdoba, J. (1979), "optimal Extraction of an Exhaustible Resource with Irreversible Investment", University of Pennsylvania, (mimeo).
- Cremer, J. And M. Weitzman (1976), "OPEC and the Monopoly Price of Oil", European Economic Review, pp. 155-164.
- Gil Díaz, F. (1975), "Tres temas relevantes para una política monetaria y fiscal", en Cincuenta años de Banca Central, Fondo de Cultura Económica.

- Gilbert, R. (1978), "A Cournot-Solution for a Resource Extraction Problem", Bell Journal of Economic, Otoño.
- Hotelling, H: (1975), "The Economics of Exhaustible Resources", Journal of Political Economy, Vol. 36.
- Isard, P. (1976) "How Far Can We Push the Law of one Price", International Finance Discussion Paper No. 84, Federal Reserve Board, Washington, D.C., Mayo.
- Ize, Alain (1978), "Financiamiento del gasto público en una economía en crecimiento: el caso de México", Banco de México, Subdirección de Investigación Económica y Bancaria, Documento de Investigación No. 2.
- Kay, J. A. (1972), "Social Discount Rates", Journal of Public Economics, pp. 359-378.
- Kouri, P: y J. Braga de Macedo (1978), "Exchange Rates and the International Adjustment Process", Brookings Papers in Economics Activity, I.
- Kravis, I. y R. Lipsey (1971), Price Competitiveness in World Trade, New York, Columbia University Press.
- Kravis, I. (1977), "Export Prices and the Transmission of Inflation", American Economic Review, vol. 67, 1, febrero.
- Little, I. M. y J. A. Mirrless (1969), Manual of Industrial Project Analysis in Developing Countries: Social Cost-Benefit Analysis, OECD, Paris.
- Marglin, S. (1963), "the Opportunity Costs of Public Investment", Quarterly Journal of Economics, pp. 274-289.
- Marglin, S. (1964), "The Social Rate of Discount and the Optima Rate of Investment", Quarterly Journal of Economics.

Pindyck, R. (1973), Optimal Planning for Economic Stabilization, North-Holland, Amsterdam.

Sandmo, A. Y J. Dreze (1971), “Discount Rates for Public Investment in Closed and Open Economies”, Económica, Noviembre.

Schink, G. (1978), “Optimal Control and Macroeconometric Models” WEFA, (mimeo).

UNIDO (1972), Guidelines for Project Evaluation, United Nations New York.

WEFA (1978), Modelo econométrico de México, Mayo.

Witte, J. G. (1963), “The Microfoundations of the Social Investment Function”, Journal of Political Economy, Octubre.