

LA ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Políticas extractivas y ambientales*

Elsa Galarza
Roberto Urrunaga

RESUMEN

El artículo se centra en el estudio de los recursos naturales y sus implicancias medio-ambientales. En particular, se aborda el tema de la extracción óptima de los recursos, tanto renovables como no renovables, desde el punto de vista empresarial, así como las políticas regulatorias que puede aplicar el gobierno, enfatizándose en la asignación de los derechos de propiedad. Además, se pretende establecer una relación de lo anterior con los aspectos ambientales, donde se reconoce la importancia de la conjunción de políticas específicas con la actual política de ajuste estructural, que busca eliminar distorsiones.

ABSTRACT

This article focuses on the natural resources theory and its implications for the environment. It pays special attention to the issue of optimum extraction of both renewable and non-renewable resources, from a businessman's point of view and looks at the regulatory policies that the government can apply, with particular emphasis on the allocation of the property rights. In addition, it attempts to define the relationship between all this and environmental issues, acknowledging the significance of this set of specific policies to the macroeconomic adjustment policy of today and its attempts to get rid of distorsions.

I. Introducción

Muchas veces hemos escuchado las afirmaciones, tanto de los expertos como de los no tan expertos, respecto a la sobreexplotación de tal o cual recurso natural. El problema es que en un buen número de oportunidades tales aseveraciones se han efectuado al margen de consideraciones económicas y, lo que es peor, en fechas próximas a la depredación de tales recursos.

Uno de los motivos que se suele citar como determinante para este comportamiento depredador es la falta de una adecuada asignación de derechos de propiedad. Otro aspecto igualmente importante es el referido a las políticas gubernamentales distorsionadoras del mercado, particularmente los casos de los controles de precio de algunos productos y los subsidios que favorecen el consumo de deter-

minados bienes. Los efectos de éstos y otros factores sobre el patrón de explotación de los recursos naturales y sus implicancias en el medio ambiente se tratan en detalle más adelante. Aquí queremos resaltar su importancia, en el contexto que atraviesa la economía peruana de reformas estructurales, orientadas a eliminar una serie de distorsiones que permitan funcionar más libremente al mercado. Lo anterior no quiere decir de modo alguno que en este nuevo escenario y por el solo hecho de las reformas, vaya a terminarse el comportamiento depredador, pero sí es un avance necesario en el proceso.

En la evolución de la literatura económica, el tema de los recursos naturales ha estado presente. Se han realizado muchos estudios sobre su importancia y sobre el peligro de su sobreexplotación, entre otros temas, tanto a nivel teórico general como a nivel específico apli-

* Este documento es una versión preliminar de las investigaciones efectuadas en el proyecto interno del CIUP, titulado "Políticas Óptimas de Extracción de Recursos Naturales y sus Implicancias sobre el Medio Ambiente".

cado a casos muy particulares. Sin embargo, debido a una serie de razones no necesariamente claras ni válidas, su tratamiento en el Perú no se ha desarrollado lo suficiente, a pesar de su enorme importancia en la actividad productiva.

Sin embargo, dos áreas han sido descuidadas. Por un lado, no se conocen documentos que evalúen las tasas óptimas de extracción de los distintos recursos, utilizando la racionalidad económica presente en los modelos de optimización intertemporal por parte de las empresas. Esta metodología busca darle mayor consistencia a la macroeconomía, a través de la incorporación de los fundamentos microeconómicos. Por otro lado, su análisis ha estado ausente en el dictado de la gran mayoría de cursos de economía, con lo cual los nuevos profesionales difícilmente estarán en condiciones de revertir la falencia anterior.

Lo anterior, creemos, constituye un argumento poderoso para justificar la canalización de esfuerzos hacia la toma de conciencia del problema y la paulatina solución del mismo. La siguiente sección presenta algunas consideraciones básicas sobre el tema.

Debe quedar claro que este llamado de atención no es exclusivo para los economistas del sector privado (académicos, profesores o empresarios), sino también para los encargados de hacer política económica, debido al importante papel que les corresponde desempeñar para evitar oportunamente la depredación de los recursos. La tercera sección del presente estudio discute este último aspecto.

En todo caso, la motivación última va más allá de lo manifestado líneas arriba. Lo que se pretende es llegar a evaluar el impacto sobre el medio ambiente de las políticas extractivas de los diversos recursos naturales y las diferencias, si las hubiese, con los efectos ecológicos que se darían de aplicarse más bien las políticas óptimas de extracción. Una síntesis de lo avanzado al momento en dicha materia se puede encontrar en la cuarta sección.

II. Modelos Económicos de Extracción de Recursos Naturales

Una de las principales falencias en la formación de los economistas se encuentra en el famoso supuesto del *ceteris paribus* para todos los demás factores productivos distintos al trabajo y al capital, cuando se estudian las funciones de producción tradicionales. El problema es aun más grave si se toma en cuenta que este supuesto prácticamente en ninguna oportunidad es levantado, dejando una oscura y espesa nube sobre la determinación del comportamiento de los demás factores productivos.

Es debido a lo anterior que surgió la motivación por analizar en detalle el comportamiento de los recursos naturales, considerando entre otros aspectos los problemas planteados en la elección del ritmo en el consumo de sus reservas y, en particular, sus efectos sobre el medio ambiente. Así se pretende ligar la llamada Economía Ecológica con la Economía de los Recursos Naturales. La importancia de la inclusión del aspecto ambiental y la conservación de los recursos naturales se relievra no sólo porque debe participar como un argumento de la función de producción, sino también porque interviene (y, quizás, de una manera mucho más significativa) en la función de utilidad de los consumidores.

En lo que sigue se presentan versiones resumidas de los modelos de asignación intertemporal de recursos renovables y no renovables, cuyo objetivo es determinar la tasa de utilización (extracción) óptima para cada caso. Estos modelos debieran constituir la herramienta mínima a disposición de los actuales y futuros economistas, buscando subsanar, al menos en parte, la falencia mencionada líneas arriba.

II.1 Recursos Renovables

Por un recurso renovable se entiende aquel que es capaz de regenerarse a sí mismo, en la medida que el medio ambiente en el cual se encuentra le sea favorable. Los ejempls

típicos se refieren a las actividades ganaderas, pesqueras y agroforestales.

Es precisamente a partir de esta definición que muchas veces suele hacerse referencia exclusiva a este tipo de recursos, cuando lo que se busca es establecer una relación entre el medio ambiente y los recursos naturales. Sin embargo, queremos enfatizar que lo anterior sólo es válido en un contexto de causa-efecto unidireccional (medio ambiente recursos naturales), y no así cuando se pretende establecer el efecto ecológico producido por la extracción de los recursos naturales, efecto este último que no sólo le compete a la actividad de los recursos renovables.

A continuación se presenta un modelo teórico intertemporal, con la finalidad de mostrar la tasa de explotación óptima de un recurso natural renovable en diversos contextos¹. Para captar mejor la idea el lector puede pensar en el caso de una especie marina.

Suponga que los peces de la especie analizada pueden ser denotados por la letra A , de tal forma que la población total de dicho recurso en el momento t es A_t . El tamaño de la población va a depender de un buen número de variables como del tamaño existente del período previo, del propio intervalo de tiempo entre los dos períodos y de otros factores como la estructura de edades de la población, la acción de otras especies depredadoras, entre otros. La representación de lo anterior puede ser la siguiente:

$$(1) \quad A_t = F(A_{t-i}, i, B)$$

donde i es un intervalo de tiempo pequeño, B es el conjunto de otros factores (que se supone constante con fines simplificadores) y F puede ser una función como la siguiente:

$$(2) \quad F = A_{t-i} + C(A_t)i$$

donde $C(A_t)$ es la función de crecimiento de la población de la especie, que viene dada por consideraciones biológicas propias del recurso. Reemplazando (2) en (1) y reordenando los términos se obtiene (3):

$$(3) \quad A_t - A_{t-i} = C(A_t)i$$

Para fines prácticos, tanto la intuición como el cálculo aconsejan presentar el análisis en tiempo continuo. De esta manera, dividiendo ambos lados de la ecuación (3) por i y tomando el límite cuando i tiende a cero (es decir, cuando el intervalo de tiempo se acorta significativamente), se obtiene (4):

$$(4) \quad \bar{\Delta} A_t = C(A_t)$$

Esta ecuación muestra "el balance ecológico entre la especie y su medio ambiente natural"². Incorporemos ahora a los seres humanos y su actividad extractiva, lo que para la especie en cuestión implica otro agente depredador. Si denotamos M_t el total de captura (extracción) del recurso en el momento t , la ecuación de crecimiento de la especie sería ahora la siguiente:

$$(5) \quad \bar{\Delta} A_t = C(A_t) - M_t$$

En la ecuación anterior se aprecia claramente que la política estacionaria de extracción es aquella que hace $\bar{\Delta} A_t = 0$, es decir aquella que iguala el monto de captura de un período al monto de crecimiento de la especie en dicho período. La pregunta es si este resultado puede obtenerse a través del libre funcionamiento del mercado o es necesario algún tipo de regulación por parte del Estado. La respuesta a tal interrogante se irá esbozando con el transcurso de esta sección, aunque su tratamiento específico se ha dejado para la siguiente.

Por el momento concentrémonos en lo que sucede en una economía libre de regulaciones. Lo anterior implica que cualquier agente que desee explotar un recurso natural puede hacerlo sin efectuar pago alguno por derechos, sea al gobierno, a la sociedad o, incluso, a los agentes que empezaron a explotar dicho recurso. Se supone, de esta manera, que hay una libertad completa de entrada al mercado, donde éste en nuestro ejemplo es una determinada

zona de pesca. Es más, el único costo que enfrenta un agente es el referido a los insumos que requiere para explotar la especie.

El planteamiento del problema intertemporal que enfrenta cada persona requiere de la definición de una función de producción, donde el producto es la captura de la especie (M). Siempre con fines de simplificación, supongamos que cada persona que explota el recurso es una empresa que posee una embarcación, donde esta última constituye el insumo de la empresa para "producir" (capturar) su bien (pez). Si suponemos, además, que esta actividad es independiente del tiempo, el total de extracción por empresa o embarcación es:

$$(6) \quad m = g(A, E)$$

Aquí se aprecia que la captura por embarcación es una función tanto del tamaño de la población de la especie como del número de embarcaciones que interactúan en la misma zona (E). Si denotamos g_j como la derivada parcial de la función g respecto al factor j , podemos definir que g_{A0} (a mayor población de la especie mayor potencial de captura por barco) y g_{E0} (a mayor número de embarcaciones menor potencial de captura per cápita).

De manera similar a la obtención de la ecuación (6) podemos plantear la formulación para la captura a nivel industrial, la que resultaría simplemente de la agregación de todas las capturas individuales (multiplicando la captura de la empresa representativa por el número de embarcaciones), a saber:

$$(7) \quad M = E * g(A, E) = G(A, E)$$

En este caso, las derivadas parciales son $G_{A \geq 0}$ (a mayor población de la especie mayor potencial de captura total) y $G_{E \geq 0}$ (a mayor número de embarcaciones mayor potencial de captura total).

Falta aún definir la función de beneficios para determinar si el negocio es rentable y si se incentiva la entrada de nuevas empresas al mercado. Para ello debemos incluir al menos dos variables más. Por un lado es importante el precio de mercado del producto (pescado), el

cual vamos a denotar por la letra p , y vamos a suponer que es constante en el tiempo e independiente del monto de la captura. Por otro lado, también es importante el precio que se paga por la utilización del insumo (barco). Para hacer más sencilla la idea puede suponerse que cada empresa arrienda un barco, por lo que debe pagar un alquiler constante (w) por su uso. Podemos plantear la típica función de beneficios de una empresa como sigue:

$$(8) \quad \pi_t = [p * g(A_t, E_t)] - w$$

Puede plantearse entonces que la entrada o salida de empresas (embarcaciones) del mercado va a ser proporcional a dicha función de beneficios, donde el factor de proporcionalidad puede ser interpretado como la velocidad de ajuste en el número de barcos (k), como puede verse en la ecuación (9):

$$(9) \quad \dot{\bar{0}} = k * \pi_t = k * \{[p * g(A_t, E_t)] - w\}$$

La lógica llevará a que entren empresas cuando los beneficios sean positivos, lo que implicará que éstos vayan disminuyendo; mientras que, saldrán empresas cuando los beneficios sean negativos, lo que tenderá a aumentarlos. La dinámica de ajuste implicará, entonces, que los beneficios en promedio sean iguales a cero. Así, la ecuación (8) se transforma en:

$$(10) \quad g(A_t, E_t) = w / p$$

En esta ecuación puede apreciarse la importancia que tiene la relación de precios w/p (precio del insumo/precio del bien). En la medida que dicha relación de precios sea alta y el número de embarcaciones sea pequeño los beneficios serán nulos, puesto que así $g(\cdot)$ será mayor y respetará el cumplimiento de la ecuación (10). Debe recordarse que el número de embarcaciones guarda una relación inversa con la función de "producción" por embarcación. La intuición para lo anterior radica en que al ser el precio de venta del producto relativamente bajo, la única forma que tiene cada empresa

para cubrir los costos es a través de un mayor volumen físico de producción (extracción) y, por tanto, de ventas.

En el caso contrario, es decir cuando w/p sea bajo y el número de barcos sea grande, los beneficios también serán nulos. Dado que el precio de mercado del recurso es ahora relativamente alto, no se requiere de mucha producción por empresa para cubrir los costos de operación.

Ahora bien, lo que más nos interesa para fines del presente estudio es el monto de extracción del recurso y su probable depredación, dependiendo de cual sea el caso considerado. De esta manera, cuando la relación de precios definida es alta el monto de captura total es pequeño, debido a que sólo operan unas cuantas embarcaciones. Por el contrario, cuando w/p es bajo el total de captura es grande, puesto que ahora intervienen muchos barcos. En el primer caso la especie sobrevive indefinidamente, mientras que en el segundo el resultado podría ser la depredación, si es que no se regula a tiempo la sobreexplotación del recurso³.

Dado lo anterior, la interrogante se concentra en el tipo y monto de regulaciones que debería aplicar el Estado. Para ello se necesita identificar el beneficio y el costo social de la captura de la especie. Dejando fuera los aspectos conservacionistas y distributivos, con fines exclusivamente de simplificación, el análisis social costo-beneficio se reduciría a la maximización del valor presente de los beneficios industriales de la política de captura del recurso, tal como se plantea en la ecuación (11)⁴:

$$(11) \quad \text{Max} \int_0^{\infty} (p * M_t) * e^{-rt} dt$$

sujeto a:

$$\bar{A}_t = C(A_t) - M_t$$

donde e denota el exponencial y d el diferencial total. Asimismo, se ha incluido una nueva va-

riable r , la que representa la tasa de interés constante del mercado competitivo, que constituye la tasa de descuento que utiliza el gobierno. Puede observarse que, con fines simplificadorios, no se ha incluido la función de costos de extracción de la industria. Para resolver este problema intertemporal se forma el siguiente hamiltoniano:

$$(12) \quad H = (p * M_t)e^{-rt} + \alpha e^{-rt}[C(A_t) - M_t]$$

donde α es el multiplicador o precio sombra del recurso (su precio cuando permanece en su medio ambiente natural). Las condiciones de primer orden (CPO) son:

$$(13) \quad \delta H / \delta M = 0 \quad \text{y} \quad -\delta H / \delta A = (\alpha e^{-\bar{0}rt})$$

De las CPO se obtienen los siguientes resultados, respectivamente:

$$(14) \quad p = \alpha$$

$$(15) \quad \bar{0} \\ \alpha = \alpha [r - C'(A_t)]$$

donde $C'(A_t)$ es la primera derivada de la función de crecimiento $C(\cdot)$ respecto del tamaño de la población A . Si se tiene (14) y se sabe que el precio de mercado de la especie p es constante (independiente del tiempo), entonces igual sucederá con el precio sombra, de tal forma que la ecuación (15) puede igualarse a cero y obtenerse (16):

$$(16) \quad r = C'(A_t)$$

En la ecuación anterior r se toma como dado para la industria (es un dato del mercado financiero). Por lo tanto, la política de maximizar el valor presente de los beneficios de la industria implicará alcanzar un tamaño de la población tal que permita que su ritmo de crecimiento iguale a la tasa de interés del mercado. Una vez logrado ello se garantizará que el precio de la especie en su ambiente natural sea igual al precio de mercado de su captura.

Si bien es cierto que la industria no maneja directamente la población de la especie,

la cual depende fundamentalmente de consideraciones biológicas propias, también es cierto que puede influir indirectamente en su tamaño, vía su política de extracción o captura. Es allí donde el gobierno debe enfocar su campo de acción.

II.2 Recursos No Renovables

En general, se define un recurso no renovable como aquél cuyo monto de extracción y utilización reduce el stock total precisamente en dicha cantidad. De esta manera no existen medios por los cuales dicho stock pueda ser incrementado. Lo anterior no significa que el descubrimiento de nuevos depósitos de un recurso sea imposible, ni que una mejora en la tecnología que permita aumentar la cantidad extraída de tal recurso sea improbable de acontecer. Más bien, lo que quiere recalcar es que tales eventos constituyen "... un suceso diferente"⁵, en el sentido que no son los propios recursos los que determinan un ciclo de reproducción que altere sus stocks. Las actividades mineras y el petróleo son los principales ejemplos de este tipo de recursos.

A continuación se presenta un modelo intertemporal para determinar la política de extracción, suponiendo inicialmente un nivel de reservas del recurso fijo, al igual que el analizado por Hotelling⁶. Debido a que este tipo de recursos no cuenta con una función de crecimiento (reproducción biológica) que justifique intuitivamente la preferencia por trabajar en tiempo continuo, aquí se optará por trabajar en tiempo discreto debido a la probable mayor familiaridad del lector con las ecuaciones en diferencia, así como buscando brindar otra técnica de estimación.

La "población" del recurso no renovable (puede tomarse como ejemplo algún metal) se referirá a su monto de reservas disponibles. De esta manera, buscando mantener la notación, el monto de estas reservas en el período t será A_t . Asimismo, el monto de extracción en el mismo período t será M_t . Debido a que las reservas son conocidas y, por ahora, se deja fuera la posibilidad de descubrimientos de nuevos yacimientos, cada vez que se extraiga una

determinada cantidad del recurso, el monto de sus reservas disminuirá precisamente en dicha cantidad, como puede apreciarse en la ecuación (17):

$$(17) \quad A_{t+1} = A_t - M_t$$

Definimos ahora una función de costos de extracción $N(A_t, M_t)$, cuyas derivadas son $N_A < 0$ y $N_M > 0$. Es decir, en la medida que sean mayores las reservas será más fácil extraerlas y, por tanto, serán menores los costos. Por otro lado, mientras mayor sea la cantidad extraída, menor será el monto disponible de reservas y, de allí, mayores serán los costos. Si se piensa en una mina bajo tierra resulta muy fácil justificar lo anterior, puesto que los primeros recursos en extraerse son los de las capas superiores y luego hay que ir excavando cada vez más para seguir explotando el mineral, lo que implica mayores costos.

El siguiente paso consiste en definir los beneficios de la empresa extractiva, al igual que se hizo en la ecuación (8). En esta oportunidad se tiene la siguiente expresión:

$$(18) \pi_t = (p_t * M_t) - N(A_t, M_t)$$

suponiendo ahora que p es el precio del recurso no renovable, el cual puede variar en el tiempo. Nuevamente la racionalidad económica implica maximizar el valor presente de los beneficios de la empresa, como se expresa a continuación:

$$(19) \quad \text{Max} \sum_{t=0}^T 1/(1+r)^t [(p_t * M_t) - N(A_t, M_t)]$$

sujeito a:

$$A_{t+1} = A_t - M_t$$

$$A_{T+1} \geq 0$$

A_0 es un valor fijo dado

Es interesante notar que la sumatoria no llega hasta infinito, como sí lo hacía la integral en el caso de los recursos renovables. La

idea aquí es que, tarde o temprano, aislando el efecto de hallazgos de nuevas reservas, la "población" de un recurso no renovable se agotará, por lo que una parte del problema que se plantea la empresa es decidir cuando paraliza el proceso de extracción; es decir, debe elegir el período T, al final del cual el monto de reservas debe ser cuando menos igual a cero.

En lugar de plantear el típico lagrangeano para resolver esta ecuación en diferencia, puede directamente reemplazarse la restricción (que es la ecuación 17) en la ecuación a maximizarse, de tal forma de tener la siguiente expresión:

$$(20) \quad \text{Max}_{A_t} \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} [p_t(A_t - A_{t+1}) - N(A_t, A_{t+1})]$$

Hallando las CPO con respecto a A_t , se tiene:

$$(21) \quad \frac{1}{(1+r)} [p_t - (NM)_t - (NA)_t] + [(NM)_{t-1} - p_{t-1}] = 0$$

tal que, por medio de unos cuantos reemplazos, llegamos a:

$$(22) \quad \frac{(p - NM)_t - (p - NM)_{t-1}}{(p - NM)_{t-1}} - \frac{(NR)_t}{(p - NM)_{t-1}} = r$$

para los períodos $t=0, \dots, T$. Pero para el final del período T, que es el comienzo de T+1, lo anterior no va a ser cierto, puesto que en la condición terminal ya no aparece la "población" del recurso en dos períodos. Por lo tanto, su derivada es más simple, quedando la siguiente expresión:

$$(23) \quad P_T = (NM)_T$$

Esta ecuación hace las veces de condición de transversalidad, y sostiene que en el período final el precio de mercado del recurso debe igualarse a los costos marginales directos de extracción. En la medida que la empresa enfrenta el precio de mercado, la variable que tiene que manejar para maximizar el valor pre-

sente de sus beneficios es su política extractiva, pues así afectará su costo marginal.

La ecuación (22) establece una condición tipo portafolio, en el sentido que indica la indiferencia del productor entre dejar el recurso en su medio ambiente natural o explotarlo, una vez que su rentabilidad (el lado izquierdo) iguala la tasa de interés de mercado. El primer sumando del lado izquierdo es la ganancia de capital expresada en términos de los beneficios marginales netos (precios menos costos marginales de extracción). Por su parte, el segundo sumando agrega rentabilidad, puesto que ya se mostró que N_A es negativo. Si no se extrae el recurso se genera una ganancia en términos de costos de oportunidad, de tal manera de abaratar la extracción en el siguiente período.

Una manera más sencilla de interpretar el resultado pasa por reescribir la ecuación (21), utilizando la metodología de operadores de rezago (L), de tal manera de tener lo siguiente:

$$(24) \quad p_t [1/(1+r) - L] - (NM)_t [1/(1+r) - L] = \frac{1}{(1+r)(NA)_t}$$

y, resolviendo el problema, se llega a:

$$(25) \quad P_t = (NM)_t - \sum_{i=1}^T [1/(1+r)] (NA)_{t+i}$$

Aquí se aprecia que la empresa que busca maximizar el valor presente de sus beneficios debe igualar en cada período su costo marginal total de extracción al precio dado por el mercado. Este costo marginal total incluye el así llamado costo marginal indirecto, dado por el segundo sumando del lado derecho de la ecuación (25), el cual implica que los costos futuros de extracción se vuelven más altos debido a una mayor extracción presente que disminuye las reservas. Una vez más, la variable clave que puede manejar la empresa es su política extractiva.

Si ahora permitimos que ocurran adiciones a las reservas en cualquier período de tiempo, debido a actividades de investigación

y exploración, habría que modificar levemente las ecuaciones (19) y (17), es decir la función a maximizar y la restricción pertinente, de tal forma de plantear el problema en los siguientes términos:

$$(26) \quad \text{Max} \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} [(p_t \cdot M_t) - N(A_t, M_t) - Q(U_t, S_t)]$$

sujeto a:

$$A_{t+1} = A_t - M_t + S_t$$

$$U_{t+1} = U_t + S_t$$

donde $Q(U_t, S_t)$ es la función de costos de la búsqueda de nuevas reservas, que depende positivamente tanto de la adición de nuevas reservas S , como del volumen acumulado de reservas extras en períodos pasados U . Esta última relación se explica debido a que es un recurso agotable, por lo que en la medida que sea más alto el monto de nuevas reservas ya descubiertas, será menor el monto de reservas que queden por descubrirse y, de allí, que el costo de su búsqueda sea mayor.

Debido a que la forma general de la regla para la extracción no se modifica, resultaría engorroso resolver este nuevo problema. Lo fundamental es que ahora debe maximizarse la función respecto a dos variables (que pueden ser las reservas conocidas y las reservas adicionales), con lo que podemos adelantar que la regla de extracción dependerá además de los niveles futuros de reservas, es decir de los frutos de las actividades de exploración.

III. Políticas contra la Depredación de los Recursos

La ausencia de regulación en la actividad extractiva de cualquier recurso natural, tanto renovable como no renovable, lleva consigo un alto riesgo de sobreexplotación, que sólo sería dejado de lado una vez colapsada la industria en cuestión. Esta sección analiza la importancia tanto de los derechos de propiedad como de las regulaciones más específicas a

las diversas actividades relacionadas con el problema anterior.

III.1 Los Derechos de Propiedad

El origen del problema de la sobreexplotación de un recurso se encuentra en el principio de los derechos de propiedad⁷. En la medida que no existe una adecuada asignación y/o definición de tales derechos, los agentes económicos no perciben la necesidad ni los beneficios de conservar los recursos naturales, por lo que es su comportamiento propiamente racional el que los lleva a depredar los recursos.

La política comúnmente utilizada ha sido la aplicación, por parte de los gobiernos, de controles y/o restricciones sobre las actividades de extracción de los recursos que se considera que están siendo sobreexplotados. En contadas oportunidades los gobiernos han otorgado títulos de propiedad, con lo cual se atacaría la raíz del problema y se evitaría introducir mayores distorsiones a la economía.

Este problema de explotación de recursos y la necesidad que el gobierno haga algo por evitar su depredación puede ser ilustrado utilizando la teoría de juegos. El ejemplo clásico de un juego no cooperativo es el llamado "dilema de los prisioneros"⁸. Aplicando dicho esquema al caso de la pesca, tratado en la sección anterior, podemos plantear la siguiente matriz:

		Productor 2	
		CC	LC
Productor 1	CC	2,2	4,1
	LC	1,4	3,3

CC: continúa captura
LC: limita captura

Se tiene dos productores (empresas extractivas) del mismo recurso que operan en la misma zona, la cual carece de propiedad definida y de regulación estatal. Ambos enfrentan dos alternativas: continuar capturando el recurso aunque sepan que tarde o temprano lo depredarán, o limitar su captura para permitir la reproducción de la especie. En la matriz se muestran las diferentes combinaciones de comportamientos que pueden darse, así como los

beneficios que reporta cada combinación a cada productor, siendo el primer número el resultado que corresponde al productor 1 y, el segundo, el que recibe el productor 2.

En ausencia de posibilidades de acuerdo entre las partes, cada productor optará por la alternativa de continuar su captura normal. Ello puede mostrarse fácilmente de la siguiente manera. Independientemente de la decisión del productor 1, lo mejor que puede pasarle es que el otro productor también la limite, mientras que lo peor es que el otro siga capturando. Ahora bien, en el caso que el productor decida limitar su captura, su mejor resultado será 3 y su peor resultado será 1. En cambio, si dicho productor decide continuar su captura sus resultados serán 4 o 2, respectivamente, siendo en ambos casos superiores a los anteriores. Si el productor es adverso al riesgo preferirá fijarse en sus peores resultados, pero en todo caso, independientemente de ello, su mejor elección será continuar capturando. El mismo análisis se aplica para el productor 2. Lamentablemente el resultado no es Pareto eficiente, debido a que ambos productores podrían mejorar su bienestar si es que aplicaran limitaciones a sus actividades.

El resultado cambia si es que ahora se permite la posibilidad de negociar y llegar a un acuerdo. En este caso, ambos productores interiorizarán que la solución más conveniente será limitar su captura, puesto que es la alternativa que brinda el mejor resultado conjunto. Sin embargo, la estabilidad de esta solución no está garantizada puesto que siempre existirá el incentivo a romper el acuerdo.

Es en este contexto que frecuentemente se argumenta que la mejor manera de garantizar tal acuerdo sería a través de la intervención gubernamental. En particular, se suele sugerir la implantación de regulaciones a las actividades extractivas, como restricciones y/o controles, tal como se mencionó líneas arriba. Sin embargo, vuelve a olvidarse que el problema surge principalmente a raíz de la no limitación de la propiedad.

De lo anterior uno podría preguntarse el motivo por el cual los gobiernos no generalizan la solución de los derechos de propiedad a

todos los casos. La respuesta es obvia para algunos casos como la actividad pesquera, en la que es prácticamente imposible lotizar el océano, río o lago, además de que resulta muy improbable asignar los recursos marinos y acuíferos. En este caso lo tradicional ha sido aplicar restricciones sobre el tamaño mínimo de las especies, los métodos de pesca, las vedas estacionales y las cuotas de pesca para toda la industria.

Lamentablemente, los costos involucrados en la vigilancia del cumplimiento de las normas anteriores son significativamente altos, lo que impide una amplia y continua labor de fiscalización. Al respecto, la teoría sobre evasión tributaria sostiene precisamente que una de las formas de reducir tal inconveniente es a través de una adecuada política de seguimiento y fiscalización de los agentes económicos. Por lo tanto, relacionando ambos conceptos, puede afirmarse que la nula o deficiente aplicación de tal política tiende a promover que muchos agentes inescrupulosos busquen evadir los controles y sigan depredando los recursos.

La otra medida importante para desincentivar la evasión tributaria, que para fines del presente estudio se quiere aplicar a la depredación de los recursos naturales, es contar con una tasa de castigo superior a la tasa impositiva, lo cual implica reducir esta última y/o hacer una legislación más dura contra los evasores. Mientras la tasa de castigo representa el costo de evadir las normas o controles, la tasa impositiva denota el costo de cumplir con lo establecido por la autoridad respectiva. Esto implica que la racionalidad de los individuos los llevará a cumplir con sus obligaciones en la medida que el beneficio de hacerlo (lo que deja de pagar como castigo) sea mayor al beneficio de arriesgarse a portarse mal (lo que deja de pagar al evadir su responsabilidad).

Lo ideal sería que se aplicasen simultáneamente ambas medidas para luchar más efectivamente contra la evasión. Lamentablemente, debido a que se suele reconocer que la labor de fiscalización es muy complicada, por lo general los gobiernos han tomado partido por aplicar la segunda medida. El problema con ello es que a pesar que el castigo sea supe-

rior al tributo, muchos individuos seguirán evadiendo (en la medida que no sean muy adversos al riesgo) puesto que la probabilidad de ser detectado será lo suficientemente baja, en un contexto de escasa fiscalización.

Por lo tanto, la solución más eficiente, en los casos en los que el otorgamiento de los títulos de propiedad se torna difícil, por decir lo menos, es efectuar concesiones de largo plazo para la explotación en áreas determinadas. De esta manera, cada beneficiario de una concesión se preocupará por la reproducción de la especie que explota, y no estará dispuesto a permitir que otros agentes "piratas" participen en la industria depredando los recursos.

III.2 Regulaciones Específicas

Existen políticas económicas que de alguna manera predisponen a los agentes a hacer un uso excesivo de un recurso. En un modelo de mercado competitivo son los precios los asignadores de recursos, y supuestamente son los que determinan su uso más eficiente, lográndose el máximo beneficio para la sociedad. Sin embargo, la intervención del Estado en los mercados, vía subsidios, exoneraciones tributarias, tasas preferenciales de interés, entre otros, propician una mayor producción de determinados bienes, con el consecuente uso de mayor cantidad de insumos⁹. Aquí se busca resaltar que la política óptima es aquella que elimina las distorsiones anteriores.

Si bien ya se han efectuado varias menciones a determinadas políticas gubernamentales regulatorias, es conveniente ser más específico y mostrar el campo de acción del Estado en los modelos planteados de extracción de recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

Al finalizar el tratamiento de los recursos renovables decíamos que la industria extractiva afectaba indirectamente el tamaño de la población de la especie mediante su política de captura. De esta manera podía tender a alcanzar en algún momento el tamaño óptimo, tanto para maximizar el valor presente de sus beneficios como para permitir que se igualaran

los valores de la especie fuera y dentro de su hábitat (por ejemplo, el mar).

Lo anterior implica que la industria deje de extraer el recurso mientras la población sea inferior al tamaño óptimo y que, recién una vez alcanzado dicho tamaño, proceda a capturar un monto igual al crecimiento de la población. Es decir, si $A_t < \bar{A}$ para $t=0, \dots, T$, donde \bar{A} representa el tamaño óptimo estacionario, entonces $M_t=0$; luego, a partir de $T+1$, cuando $A_{T+1}=\bar{A}$, lo óptimo será $M_t=C(\bar{A})$. Desde otro extremo, si se tiene que $A_t > \bar{A}$, lo conveniente será $M_t=A_t-\bar{A}$, hasta que se llegue a $A_t=\bar{A}$, a partir de lo cual deberá aplicarse nuevamente $M_t=C(\bar{A})$.

La lógica en el primer caso es que mientras la población sea menor a la óptima estacionaria, para un precio de mercado constante, la especie tendrá un mayor valor en su medio ambiente. Es decir, su precio sombra será mayor que su precio de mercado, por lo que será conveniente dejar el recurso en su hábitat hasta que alcance el tamaño adecuado que iguale ambos precios. En el segundo caso sucede la situación inversa.

Ahora bien, nada garantiza que la industria vaya a seguir ese comportamiento, más aun tomando en consideración que nadie es dueño del recurso y, por lo tanto, nadie se siente incentivado a conservarlo sabiendo que los demás pueden estar motivados a depredarlo. La alternativa del acuerdo se planteó en el ejemplo de la teoría de juegos, concluyéndose que ésta es una solución inestable. Por lo tanto, es el Estado el responsable de evitar la muy probable extinción de la especie.

En el contexto del primero de los casos anteriores, la norma gubernamental para todos los períodos $t \leq T$ podría ser la prohibición de la captura o la imposición de un impuesto tan alto que desincentive la extracción, por ejemplo un impuesto β tal que $\beta > p$. Luego, para los períodos sucesivos a T , una posibilidad es la aplicación de cuotas industriales que establezcan una extracción total máxima igual a la tasa de crecimiento de la población, la que una vez alcanzada cierre la temporada de pesca. Éstas son las medidas que se desprenderían del modelo planteado en la segunda sección, cuya eficien-

cia e inconvenientes no se discuten, por la brevedad del documento y para evitar repeticiones innecesarias. El lector puede regresar al punto III.1, donde encontrará el análisis pertinente.

El problema inherente más importante de regular la actividad extractiva de un recurso natural renovable (aplicando nuevamente nuestro ejemplo de la especie marina), es el habitual desconocimiento de la función de crecimiento de la especie $C(A)$. Lo anterior lleva consigo otro problema: la definición del momento óptimo para aplicar la regulación. Debido a que suele no conocerse con certeza el tamaño mínimo necesario de la especie para permitir su reproducción, se corre el riesgo de implementar la regulación cuando la población del recurso haya caído por debajo de dicho límite, siendo en tal caso inútil.

El problema también ocurre en el caso opuesto, en el sentido que al no conocer el tamaño mínimo puede que la autoridad aplique la restricción antes de tiempo, desperdiçando con ello recursos potenciales. Es más, exagerando en demasía, podría llegarse al caso que la regulación sea tan estricta y con tanto desconocimiento, que en algún momento la población llegue a su tamaño máximo biológico después del cual, de continuar la restricción, se perderían recursos. Esto sucedería debido a que para un mismo hábitat (en particular, para una misma cantidad de alimento para la especie) una cantidad de la población lucharía por su supervivencia.

Por último, respecto a los recursos no renovables, la situación se facilitaría, al menos si se considera la discusión del párrafo anterior, puesto que no se necesitaría conocer la función de crecimiento de un recurso, ya que no existe por definición. La depredación completa del recurso es inevitable, a menos que sucedan algunos hechos que podrían preverse (como el descubrimiento de nuevos yacimientos) o algunos imprevistos (al menos por las empresas extractivas), como el desarrollo de un sustituto más barato. En la medida que el recurso sea "estratégico" para un país, en el sentido que represente una fuente importante de producción, empleo y/o exportaciones, habrá un in-

centivo para implementar algún tipo de regulación que impida su agotamiento. Ello no significa de modo alguno que tenga que ser el propio Estado quien se encargue de la explotación de dicho recurso. Una vez más, lo más eficiente sería otorgar concesiones o títulos de propiedad, buscando incentivar su explotación racional conjuntamente con el desarrollo de actividades de exploración de nuevas vetas.

III.3 Mercados a Futuro

Implícitamente hemos estado suponiendo un contexto de certidumbre respecto a una serie de variables como los precios y los costos debido, a su vez, a la supuesta certidumbre de ofertas y demandas en el futuro.

En realidad es más fácil intuir la incertidumbre inherente en los precios futuros, debido a los movimientos impredecibles en las demandas de los recursos naturales, a los factores climáticos, a los cambios en la estructura del mercado y a los cambios en las regulaciones gubernamentales. A su vez, los costos también implican un alto grado de incertidumbre debido, entre otras razones, a la información imperfecta respecto a los depósitos naturales, los montos efectivos de las reservas y los cambios tecnológicos.

El problema anterior puede aliviarse en gran medida con el establecimiento de un mercado a futuro para un determinado recurso. La idea básica de dicho mercado es permitirle al productor (y, en general, a cualquier agente económico) la posibilidad de disminuir o cubrir el riesgo de variación del precio de su producto, operando simultáneamente en este mercado y en el mercado spot (actual o efectivo). De esta manera, el productor puede asegurar el precio que recibirá en el futuro y compensar, al menos en parte, las pérdidas de un mercado con las ganancias del otro¹⁰.

De hecho, uno de los rasgos característicos de los mercados de materias primas (donde los metales juegan un papel fundamental), es que los productores toman posiciones en los contratos a futuros en conjunto con sus posiciones en los mercados spot¹¹. Lo anterior implica,

obviamente, que existen mercados a futuros para tales recursos.

Por lo tanto, una manera de fomentar una mayor eficiencia empresarial en las políticas extractivas de los recursos naturales, es vía el establecimiento y desarrollo de los mercados a futuros, los cuales brindarán una valiosa información que de otro modo estaría ausente o muy restringida. El papel del Estado al respecto no puede circunscribirse tan sólo a la dación de leyes que provean las reglas de juego, sino también a la creación de un clima de confianza y estabilidad económica, requisitos fundamentales para la credibilidad y el atractivo de tales mercados.

IV. Efectos Ambientales

Muchos estudios se han centrado fundamental y casi exclusivamente en el análisis de asignación intertemporal de los recursos naturales, dejando de lado las consideraciones ecológicas relacionadas a tal comportamiento. En el otro extremo, una gran cantidad de literatura ambiental no ha enfocado acertadamente el tema de los recursos naturales. En el presente documento no queremos cometer las mismas equivocaciones, más aun si se tiene presente que "... existe un reconocimiento que la línea divisoria entre la economía ambiental y la economía de los recursos naturales es un poco difusa"¹².

Esta estrecha relación se hace más evidente aún dentro de la propia definición de la política ambiental, que es "...el conjunto de definiciones adoptadas por las autoridades, que condicionan y determinan de algún modo el comportamiento de las personas, las empresas y las propias reparticiones públicas en lo referente al uso, manejo y conservación de los recursos naturales y a la acción de los servicios ambientales de que dispone la sociedad"¹³.

Al empezar las dos primeras secciones de este documento, manifestábamos implícitamente nuestra intención (bastante ambiciosa para quienes somos nuevos en el tema) de establecer una metodología que relacione los efectos de la extracción de los recursos naturales con sus impactos ecológicos. Lo anterior debe-

ría ser el producto final del proyecto de investigación y hacia ello se está apuntando. Por ahora vamos a plantear las líneas de acción y discutir brevemente los principales inconvenientes que deben sortearse.

Un punto básico que debe tenerse en consideración es el referido a la tradicional idea que el crecimiento económico es uno de los principales responsables de los problemas ambientales. Si bien es cierto que en algunos casos existe tal relación directa (contaminación industrial, deforestación excesiva, entre otros), también es cierto que en muchos otros casos es precisamente el poco desarrollo económico el que limita la asignación de recursos para atender determinados inconvenientes ambientales (servicios inadecuados de saneamiento, degradación de los suelos, entre otros). Además, a pesar de que ciertas condiciones pueden empeorar inicialmente, los mayores ingresos producto del crecimiento van a permitir su mejoramiento. El ejemplo típico de esto último se encuentra en la contaminación del aire.

La discusión en torno a esta aparente relación conflictiva entre crecimiento y medio ambiente tiene versiones muy diversas. Algunos opinan que las fuerzas del mercado, léase ausencia de regulación directa, pueden resolver los problemas de contaminación, deforestación, y demás aspectos ecológicos nocivos. Otros, por el contrario, consideran necesaria e imprescindible la intervención gubernamental para proteger el medio ambiente.

Los ecologistas apoyan la segunda alternativa, sin embargo se niegan a valorizar y ponerle un precio al medio ambiente; mientras que los economistas, buscan establecer en el proceso de toma de decisiones de los agentes, el precio que refleje la escasez relativa de los recursos ambientales, y así incorporar el análisis de beneficio-costos.

En general, se reconoce la necesidad de establecer políticas que busquen atacar las causas fundamentales del deterioro ambiental. Así, se distinguen aquellas que procuran aprovechar los vínculos positivos entre desarrollo y medio ambiente, de las que se orientan a problemas específicos¹⁴.

Dentro del primer grupo destacan la eliminación de distorsiones y la asignación de los derechos de propiedad, las que ya han sido analizadas en detalle. Estas políticas afectan una serie de aspectos de la actividad económica, como por ejemplo la escala de producción, la estructura del producto, la eficiencia en el uso de insumos y el deterioro ambiental por unidad de insumo. Además de ser acertadas para lograr la eficiencia económica, también son beneficiosas para el medio ambiente, ya que llevan a un menor desperdicio de recursos y a una mayor innovación tecnológica.

El segundo grupo de políticas se relaciona con el concepto de externalidades, las cuales exigen que los usuarios de los recursos tomen en cuenta las repercusiones sociales de sus acciones. Es precisamente este fenómeno de las externalidades el que constituye el principal marco teórico aplicado en la literatura económica del medio ambiente.

Estas políticas son de dos tipos. En primer lugar, están aquéllas basadas en el funcionamiento del mercado, es decir, donde se exige pagar un precio o afrontar un mayor costo de acuerdo con los daños causados. Pigou sostenía que las externalidades negativas podían ser eliminadas mediante la intervención del Estado, en particular aplicando impuestos. Fue él quien hizo famoso el principio de quien cause alguna contaminación deberá ser quien pague por tal daño¹⁵.

En segundo lugar, están aquellas políticas en las que se aplican restricciones cuantitativas al uso de los recursos. Ejemplos de estas últimas medidas son los reglamentos específicos sobre reducción de contaminación de las industrias, ordenamiento del uso de la tierra en las zonas de frontera, entre otros.

La elección entre los diferentes instrumentos de política o una combinación de ellos, dependerá de la situación de las economías y de los gobiernos. Sin embargo, para garantizar la efectividad de las políticas se requerirá de una reglamentación realista que permita obligar su cumplimiento, y de controles coherentes con el marco general de política del gobierno, todo lo cual fue precisado en su momento.

La importancia de la cuestión ambiental a nivel mundial ha sido puesta de manifiesto con el trabajo de la Comisión Brundtland (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo) en 1987. Esta Comisión introdujo el ahora famoso concepto del "desarrollo sostenible", el cual establece que se debe asegurar la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer las suyas. En este sentido no debería existir diferencia alguna entre las metas de las políticas de desarrollo y las de una protección del medio ambiente. Ambas buscan como fin último mejorar el bienestar de la población.

V. Comentarios Finales

Cualquier programa ambiental y de explotación de los recursos naturales no debe ser conceptualizado como un hecho aislado. En particular, dichos planes deben integrarse estrechamente con la política económica global que se siga en un determinado país. En el caso peruano actual el programa de ajuste estructural es el eje sobre el cual deben girar las políticas sectoriales. Afortunadamente la mayoría de reformas envueltas en el proceso de ajuste apuntan en la dirección correcta en términos de sus efectos ambientales. Así, por ejemplo, la eliminación de los subsidios y la determinación de precios "reales" debiera tender a aminorar el desperdicio de recursos naturales, como agua, energía y petróleo, entre otros.

Sin embargo, la sola reforma económica no garantiza la sustentabilidad ambiental. Es necesario, además, la implementación de otras políticas, como la educación ambiental y la reducción de las tasas de crecimiento poblacional¹⁶.

Como se sabe, toda actividad económica supone la transformación de la naturaleza en algún grado y, por ello, el desarrollo plantea graves dificultades al ordenamiento del medio ambiente. Sin embargo, se desprende del análisis que algunos efectos iniciales no son perjudiciales, y que otros podrán ser corregidos en el mediano plazo. Esto no debe significar una

falta de preocupación por parte del Estado y, más bien, debería centrar su participación activamente, vía incentivos o desincentivos, según el signo que tengan las externalidades.

Debe tomarse consciencia, asimismo, de la especial importancia de un buen manejo de los recursos naturales, en particular, de sus políticas extractivas óptimas. Si bien ya se mostró la probable dificultad en la asignación de los derechos de propiedad que tienda a lograr este resultado óptimo, no deben escatimarse esfuerzos para hacer lo mejor que se pueda. Existe un gran campo de acción para la aplicación de los modelos aquí presentados sobre los distintos recursos renovables y no renovables. El proyecto que vienen investigando los autores está encaminado en este sentido.

Quedan pendientes al menos dos interrogantes que consideramos esenciales. ¿Cómo integrar en el análisis económico, en la evaluación de proyectos y en las políticas en general, el concepto del medio ambiente? ¿En qué forma puede aplicarse en la práctica? La respuesta a estas preguntas implica definir previamente cual de las siguientes formas sería la óptima: considerar los efectos físicos en los proyectos y las políticas; evaluar los efectos en términos monetarios; determinar una tasa de descuento, o incorporar el factor riesgo.

Si efectivamente se quiere plantear una política ambiental nacional, sería recomendable la creación de una Comisión Nacional del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, en lo posible ajena a los problemas sectoriales. Entre sus principales actividades estarían las siguientes. Primero: hacer un estudio que identifique a todas las personas e instituciones, privadas y públicas, que tienen alguna relación con el tema. Segundo: revisar los proyectos de investigación efectuados y por efectuarse de tales organismos, para evitar duplicidad de esfuerzos. Tercero: dictar las pautas y las líneas de acción, sobre todo para las dependencias públicas. Cuarto: encargarse de negociar préstamos y donaciones externas orientados a mejorar las condiciones ambientales en el país. Lo que se busca es

replicar, en la medida de lo posible, la experiencia chilena que, hasta el momento pareciera ser exitosa.

ANEXO

Cuantificación del Patrimonio Natural

Los inventarios y la evaluación de los componentes del medio ambiente tienen un papel crucial en países con gran dotación de recursos naturales y que, además, se encuentran sometidos a presiones económico-financieras muy fuertes.

Se ha comprobado que las medidas convencionales de la actividad económica y el bienestar de un país, Producto Nacional Bruto (PNB) e Ingreso Nacional, no reflejan la magnitud de la degradación del medio ambiente ni el consumo de los recursos naturales, por lo tanto se hace necesario adoptar nuevas metodologías que permitan observar estos factores.

Francia y Noruega, fueron los países que iniciaron los trabajos en este campo, seguidos de las Naciones Unidas, el Banco Mundial y el Instituto Mundial sobre Recursos Naturales. Todos estos trabajos difieren de enfoque porque tratan de enfatizar distintos aspectos del Sistema de Cuentas Nacionales. Los métodos más sencillos tratan de medir con mayor exactitud la degradación y la protección del medio ambiente. Otros métodos, procuran reflejar de forma explícita el agotamiento de los recursos naturales. Los más ambiciosos tienen por objetivo crear un sistema de cuentas nacionales que incorporen explícitamente los vínculos entre la actividad económica y el uso de los recursos naturales y ambientales.

Uno de los objetivos del proyecto de investigación, base de este artículo, es plantear una clasificación de los recursos naturales del país, que sirva para un estudio más profundo donde se incorpore a un sistema de cuentas nacionales. Lo anterior se justifica porque el país no cuenta con estadísticas ambientales y de recursos naturales que sean compatibles con el sistema de cuentas nacionales y que cumpla los objetivos de la política ambiental.

Existen variadas formas de tratar los inventarios de los recursos naturales, entre las que destacan dos de particular importancia. Por un lado figura aquella que clasifica la biosfera (aplicada en Francia, Estados Unidos, Noruega y Australia), es decir, la que considera las aguas continentales, el mar, la atmósfera, el suelo y el subsuelo y los elementos bióticos. Por

otro lado, está aquella que clasifica el patrimonio natural de acuerdo a la actividad económica (propuesta por Juan Manuel Naredo), es decir, la que contempla las calidades (valor agronómico, biológico, mineralógico y monetario) y los usos (agrario-forestal, urbano-industrial e infraestructura).

NOTAS

1. Este modelo ha sido desarrollado por Dasgupta y Heal (1979).
2. Ver Dasgupta y Heal (1979). Traducción de los autores.
3. En la siguiente sección se discute en detalle el problema de la regulación en este caso particular.
4. Dasgupta y Heal (1979) justifican esta simplificación puesto que el tamaño de la población alcanzado en el equilibrio estacionario, a través de la simple maximización del valor presente de los beneficios de la industria, ya es mayor al límite mínimo necesario para garantizar la supervivencia de la especie. Por lo tanto, si bien se reconoce que al incluir el aspecto conservacionista el tamaño estacionario de la población resultante sería mayor, las complicaciones analíticas que ello implica no se justificarían por ahora para mostrar la idea.
5. Ver Dasgupta y Heal (1979). Traducción de los autores.
6. La teoría de oferta de un recurso no renovable de Hotelling es considerada el trabajo pionero en este ámbito. Sin embargo, en este estudio se sigue la metodología de Bohi y Toman (1984).
7. Ronald Coase fue el pionero en resaltar la importancia de este tema. Aquí sólo se plantean sus

- principales ideas; el lector interesado en el tema puede consultar sus obras originales (1937) y (1960), así como una buena reseña de su trabajo elaborada por Fernández-Baca (1992).
8. La idea ha sido tomada de Cropper y Oates (1990) y de Dasgupta y Heal (1979), adecuándola a nuestro estudio.
9. Por ejemplo, en el caso peruano la subvención implícita que existe en el precio del agua en zonas de irrigación (como la irrigación de Majes, en Arequipa), provoca que los cultivos que allí se producen sean aquéllos más intensivos en el uso de este recurso.
10. Un mayor análisis del tema puede encontrarse en Urrunaga (1992) y Urrunaga y Huarote (1992).
11. Ver Williams (1987).
12. Ver Cropper y Oates (1990). Traducción de los autores.
13. Tomado de Bustamante y Torres (1990).
14. Clasificación tomada del Banco Mundial (1992).
15. A partir de lo anterior una gran parte de la literatura suele referirse a los impuestos pigouvianos. Un mayor análisis puede encontrarse en las referencias que efectúa Aguilera (1991).
16. Ver Shilling (1992).

REFERENCIAS

- Aguilera, Federico. "Economía del Medio Ambiente: Notas para un Estado de la Cuestión". En: *Cuadernos de Economía*, Vol. 19, 1991, pp. 167-196.
- Banco Mundial. *Desarrollo y Medio Ambiente*. Informe sobre el Desarrollo Mundial, 1992.
- Banco Mundial. *El Banco Mundial y el Medio Ambiente*. Informe sobre la Marcha de las Actividades, 1991.
- Bohi, D.R. y M.A. Toman. *Analyzing Nonrenewable Resources Supply*. Resources for the Future, 1984.
- Bustamante, María Inés y Santiago Torres. "Elementos para una Política Ambiental Eficaz". En: *Revista de la Cepal*, No. 41, 1990.

- Cepal. *Inventarios y Cuentas del Patrimonio Natural en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, 1991.
- Coase, Ronald. "The Problem of Social Cost". En: *Journal of Law and Economics*, Vol. 3, 1960, pp. 1-44.
- Coase, Ronald. "The Nature of the Firm". En: *Económica*, Vol. 4, 1937, pp. 385-405.
- Cropper, Maureen y Wallace Oates. "Environmental Economics: A Survey". En: *Discussion Paper QE90-12*, Resources for the Future, 1990.
- Dasgupta, P.S. y G.M. Heal (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge Economic Handbooks, 1979.
- Fernández-Baca, Jorge. "Sobre Ronald Coase. Premio Nobel de Economía 1991." En: *Apuntes 27*, 1992.

- Shilling, John. "Reflections on Debt and the Environment". En: *Finance and Development*, Junio, 1992.
- Steer, Andrew. "The Environment for Development". En: *Finance and Development*, Junio, 1992.
- Urrunaga, Roberto. *Eficiencia y Futuros en las Bolsas de Metales*. Cuadernos de Investigación, No. 13, 1992.
- Urrunaga, Roberto y Alberto Huarote. "Posibilidades de los Mercados Futuros". En: *Punto de Equilibrio*, Junio, 1992.
- Williams, Jeffrey. "Futures Markets: A Consequence of Risk Aversion or Transactions Costs?". En: *Journal of Political Economy*, Vol. 95, No. 5, Octubre, 1987.