

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA



UNIDAD: IZTAPALAPA

✓ **DIVISION:** CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

✓ **CARRERA:** LICENCIATURA EN ECONOMIA

MATERIA: SEMINARIO DE INVESTIGACION II

✓ **TITULO:** LA ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES

✓ **ALUMNO:** JAIME PADILLA SANCHEZ

MATRICULA: 92327961

ASESOR: DR. ALEJANDRO J. TOLEDO OCAMPO

FECHA: MARZO DE 1998

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Dr. Alejandro J. Toledo Ocampo, is located to the right of the date. The signature is stylized and cursive.

Página

INDICE.....	i
INTRODUCCION.....	iii

PARTE 1**CAPITULO I: LOS RECURSOS RENOVABLES**

1.1 CURVAS DE CRECIMIENTO.....	1
1.2 TASAS DE EXPLOTACION.....	4
1.3 COSTOS E INGRESOS.....	6
1.4 LA EXTINCION DE ESPECIES.....	12
1.4.1 EL PROBLEMA DE LA EXTINCION.....	12
1.4.2 ACCESOS ABIERTOS Y EXTINCION.....	15
1.4.3 MAXIMIZACION DE UTILIDADES Y EXTINCION.....	17
1.4.4 ¿POR QUE PUEDE OCURRIR LA EXTINCION?.....	18

CAPITULO II: LOS RECURSOS AGOTABLES

2.1 INTRODUCCION.....	20
2.2 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE USO.....	20

CAPITULO III: MIDIENDO Y MITIGANDO LA ESCASEZ DE RECURSOS

3.1 UNA TIPOLOGIA DE ESCASEZ.....	29
3.2 INDICES DE ESCASEZ.....	32
3.3 MITIGACION DE RECURSOS ESCASOS: RECICLAJE Y SUSTITUCION.....	34
3.4 PROCESOS DE SUSTITUCION.....	37

PARTE 2

CAPITULO IV: MODELOS ECONOMICOS DE USO DE RECURSOS

4.1 MODELO ECONOMICO DE PESQUERIAS	41
4.2 MODELO DE ECONOMIA FORESTAL.....	50
4.3 MODELO DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES ESCENICOS.....	56
4.4 MODELOS DE DEPRECIACION ECONOMICA PARA LOS RECURSOS NO RENOVABLES.....	61
 CONCLUSION.....	 69
BIBLIOGRAFIA.....	71

INTRODUCCION

La tierra es finita. Mantiene cantidades limitadas de aire, agua, materias primas, combustibles fósiles y otros materiales necesarios para la vida.

La economía humana depende de flujos constantes de aire, agua y alimentos. Esto es: de recursos naturales *renovables y no renovables*.

Ella emite al ambiente desperdicios y contaminación. Los límites de la economía, por ello, están dados por la habilidad de las *fuentes* planetarias para proveerla de materiales y energía, y por la capacidad del medio ambiente para actuar como *sumideros* planetarios capaces de absorber la contaminación y los desperdicios generados por la economía (**Figura 1**).

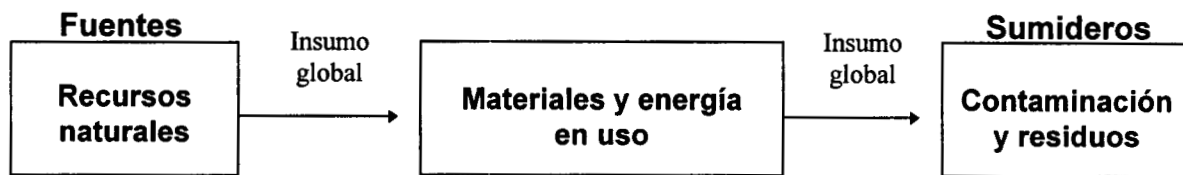


Figura 1 Flujos de recursos en el ecosistema global

Cada recurso utilizado por la economía humana - aire, agua, alimentos, petróleo, hierro, fósforo, madera y miles de otros elementos - está limitado por sus *fuentes* y sus *sumideros*. La naturaleza de estos límites es compleja, porque tanto las fuentes como los sumideros forman parte de un único sistema, dinámico e interconectado: la Tierra.

El hecho central planteado por la economía de los recursos naturales es que la economía humana está utilizando recursos y produciendo desechos a tasas que no son sostenibles.

LOS RECURSOS RENOVABLES

1. *Los alimentos.*

Un límite obvio a la capacidad de la economía humana para producir alimentos es la tierra. Estimaciones teóricas de la cantidad de tierra disponible para la producción agraria sobre la tierra van de los 2 000 a los 4 000 millones de hectáreas, de las que en la actualidad se cultivan aproximadamente 1 500 millones.

La superficie realmente cultivada se ha reducido en los años recientes a causa de las pérdidas por erosión, salinización y desertificación. Así ha sido en varias partes del mundo, por ejemplo: son espectaculares las pérdidas de tierra por la erosión del suelo, en América del Norte; la acidificación del suelo, en Europa; y la deforestación, en Asia.

En la mayoría de los países subdesarrollados la degradación de la tierra es severa. Se estima que las pérdidas por la erosión del suelo en estas regiones alcanza entre 6 y 7 millones de hectáreas de tierras agrícolas cada año. Y otros 1 500 millones de hectáreas se pierden por inundaciones.

2. *El agua.*

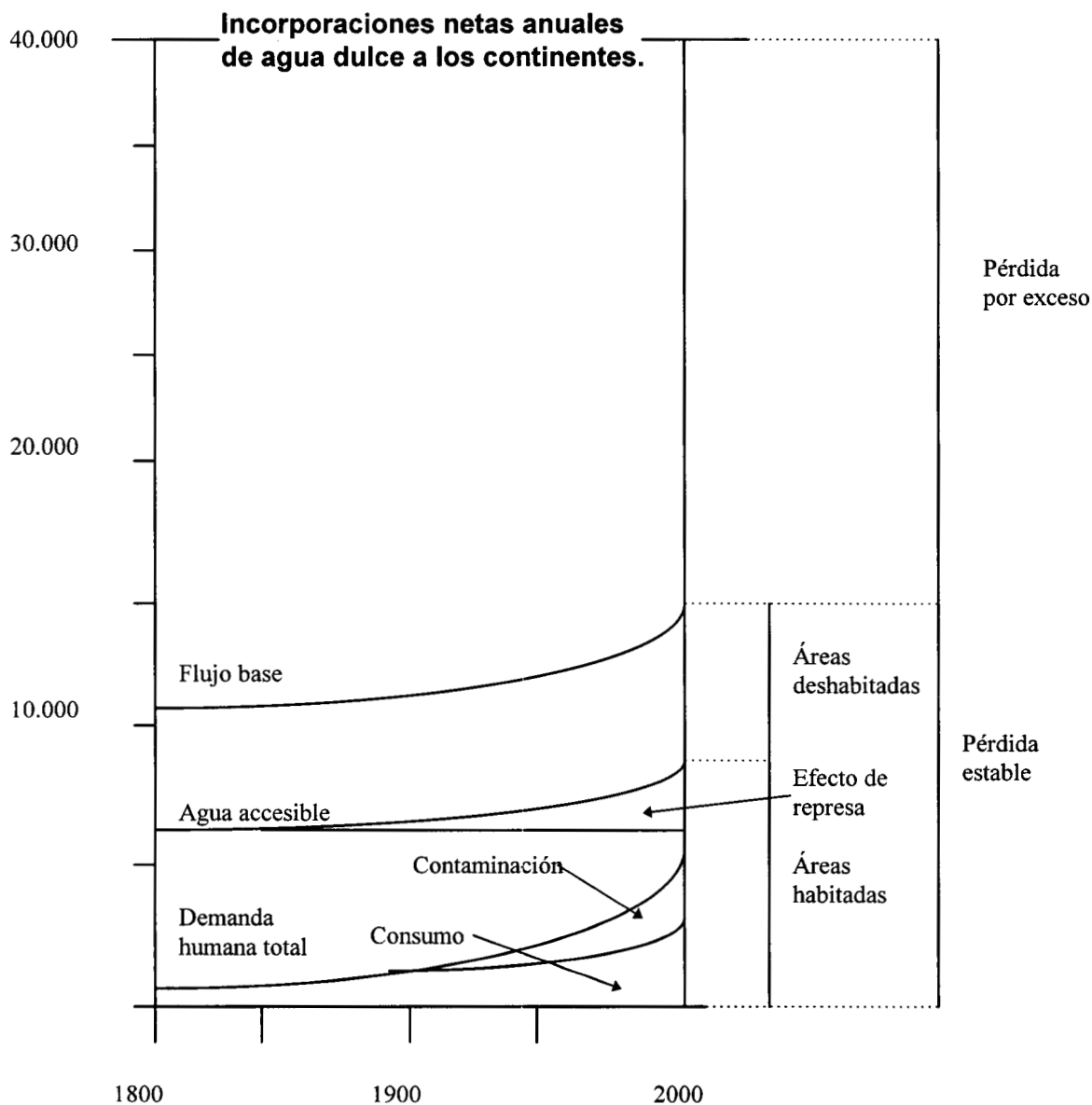
El límite físico de la dotación de agua para propósitos humanos está dado por el agua dulce disponible. Y, en última instancia, por la dotación de ríos, lagos y arroyos del mundo. Éste, es, en efecto, el flujo renovable de donde la economía humana toma todos los insumos de agua fresca.

Se trata de una colosal masa de aproximadamente 40 000 km³ al año. Si se toma en cuenta que la humanidad utiliza sólo 3 500 km³ su límite parecería remoto. Pero el hecho es que este recurso no puede ser utilizado en todo su potencial y está irregularmente distribuido en el mundo. Por lo pronto, no hay forma posible de almacenar semejante cantidad de agua. Esto hace que por lo menos 28 000

Km^3 fluyan cada año hacia los océanos. Esto sólo deja unos $12\,000\text{ km}^3$ que pueden ser contabilizados como un recurso disponible. Pero su distribución irregular hace descender esta disponibilidad a sólo $7\,000\text{ km}^3$ al año.

El desperdicio, la contaminación de cuerpos superficiales y mantos subterráneos, juegan aquí un papel crucial. Como demuestra la **Figura 2**.

Figura 2. Los recursos de agua dulce.



3. *Los recursos forestales.*

Antes de que la especie humana inventaran la agricultura había unos 6 000 millones de hectáreas de bosques sobre la tierra. Ahora quedan unos 4 000 millones y sólo 1 500 millones son de bosques primarios inalterados. La mitad de esta pérdida forestal ocurrió entre 1950 y 1990.

En los trópicos se ha perdido la mitad de la capa forestal. En 1980, la **FAO** estimó la pérdida en 11,4 millones de hectáreas al año. A mediados de los 80 esa cifra había subido a 20 millones de hectáreas anuales.

¿Cuál es el futuro de los bosques tropicales?. Se pueden manejar varias hipótesis. Si la tasa de deforestación crece en forma exponencial, digamos que a la tasa de crecimiento de la población en las regiones tropicales, los bosques se extinguirán en 30 años. Si la tasa de deforestación se mantiene en 17 millones de hectáreas anuales, los bosques se acabarán en aproximadamente 47 años.

LOS RECURSOS NO RENOVABLES

1. *Los combustibles fósiles.*

Los insumos totales de la economía humana han crecido entre 1860 y 1985 por un factor de 60. La mayor parte de éste consumo se efectúa en los países industrializados. El promedio europeo utiliza entre 10 y 30 veces más energía comercial que la población promedio en un país pobre, y el promedio estadounidense usa 40 veces más.

Entre 1970 y 1990 la economía mundial quemó 450 000 millones de barriles de petróleo, 90 000 millones de toneladas de carbón, 1.1 billones de metros cúbicos de gas natural.

Los combustibles fósiles son fuentes no renovables. Cuando se consumen, se queman y se convierten en dióxido de carbono, vapor de agua, dióxido de azufre y otros numerosos productos que no vuelven a combinarse - en el tiempo humano -, para reconstruir nuevos combustibles fósiles. En el lugar de ello constituyen desperdicios y elementos contaminantes que entran a los sumideros planetarios.

Todos estos datos nos plantean una cuestión de fondo: la economía humana no está utilizando los recursos y sumideros de la *tierra* en una forma sostenible. De allí la extrema urgencia de afrontar este problema con las herramientas analíticas desarrolladas por la ***economía de los recursos naturales***.

La economía de los recursos naturales plantea tres estrategias para alcanzar un uso sostenible de los recursos naturales de la ***tierra***:

1. *Para una fuente renovable - tierra, agua, bosques, peces - el ritmo o tasa sostenible de explotación no puede ser mayor que la tasa de su regeneración.*
2. *Para una fuente no renovable - combustibles fósiles, elementos minerales de alta pureza, etc. -, la tasa sostenible de explotación o uso no puede ser mayor que la tasa a la cual una fuente renovable, usada en forma sostenible, puede sustituir a la fuente no renovable. Es el caso del petróleo con respecto a los recursos energéticos renovables como la energía solar, el viento y la biomasa.*
3. *Para un elemento contaminante la tasa sostenible de emisión no puede ser mayor que la tasa a la cual el elemento contaminante puede ser reciclado, absorbido o esterilizado por el medio ambiente.*

Bajo estas premisas, la construcción de una sociedad sustentable tiene que ver con la aplicación de medidas que permitan a la economía humana mantenerse dentro de los límites de sustentabilidad del planeta.

Es aquí donde la economía de los recursos naturales juega un papel de extrema importancia. Porque su objetivo principal radica en dotar a la economía

de una serie de herramientas analíticas y de planificación que permitan mantenerla dentro de los límites biofísicos de la tierra.

Tanto por el lado del aprovechamiento de los recursos como por el lado de la generación de desechos tóxicos.

El presente trabajo se inscribe dentro de esta preocupación. En el primer capítulo aborda el problema de los recursos naturales renovables exponiendo el instrumental analítico utilizado en el caso de las pesquerías. Discute los conceptos de tasas de explotación, la cuestión de los costos e ingresos y plantea el problema de la extinción de especies y de los accesos abiertos, para, finalmente, abordar las causas económicas de la extinción. El segundo capítulo trata del caso de los recursos no renovables. Plantea el problema de la escasez y finitud de tales recursos. Discute una tipología de escasez y algunos índices de escasez así como las estrategias de la economía para enfrentar la escasez mediante el reciclaje y la sustitución. El capítulo IV, ofrece algunos modelos económicos de uso de los recursos, con la intención de exponer y discutir la aplicabilidad de las herramientas analíticas expuestas anteriormente.

PARTE 1

CAPITULO I

LOS RECURSOS RENOVABLES

Entraremos en conceptos particularmente importantes en el estudio de la economía de los recursos naturales renovables. Análisis y herramientas del economista que se adaptan al análisis de los recursos renovables, y al uso óptimo de los recursos.

1.1 CURVAS DE CRECIMIENTO

Considere una sola especie de pescado: sus stocks pueden presentar crecimientos a través del tiempo como se ven en la **Figura 1**, en la curva se ve que es una función logística: a niveles inferiores del stock los peces se multiplican, pero como ellos empiezan a competir por los suministros de alimentos su tasa de crecimiento decrece y se vuelve más lenta y eventualmente el stock converge en algún nivel máximo X_{MAX} , es la capacidad de carga del ecosistema para esta especie. Nótese la curva, empieza en X_{MIN} : este es *un nivel mínimo crítico de la población*. Si la cantidad de peces desciende por abajo de este nivel, la especie va en camino de su extinción (X_{cero}).

Un concepto biológico importante es el del *crecimiento natural neto de la población de peces*, que es un crecimiento natural en la biomasa de la población íctica entre dos momentos. El crecimiento natural neto es igual al reclutamiento (nuevos juveniles que se incorporan a la población), más el crecimiento individual de los peces que ya están en la población, menos la mortalidad natural. El crecimiento de la población es importante porque representa la cantidad de pescado que puede capturarse sobre una base sostenida sin que se vea afectada la población. La *captura sostenida* es la cantidad de pescado expresado en peso de biomasa que puede ser capturado un año tras otro sin que se produzca ninguna variación en la intensidad de la pesca.

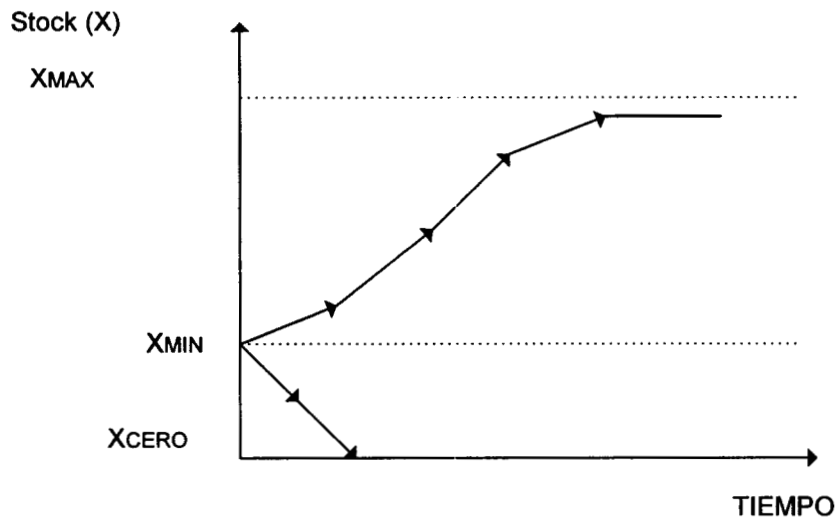


Figura 1 Curva de crecimiento logístico de un recurso renovable.

La **Figura 2**, nos da una información similar sólo que ahora la tasa de crecimiento del recurso X , está en el eje vertical y el nivel de stock, X , en el eje horizontal. La notación sobre el eje X , es "el nivel de cambio en X con respecto al tiempo". Para comodidad de la exposición la Figura 2 ignora el segmento de la curva de la Figura 1 entre X_{MIN} y X_{ZERO} , por ahora asumimos que no hay un mínimo crítico del tamaño de la población.

El análisis llega a ser mucho más complejo si introducimos los tamaños críticos mínimos. La Figura 2 nos dice que la tasa de crecimiento del stock del recurso es positiva al principio, alcanzando un máximo y entonces empieza a declinar cuando se obtiene el máximo stock.

Si dejamos el recurso crecerá y crecerá en términos de su biomasa total hasta que alcance la capacidad de carga de su medio ambiente a X_{MAX} .

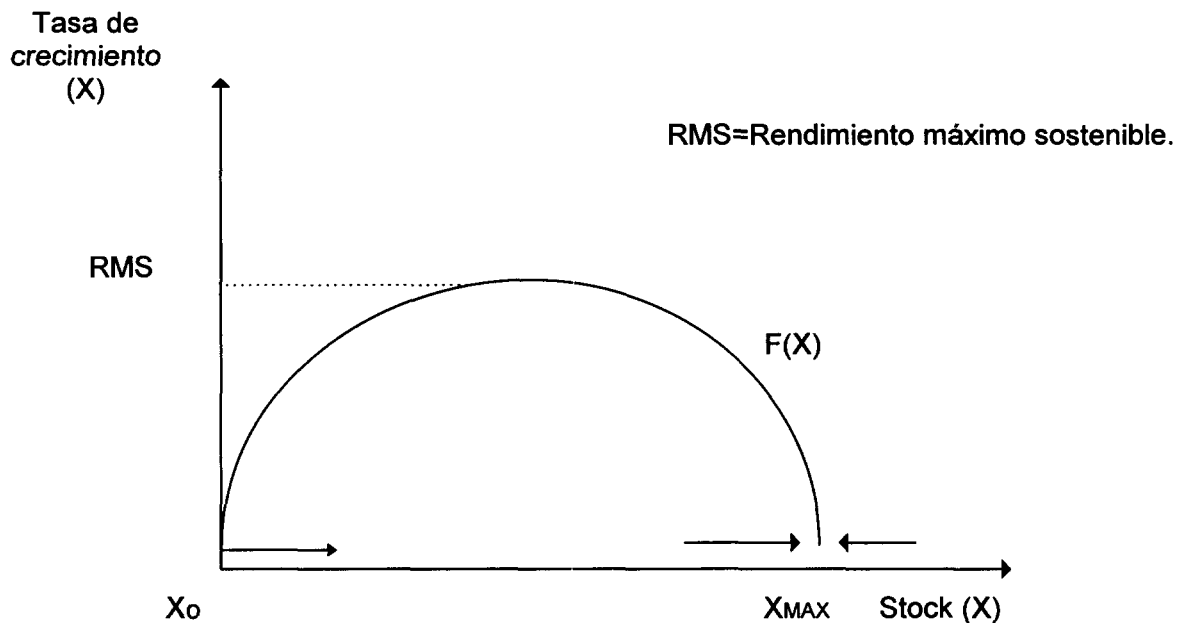


Figura 2 Curva de crecimiento de compensación pura.

La Figura 2 nos permite identificar un concepto ampliamente utilizado. Este es el **Rendimiento Máximo Sostenible** (RMS) indica el punto donde pueden capturar la mayor cantidad de un recurso de manera sostenida por un largo periodo, o permanecer en ese nivel si no ocurren cambios significativos en el nivel de esfuerzo y el tamaño de la población, el cual ocurre cuando la tasa de crecimiento del recurso alcanza un máximo. El atractivo de RMS es obvio: si cosechamos el recurso renovable, de manera que tomemos el RMS del stock, se regenerará a sí mismo y podemos tomar otra vez el RMS a través del tiempo, y así sucesivamente. Note que ello solo puede pasar si dejamos al renovar el recurso. Si toma un año para regenerarse, RMS puede tomarse cada año. Si toma 20 años, debemos solo tomar a RMS cada 20 años (En la práctica es más complejo porque la población será de

diferentes edades, pero la idea básica es correcta). *Pero el RMS es lo más que podemos tomar del recurso sobre una base sostenible sin reducir su stock a largo plazo.*

Es de esta manera muy atractiva la idea de poner nuestro índice de cosecha igual al RMS : el recurso sobrevive “por siempre” y cosechamos el máximo de él en cada periodo.

Otros dos conceptos particularmente importantes son el **Rendimiento Económico Máximo** y el **Rendimiento Social Máximo** . El primero indica el tamaño del esfuerzo a aplicar en la obtención de un recurso si se quiere tener tanto una ganancia total alta, como una ganancia alta por unidad de esfuerzo. El segundo concepto debe de entenderse como la obtención de una alta producción con una mínima cantidad de recursos, y cuyos excedentes económicos sean distribuidos entre todos los participantes dentro de la empresa que los genera.

1.2 TASAS DE EXPLOTACION

Podemos ahora introducir el concepto de la tasa ó nivel de explotación o cosecha del recurso. La hipótesis sencilla al uso es el del *esfuerzo*, E (éste concepto incluye todos los insumos necesarios para llevar a cabo la obtención del recurso), gastado en la cosecha, que es igual a la razón de la cosecha actual, H, entre el stock, X . Esto es:

$$E = H / X \quad (1.2.1)$$

que es el mayor esfuerzo, o la mayor proporción del stock que podría cosecharse. Podemos reescribir la ecuación (1.2.1) como sigue:

$$H = EX \quad (1.2.2)$$

Entonces nuestra tasa o nivel de cosecha puede ser visto en nuestro diagrama básico. Esto es dado en la Figura 3, la cual muestra ahora la elección de nivel de esfuerzo que determinará la cosecha y el nivel de stock, donde EX es justamente igual al nivel o tasa de crecimiento del recurso. Esto en la cosecha H^* y el stock X^* . Cualquier nivel de cosecha a

lo largo de la línea EX , a la derecha de X^* significará que esa cosecha es más grande que el rendimiento sostenible X y el stock decrecerá. Un nivel de cosecha a lo largo de la línea EX , a la izquierda de X^* es menor que el rendimiento que permite su regeneración, y el stock crecerá.

Note que la H^* no es el *Rendimiento Máximo Sostenible*, pero podemos fácilmente introducir una política que nos indique el esfuerzo que pudiera cambiarse, de tal modo que podamos tomar o disponer del RMS. En este caso, E , se convierte en el instrumento de manejo y la tasa o nivel de cosecha esta situada igual a $E'X$ como se ve en la **Figura 3**.

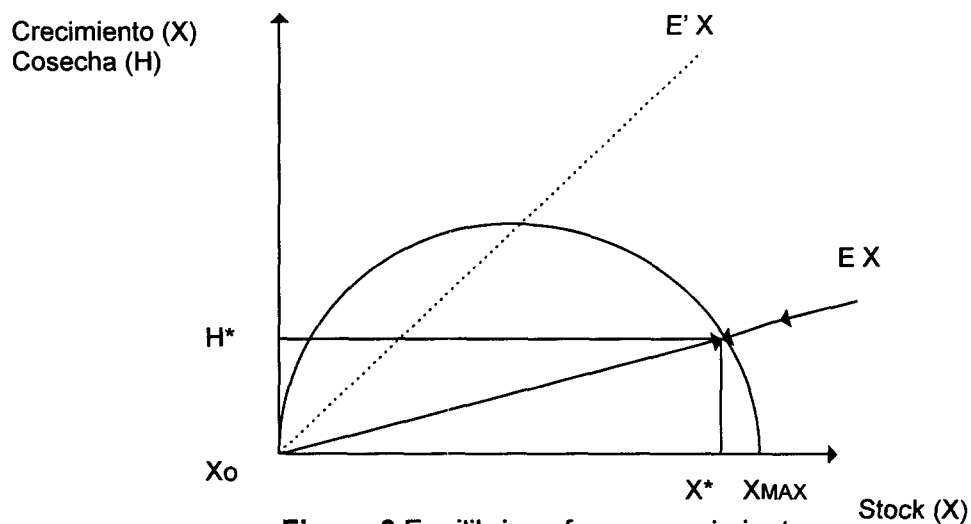


Figura 3 Equilibrio esfuerzo-crecimiento

En el estudio de la pesca el *nivel de esfuerzo* es importante, porque es el principal parámetro que el hombre puede controlar.

De esta manera introduciendo el concepto el nivel de esfuerzo nos ayuda a determinar la cosecha y el nivel de stock pero no nos dice o indica nada todavía acerca del nivel deseable de explotación. Para ello necesitamos algunos conceptos de costos e ingresos.

1.3 COSTOS E INGRESOS

Para introducir los costos y los ingresos necesitamos transformar la Figura 3 a una que nos muestre la interrelación entre la cosecha o rendimiento y el nivel de esfuerzo. La **Figura 4** nos muestra como se realiza esto.

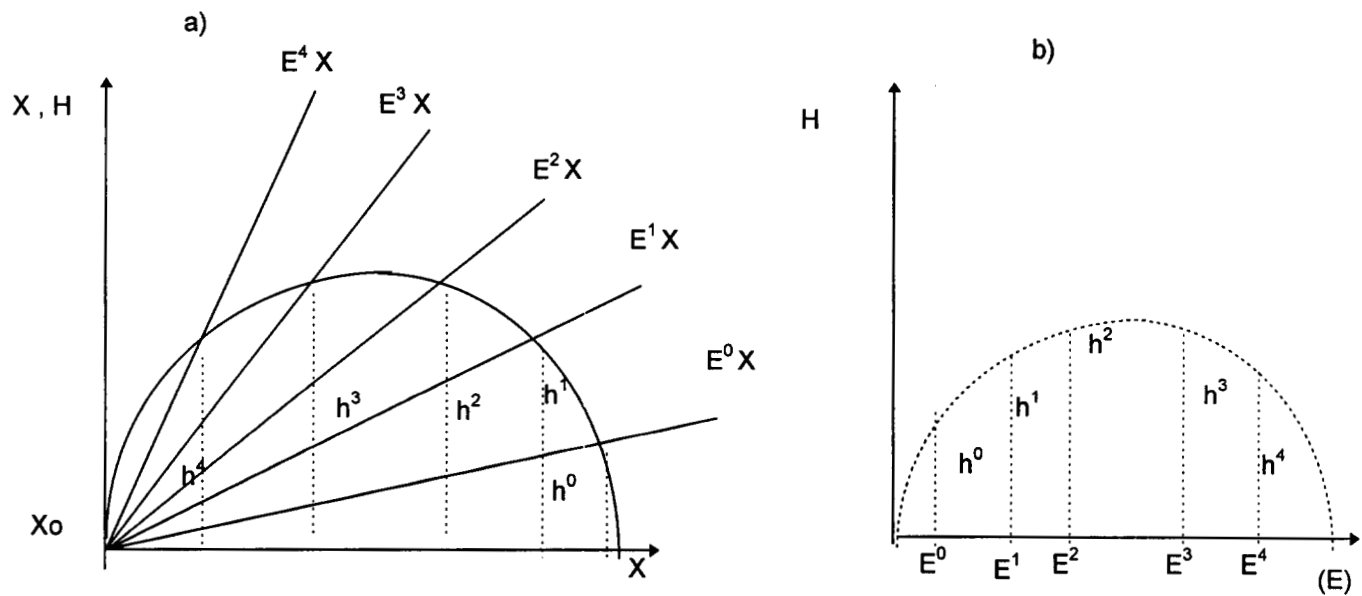


Figura 4 Funciones esfuerzo-crecimiento a esfuerzo-cosecha

En la Figura 4 se ven varios niveles de equilibrio para varios grados de esfuerzo donde $E^4 > E^3 > E^2 > E^1 > E^0$ (E es la inclinación o pendiente de la línea EX).

La cosecha o rendimiento de cada nivel de esfuerzo de equilibrio, se presentan como h^0 , h^1 , etc. Se observa que el rendimiento de la Figura 4a, aparece como una imagen reflejada en la Figura 4b. X_{MAX} corresponde al esfuerzo cero, X_0 a E .

Ahora la curva de esfuerzo-cosecha es fácilmente trasladada a costos e ingresos. Si asumimos ese esfuerzo es solo el factor de la producción incluida, entonces el costo total, CT , será igual al nivel de esfuerzo multiplicado por el precio de esfuerzo, el índice predominante del sueldo, W . Para simplificar asumiremos el sueldo como constante; escribimos:

$$CT = WE \quad (1.3.1)$$

Asumiremos ese precio del producto cosechado como constante a P . Por lo tanto el ingreso total, IT , de la cosecha será;

$$IT = PH \quad (1.3.2)$$

La **Figura 5** muestra las curvas del ingreso total y costo total. La razón de conocer tanto los costos totales como los ingresos totales es porque nos brindan la posibilidad de conocer la realidad económica de una unidad de pesca, una industria o una granja. Puesto que P y W se asumen constantes la curva de ingreso total en la Figura 5 tiene la misma forma como la Figura 4a.

La función del costo total es lineal y su pendiente constante es la tasa de sueldo o salario o "precio por unidad de esfuerzo".

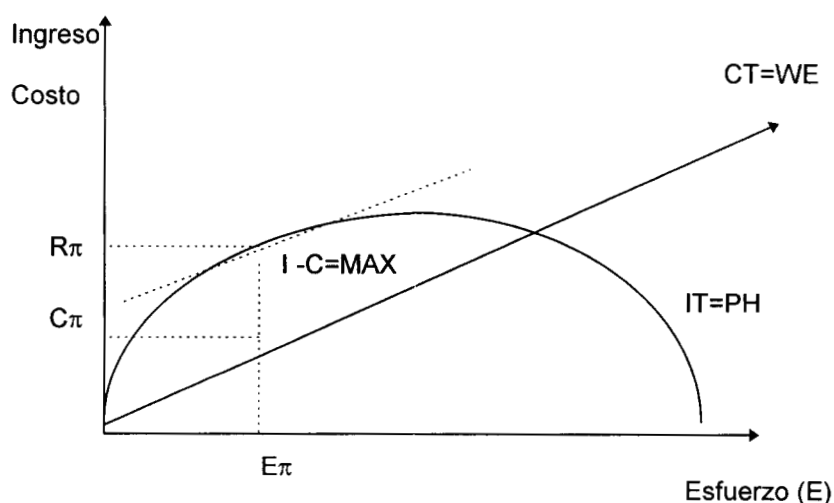


FIGURA 5 Maximización de beneficios.

Ahora la producción tiene sus curvas de costos e ingresos que pueden sobreponerse, y encontrar a qué nivel de esfuerzo los ingresos exceden a sus costos por un monto máximo.

$I-C=MAX$, maximización del beneficio. El beneficio se maximiza cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal. Los costos marginales son los que resultan al producir o capturar una unidad más, de tal manera que su representación algebraica sería: $CMA = IT - CT$.

Dos posibles equilibrio vemos en la Figura 5. Si el recurso renovable se puede tomar bajo un solo propietario , o una unión de propietarios, de tal modo que los usuarios actúen colectivamente , es razonable suponer que el recurso será manejado de tal manera que se maximicen las utilidades.

En la Figura 5 es donde $IT - CT$ es maximizado, el costo marginal esta dado por la inclinación de la curva CT, o WE. El ingreso marginal es dado por la inclinación de la curva de IT.

Aquí se hacen varias observaciones acerca del equilibrio:

1. A menos que los propietarios del recurso puedan protegerse de nuevos participantes manteniéndolos fuera del aprovechamiento del recurso, el beneficio será disipado tan pronto como entren los nuevos participantes. Como vemos esto pasará si los derechos de propiedad no están bien definidos.
2. El equilibrio de los beneficios maximizados no coinciden con el RMS, la máxima cosecha sostenible. En nuestro diagrama el stock es actualmente mayor que el correspondiente al RMS puesto que E_{benef} esta a la izquierda del nivel de esfuerzo correspondiente a RMS. En ausencia de información acerca de las externalidades, beneficios individuales y beneficios sociales pueden asumirse como la misma cosa. Por lo tanto RMS no parece ser una práctica de manejo socialmente deseable.
3. Claramente , el precio del esfuerzo (salarios o sueldos en nuestro ejemplo) podrá ser tan alto como para producir una solución de beneficio maximizado cercana al stock máximo

o tan alta que ninguna explotación tenga lugar (CT puede estar por encima de IT en todos los puntos). En el otro extremo, si el esfuerzo es menos costoso, $W=0$, y la curva de costo total coincidirá con el eje horizontal y el RMS coincidirá con la maximización de beneficios.

4. La maximización de beneficios, en este ejemplo, no conduce a la extinción de las especies, contrariamente a la observación común acerca de la incompatibilidad de la creación de beneficios y conservación de algunos observadores de la práctica del manejo ambiental.
5. Ninguno de los comentarios hace alusión al papel del *tiempo*.

Soluciones de accesos abiertos y propiedad común

En la discusión de la solución de la maximización de beneficios observamos que la existencia de beneficios atraerá nuevos usuarios. Podemos observar que los nuevos usuarios no pueden saber si el recurso es enteramente de un sólo propietario.

De cualquier modo, mientras es común creer que los derechos de propiedad común de los bosques y la pesca en ríos, la propiedad privada no es típica de los grandes bosques o de la pesca marina. En su lugar podemos manejar la propiedad territorial - como las aguas territoriales - con accesos libres. Y para una gran especie de interés - por ejemplo las ballenas -: el mar puede ser simplemente *una propiedad común internacional*. ¿ Que pasa en estos casos?.

En uno u otro caso podemos obtener la solución de "accesos abiertos". Los beneficios normales se hacen con algún recurso explotado que irá fuera de los negocios (IT es menor que CT). Si los beneficios anormales son ganados (IT es más grande que CT), nuevos usuarios vendrán y la solución será en E_{OA} , con un nivel de cosecha H_{OA} , como se ve en la Figura 6. El equilibrio es donde los beneficios son disipados y cada recurso explotado es un solo beneficio normal seguro.

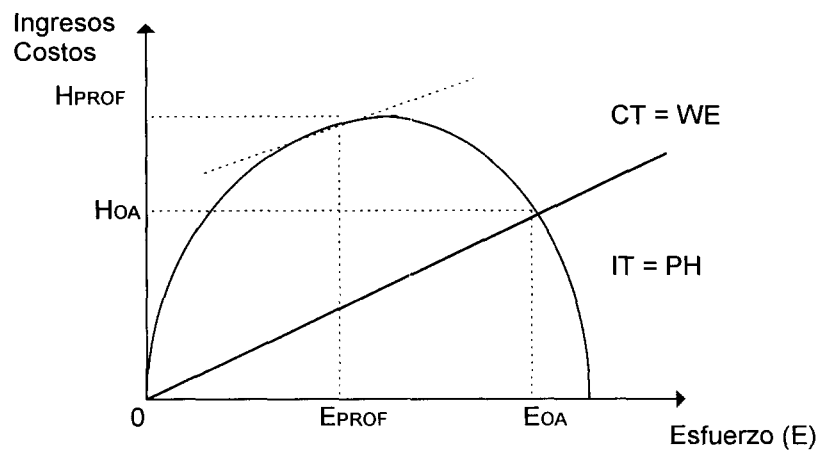


FIGURA 6 Maximización de beneficios y equilibrio en accesos abiertos

El camino en el cual los efectos del sobrederrame de un grupo de u otro, puede ser aceptado en economía vía la introducción de externalidades en el análisis. Por ejemplo, si los conservacionistas prefieren stocks grandes o pequeños, sus utilidades o pérdidas serán relacionadas con la diferencia entre el stock máximo posible (el equilibrio natural o la capacidad transmitida) y el stock actual del resultado de la actividad. Podemos escribir:

$$-U_c = f(X_{\text{MAX}} - X_E) \quad (1.3.3)$$

donde $-U_c$ es la pérdida de utilidad de los conservacionistas y X_E se refiere a varios niveles de equilibrio del stock.

Las observaciones acerca de la solución de accesos abiertos son obvias:

1. El stock es menor que el asociado con la maximización de beneficios, y el nivel de la cosecha es inferior.
2. El acceso abierto no coincide con el RMS, a menos por el cambio, CT divide al IT, en el máximo.
3. Los accesos abiertos generalmente no conduce a la extinción de la especie, contrariamente a los argumentos de algunos ambientalistas de que los recursos de accesos abiertos se encuentran o están inevitablemente condenados.

Es importante distinguir entre equilibrio de acceso abierto y equilibrio de propiedad común. Un acceso abierto quiere decir que los recursos son abiertos a todos, no hay un límite a la entrada de usuarios. Un recurso de propiedad común, es propiedad de algún grupo definido de gentes, una comunidad, una nación.

La solución de maximización de beneficios puede solo ser óptimo en el sentido social si las preferencias de los conservacionistas implica cero "*valor de preservación*" por el recurso.

La adición de las externalidades en el análisis sugiere lo siguiente:

1. El stock óptimo será alto cuando la meta es la maximización de beneficios neto comparado con la simple maximización de beneficios.
2. Si los costos externos son muy grandes, el recurso será óptimamente manejado si por sí sólo alcanza su equilibrio natural.
3. La introducción de los costos sociales no confiere atracción particular a la deseabilidad social de los niveles de stock correspondiente a RMS.

1.4 LA EXTINCION DE ESPECIES

1.4.1 EL PROBLEMA DE LA EXTINCION

Gran parte de la literatura sobre economía de los recursos renovables esta interesada en la pesca y los bosques. El peligro de la extinción de especies se aplica a los recursos cosechados: vemos que cualquier recurso con un tamaño significativo crítico enfrenta una perspectiva real de extinción, particularmente si el recurso está sujeto a una cosecha de “*accesos abiertos*”. Por otra parte, cualquier recurso estará en riesgo de extinción si la condición de “estado-estable” no se reúne. Por ejemplo si los índices de cosecha exceden los índices de reproducción. El hecho de la existencia de este principio operativo no constituye una garantía contra la miopía o ignorancia de la capacidad reproductiva de un recurso. En tercer lugar, altas tasas de descuento amenazan los recursos, particularmente a las especies de lenta tasa de reproducción, tales como las ballenas. En este apartado se investigará el fenómeno en detalle.

A fines de la década de los 80 se estimaba que en el mundo se perdían unas mil especies cada año, y era probable que este nivel de pérdida podría elevarse a 10,000 por año para 1990.

Si estas estimaciones son correctas, un millón de especies desaparecerán para el año 2000, de un total global de 5-10 millones, lo que representará una pérdida de 10 a 20%. La extinción de especies, se está llevando acabo a tasas sin precedentes.

La extinción de especies ocurre por, (a) una explotación de un rango no estable y (b) por la destrucción de hábitat o modificación de los mismos. De las dos causas la última es la más importante e incluye el drenaje de tierras húmedas, destrucción de bosques tropicales, inundaciones de áreas silvestres, los efectos de la contaminación en la fauna y la introducción de especies exóticas en ambientes ecológicamente estables. La **Tabla 1.4.1** ilustra algunas estadísticas de especies en peligro de extinción.

Tabla 1.4.1 Población mundial seleccionada, especies en peligro y amenazadas, 1947-83

AÑO	Elefante Africano	Rinoceronte negro^a	Tortuga marina^b	Gorila de la montaña	León dorado	Kestrel de Mauricio	Tigre de Bengala^c
1947			40,000				
1960				450			
1968					600		
1969		90,000					
1970	5,000,000				400		
1972							1,827
1973						6	
1975					250		
1977						13	2,484
1978				200		19	
1979	1,300,000	15,000	750				
1982	1,300,000	15,000		300	200	15	2,000
1983	1,300,000	15,000	1,500-1,600	300	200		2,000

FUENTE: (US) Council on Environmental Quality, Environmental Quality 1983, Washington DC.

^a Incluye solo los de Kenya y Tanzania

^b Remite a los nidos de las hembras

^c Incluye solo los de la India

La **Tabla 1.4.2** nos muestra lo que ha pasado con la captura de las ballenas desde 1920 y revela cómo el hombre es directamente responsable del declive dramático en los stocks de las ballenas azules, jorobada, con aletas y Sei.

Tabla 1.4.2 Abundancia de ballenas y captura, por especie. 1920-80.

Abundancia de ballenas	Azul	Jorobada	Fin	Sei	Cachalote	Gris	Minke	Total
Stock virgen (miles)	215	50	448	200	922	11	361	220
Stock de 1970	13	7	101	76	641	11	325	1174
Porcentaje del Stock Virgen restante	6	14	22	38	69	100	90	53
Captura mundial, por año								
1920	2274	545	4946	1120	749	nd	nd	9634
1925	7548	3342	9121	1093	1439	nd	nd	22543
1930	19079	1919	14281	841	1126	nd	nd	37246
1935	16834	4088	14078	962	2238	nd	nd	38200
1940	11559	528	19924	541	4091	nd	nd	36643
1945	1111	303	2653	218	1661	nd	nd	5946
1950	6313	5063	22902	2471	8183	nd	nd	44932
1955	2495	2713	32185	1940	15594	nd	nd	54927
1960	1465	3576	31064	7035	20344	nd	nd	63484
1965	613	452	12351	25454	25548	nd	nd	64418
1970	0	0	5057	11195	25842	nd	4539	46633
1975	0	17	1634	4975	21045	nd	11221	38892
1976	0	11	785	1866	17134	nd	10176	29972
1977	0	14	155	2179	12279	nd	12398	27025
1978	0	32	650	634	10274	nd	9018	20608
1979	0	19	743	150	8536	nd	9900	20449
1980	0	16	472	102	2091	nd	11709	15129

FUENTE:(US) Council on Environmental Quality, Environmental Quality 1983, Washington ,DC.

n.d. No disponible

Aquí hay buenas razones para plantear el problema en términos de una ética centrada en el hombre y que no le confiere derechos sobre otras especies.

A continuación algunos argumentos relevantes en este sentido:

1. Para mucha gente las especies generan beneficios directos.
2. Muchos medicamentos en el presente se derivan directamente de plantas silvestres. Dos especies de ñame de los bosques en México y Guatemala nos dan los materiales básicos para la cortisona y el primer antiséptico oral.
3. Las plantas silvestres son críticas en términos de diversidad genética. Tal diversidad es crítica para la base de alimentación de vegetales.
4. Las especies vivas también tienen la función de "soporte de la vida" para el género humano. Algunas de estas funciones son entendidas, y sin duda, pueden ser sustituidas. La contaminación atmosférica puede eliminarse, operando sobre sus fuentes, pero a un costo elevado. Pero muchas otras funciones de soporte de la vida no son entendidas. Puede ser posible eliminar muchas especies y sus hábitats sin ninguna amenaza para el soporte de la vida del género humano. El problema es que no sabemos cuan lejos podemos ir en este proceso. En un momento de incertidumbres no es racional obrar como si no hubiera límites a este proceso.
5. Las especies vivas también sirven para propósitos científicos, dando pistas a los procesos evolutivos, y como enlaces entre hábitats y formas de vida.

1.4.2 ACCESOS ABIERTOS Y EXTINCIÓN

Los accesos abiertos significan incrementar el riesgo de la extinción de especies. Una ecuación básica que describe el crecimiento de la población $F(X)$ es la ecuación logística o modelo Verhulst. Tal ecuación toma la forma de

$$dx/dt = F(X) r X (1 - X/K) \quad (1.4.2.1)$$

donde K es la capacidad de carga y r es el crecimiento proporcional neto de la población. Deduciendo el nivel de cosecha y haciendo el nivel de cosecha igual a el crecimiento de la población da

$$dX/dt = rX(1-X/K) - EX = 0 \quad (1.4.2.2)$$

Esta ecuación logística describe el componente *biológico* de un modelo de reproducción del uso del recurso.

Si postulamos accesos abiertos entonces el apartado anterior nos sugiere que el componente *económico* del modelo es dado por

$$IT-CT = PEX-CE = 0 \quad (1.4.2.3)$$

De (1.4.2.3) vemos inmediatamente que

$$X^* = C/P \quad (1.4.2.4)$$

donde X^* es el equilibrio de la población. Substituyendo (1.4.2.4) en ecuación (1.4.2.2) tenemos

$$E = r(1-C/PK) \quad (1.4.2.5)$$

De (1.4.2.5) vemos que si $C > PK$, entonces $E > 0$, el recurso no es explotado del todo. Los altos costos de explotación preservan el recurso. Pero a la inversa, costos bajos, probablemente hacen al recurso que se extinga. En el limite, por ejemplo, la ecuación (1.4.2.4) nos dice que si $C=0$, entonces $X=0$, la población es cero. En general mientras más baja sea la tasa de costos a precios (C/P) más bajo es el tamaño de la población bajo condiciones de acceso abierto si los precios exceden a los costos a niveles bajos de población, la extinción tiene posibilidades distintas en condiciones de acceso abierto.

La “*tragedia de los comunes*” no es del todo un resultado necesario de propiedad común a acceso común, pero, la comunalidad, es una condición potencialmente peligrosa para las especies vivas.

1.4.3 MAXIMIZACION DE UTILIDADES Y EXTINCIÓN

Ahora consideremos el caso donde un solo propietario busca la maximización del valor presente de sus utilidades.

$$F'(X) = -(C'(X)F(X)/P - C(X)) = s \quad (1.4.3.1)$$

Si $C'(X) = 0$, costos de unidad de cosecha, no dependen del tamaño del stock, la solución se convierte en

$$F'(X) = s \quad (1.4.3.2)$$

La tasa de crecimiento del stock es igual a la tasa de descuento. Si $s > F'(X)$ el propietario del recurso tiene el incentivo de reducir el stock a cero puesto que su tasa de retorno sobre los acervos es menor que el costo de oportunidad del capital. En este sentido de maximización de utilidades, la extinción es “óptima”. En ausencia de alguna externalidad la extinción también parece ser *socialmente* óptima. Estos resultados sugieren que las externalidades son importantes en el análisis.

Los costos dependen en el tamaño del stock, ecuación (1.4.3.1) puede escribirse

$$F'(X) + (U'(X)/U'(Y)) = s \quad (1.4.3.3)$$

donde el lado izquierdo de la ecuación es ahora la tasa neta de retorno del acervo.

Para un recurso restaurado $U'(X) > 0$, un incremento en el stock ahora reduce el costo futuro. La ecuación (1.4.3.3) de esta manera incorpora efectivamente una forma de externalidad - una externalidad a través del tiempo.

Si las reducciones de costos benefician a las generaciones siguientes tenemos un ejemplo de **externalidad intergeneracional**.

1.4.4 ¿POR QUE PUEDE OCURRIR LA EXTINCION ?

Primero, muchas especies pueden ser cosechadas a un costo extremadamente bajo. El elefante es un ejemplo obvio. Un 80% del suministro de marfil proviene de la caza ilegal. La condición $P > C(X)$ cuando X es muy bajo se satisface.

Segundo, la tasa de descuento de los cazadores tiende a ser alta. La condición $s > F'(X)$ por lo tanto tiende a ser satisfecha: los cazadores furtivos no tienen incentivos al freno de sus niveles de matanza a preservar especies para una selección futura. La primera y segunda condición constituyen un poderoso incentivo para la extinción.

Tercero, las condiciones de propiedad común y accesos abiertos incrementan la probabilidad de extinción.

Otras tres características más de esas condiciones son importantes:

1. La cosecha de unas especies puede conducir a la extinción de especies separadas que pasan a ser las víctimas incidentales de las políticas deliberadas de cosecha.
2. Para un gran numero de especies, el mercado, o el precio percibido es cero, o en la base de los niveles derivados previamente, casi cero. Mientras los precios cero podrían favorecer la conservación (nadie se manifestaría en matarlos) lo que sucede es que el hábitat tiene un valor positivo. Un bosque tropical es eliminado por el valor de la madera o el de la tierra para el cultivo.
3. Como muchas especies son eliminadas, los predadores que requieren de sus presas como alimento también serán eliminados.

Aquí hay una interesante variante sobre el precio cero - ejemplo de destrucción de hábitats, la población del cóndor de California es de un tamaño mínimo crítico (alrededor de cuarenta pareja en 1980). Los costos sociales de preservación en gran parte comprenden el petróleo y el fosfato, que no pueden ser explotados porque el cóndor está protegido. Todavía el petróleo tiene un valor real en crecimiento a través del tiempo: su tasa de precio real puede incrementarse excediendo la tasa de descuento. Si es así, el cóndor es obra de consumo de energía a favor por el cuidado del petróleo en la tierra. Hay sospechas de que la tasa de descuento de las compañías petroleras exceden el precio real del petróleo, de cualquier modo, los conservacionistas tendrán un gran horizonte de tiempo que las compañías petroleras - el "petróleo de conservación" argumenta solo trabajos de cortos plazos: después de esto, las compañías petroleras suelen perder la paciencia. Los precios referidos en los párrafos precedentes son los precios de explotación del recurso.

No podemos agregar dos precios- uno es el precio para la cosecha del recurso, el otro es un precio para la no cosecha. Esencialmente tenemos un problema de externalidad: el precio recibido por el ballenero, por ejemplo, fracasará reflejando un precio negativo, el costo de los que desean preservar las ballenas. Vemos que estos casos tiene un conflicto de valores.

En esencia, es un conflicto entre "desarrollo" y preservación. Podemos abarcar muchas cosas en los términos de desarrollo - ello parece ser la destrucción o modificación de hábitats para la agricultura, el desarrollo industrial, la energía (especialmente hidroeléctrica), comercio forestal e infraestructura social (carreteras, viviendas, etc.) o la explotación de un recurso para propósitos comerciales (aceites y carnes de ballena, pescados, bosques).

CAPITULO II

LOS RECURSOS AGOTABLES

2.1 INTRODUCCION

En el capítulo precedente hemos anotado que siempre que se restringiera a ser menor que, o igual al rendimiento sostenible, el stock del recurso no debería reducirse. De esta manera hablamos del nivel óptimo del uso del recurso. Con respecto a los recursos agotables, no podemos hablar de un rendimiento sostenible.

El recurso se agotará a la larga, como sea su tasa de uso, en tanto que la cosecha sea positiva. Por lo tanto necesitamos reexpresar la cuestión en este contexto: necesitamos conocer la tasa óptima al cual se *agotará* el recurso.

2.2 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE USO

En el capítulo 1 vimos que la regla básica para utilizar un recurso renovable con el menor costo de extracción era:

$$F'(X) + P/P = s \quad (2.2.1)$$

Para un recurso agotable no hay una función de crecimiento, el recurso tiene un tamaño fijo. Por lo tanto $F'(X) = 0$. Modificando la ecuación (2.2.1) por consiguiente obtenemos :

$$P/P = s \quad (2.2.2)$$

La ecuación (2.2.2) es *el principio económico fundamental del uso de los recursos agotables*. Es decir el recurso debería agotarse en el momento en que la tasa de crecimiento del precio del recurso extraído sea igual a la tasa de descuento. Note que esta regla se aplica sólo en el más simple de los casos: por ejemplo , cuando asumimos como cero los costos de extracción, de tal modo que el precio del recurso extraído es el mismo que el precio del recurso “en la tierra” (o en el subsuelo). Otras simplificaciones se convertirán en evidentes como procedamos.

La ecuación fundamental (2.2.2) es conocida como la “ regla Hotelling”, a raíz de una importante demostración hecha por Harold Hotelling en 1931. Una variante de este principio es:

$$P_t = P_0 e^{st} \quad (2.2.3)$$

Esto es: el precio del recurso en cualquier periodo t es igual al precio en algún periodo inicial (0) a la tasa s , la tasa de descuento.

El propietario del recurso sería indiferente entre una unidad de recurso a P_0 y la misma unidad a $P_0 e^{st}$ en t años. Esto subraya una de las características observadas en el capítulo 1 : *la economía de los recursos naturales trata los recursos “en la tierra” como bienes de capital*. Dejándolos en la tierra (preservándolos) el propietario del recurso puede esperar ganar capital como el precio se incrementa a través del tiempo. El usuario será indiferente entre mantener el recurso enterrado y extraerlo si la tasa del capital ganado (P/P) es igual a la tasa de interés (s) en bienes alternativos.

Ahora manteniendo un supuesto no realista del costo de extracción, el precio en tierra (o en el subsuelo) es el mismo que el precio del recurso extraído (el precio en “manantial” como frecuentemente se le conoce). Una vez que el costo de la extracción sea positivo, los dos precios son diferentes. El precio “en manantial” es P , pero el precio en tierra es $P - C(X)$, puesto que los costos de extracción serán iguales a $C(X)$. El precio en tierra será mayor y

se conoce como *regalía*, (un término derivado de los derechos de soberanía del propietario de la tierra).

Necesitamos ver qué le pasa a la regla de Hotelling cuando el costo de extracción es positivo. Por conveniencia dejamos el costo $C(X) = C$, por ejemplo cuando el costo de extracción es constante. Recordemos la versión completa de la ecuación básica para el uso óptimo del recurso renovable dado en el capítulo 1 :

$$F'(X) - (C'(X)F(X)/P - C(X)) = s - (P/P - C(X)) \quad (2.2.4)$$

Puesto que $F(X)$ y $F'(X) = 0$ y $C(X) = C$

Lo que nos da:

$$P/P - C = s \quad (2.2.5)$$

Pero como justamente hemos visto que $P - C$ es la regalía. Escribiendo esto como R , tenemos

$$P/R = s \quad (2.2.6)$$

el cual es una formulación de la regla Hotelling cuando los costos son positivos (y constantes). La ecuación (2.2.6) puede escribirse como

$$R/R = s \quad (2.2.7)$$

Porque la regalía en el periodo $t+1$ menos la regalía en el periodo t es R . Esto es $R_{t+1} - R_t = R$, pero el lado izquierdo de esta igualdad puede ser escrita $(P_{t+1} - C) - (P_t - C) = P/R$. Por lo tanto $P = R$.

Otra relación importante se deriva de la observación de que $P = C + R$. Puesto que C se asume constante, ambos representan el costo promedio y el costo marginal de extracción .

En cualquier periodo t podemos por lo tanto escribir:

$$P_t = C_t + R_t \quad (2.2.8)$$

El precio será igual al costo marginal de extracción más la regalía sobre la unidad marginal del recurso.

En la literatura R es conocido como la regalía, *la renta del recurso* (o alquiler), *la prima de agotamiento* y *el costo marginal del usuario*. Estos términos no son muy entendidos e inducen a confusión. Usando uno de los nuevos términos podemos decir:

precio óptimo = costo marginal de extracción + costo marginal del usuario.

Cuadro de resumen sobre las reglas de uso óptimo de los recursos.

Recursos renovables $F(X) > 0$	Recursos agotables $F(X) = 0$
Precios dados $1/s \, dR/dN = P/C(X)$ (1)	Extracción costos $s = P/P$ (4)
Cambio de precios cero $F'(X) = s \, P/P$ costos $o \, s = F'(X) + P/P$ (2)	Costos constantes $s = P/R$ (5) $o \, s = R/R$
Cambio de precios $F'(X) \, C'(X) \, F(X) =$ $s = P/P - C(X)$ costos positivos (3)	

CAPITULO III

MIDIENDO Y MITIGANDO LA ESCASEZ DE RECURSOS

Lo que concierne a la suficiencia de los recursos naturales no es del todo nuevo. La cuestión sobre la disponibilidad de los recursos naturales y de la escasez envuelven una combinación de ciencias físicas, ciencia de los materiales e ingeniería, y consideraciones económicas. En simples términos económicos, la escasez se vera reflejada en costos y precios relativos. De cualquier modo, la escasez no solo influye en los precios, y éstos no reflejan especialmente la escasez si los recursos naturales abarcan el máximo rango de las funciones ambientales: provisión de recreación, asimilación de desechos, soporte de la vida y oferta de materias primas.

Desde una ***perspectiva malthusiana***, es el limite absoluto físico de los recursos no renovables, lo que es importante y lo que pronostica como ha de convertirse en el futuro inmediato.

Los pronósticos comunes están basados en cálculos de índices de stocks estáticos. Utilizan datos de oferta que cubren solo *las reservas probadas* y asumen una tendencia exponencial de la tasa de crecimiento de la demanda del recurso.

Conforme a la ***perspectiva ricardiana***, el “efecto de agotamiento” de la explotación del recurso está dado en términos de costos crecientes sobre el tiempo, como “la calidad” del recurso disponible decline.

La superficie de los recursos en términos de previsión en esta tradición es mucho más optimista. En esta perspectiva se asumen recursos no - homogéneos, y la expansión del stock recuperable (que el mayor que el de las reservas probadas) vía crecimiento de los esfuerzos de explotación, merced a la rapidez del progreso tecnológico. El análisis ricardiano indica que no existirá ningún dilema de escasez en los próximos siglos. El “efecto de agotamiento” será atenuado por procesos compensatorios estimulados por el mercado. Estos procesos incluyen funciones de sustitución de materiales y cambios en procesos industriales y el reciclaje.

Los avances en el proceso tecnológico y de la biotecnología posibilitan comprimir los costosos procesos de los minerales.

La visión de la **cornucopia** (o visión cornucopiana) del progreso tecnológico ha previsto que en tanto que los recursos naturales existentes se adapten a sus fines y usos económicos, los avances tecnológicos pueden permitir la creación de nuevos materiales sintéticos. Esto se logrará vía la reconstrucción de estructuras moleculares, adaptadas a necesidades específicas.

Los avances de los materiales, el procesamiento de materiales y consideraciones de fabricación, pueden superar los problemas de costos de los recursos y sus disponibilidades. Para las economías industrializadas el advenimiento de los avances de los materiales pueden disminuir su dependencia de la importación de *materiales estratégicos*.

Los indicadores físicos de escasez dependen de las estimaciones geológicas de las reservas, y se relacionan de alguna manera con el nivel de la demanda.

La Tabla del diagrama “McKelvey” (**Figura 1**) ilustra la degradación de las reservas y el concepto de “*ultimately recoverable resource*” (“recurso finalmente recuperable”).

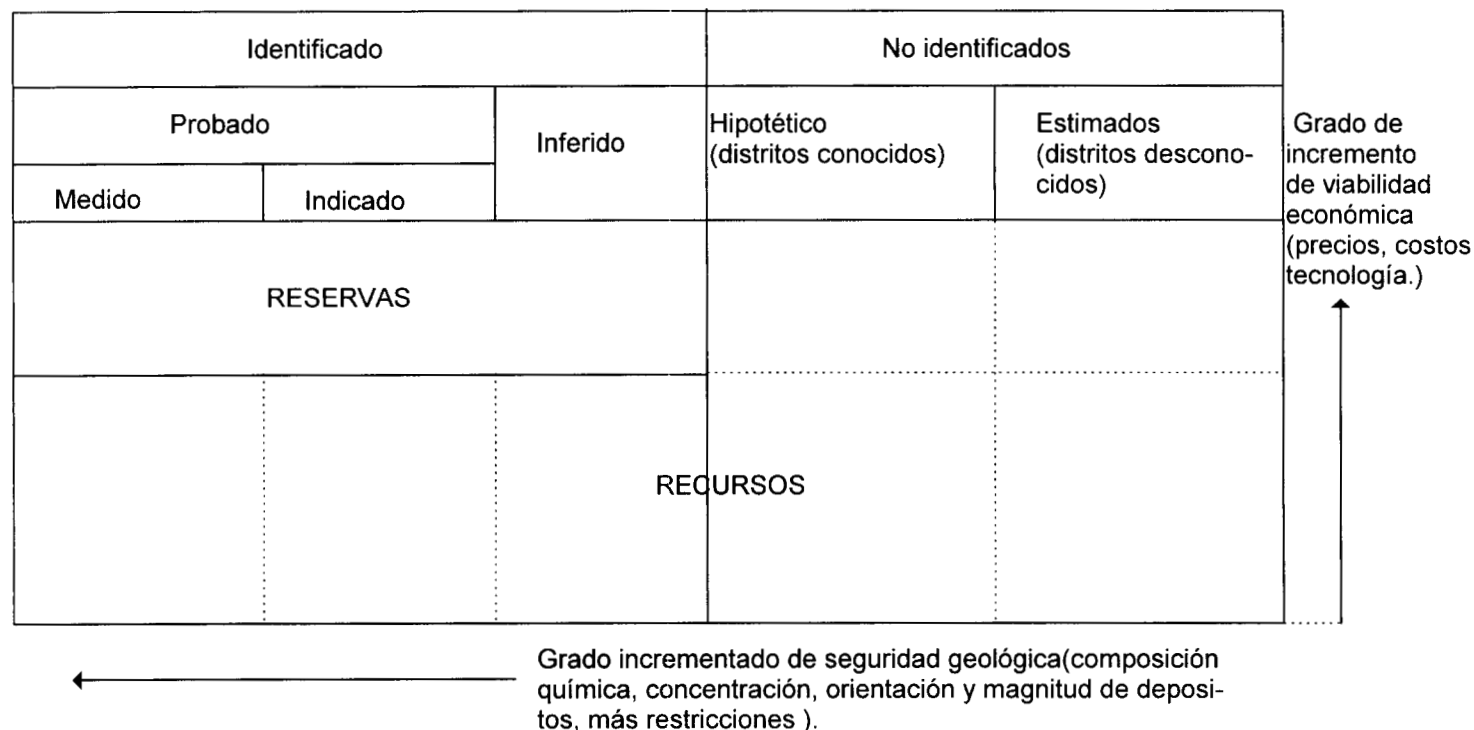


Figura 1 Diagrama McKelvey: recursos y reservas.

Un indicador muy simple por ejemplo, es dividir una estimación de recursos entre el nivel actual de consumo por un periodo en años hasta su agotamiento. Si la demanda esperada se eleva, esto se puede construir con el indicador. Por ejemplo, si el consumo ahora es C_0 (en unidades físicas, como toneladas) y el crecimiento anual la demanda es k porcentaje y el stock del recurso es S , entonces el número de años para su agotamiento total (T_E) está dado por la solución de :

$$\int_0^{T_E} C_0 e^{kt} = S$$

T_E es algo conocido como “*el índice exponencial*”¹. Podemos ilustrar ahora el cálculo T_E . Si la tasa de extracción actual es 10 unidades ($C_0 = 10$), la demanda tiene un crecimiento de 10% anualmente ($k = 0.1$) y hay un stock de 1,000 unidades ($S = 1,000$), tenemos;

$$10 \int_0^{T_E} e^{0.1t} = 1,000$$

Resolviendo por **integral definida** nos da:

$$\left[0.1 e^{0.1t} \right]_0^{T_E} = 1,000 / 10 = 100$$

Por lo tanto

$$e^{0.1 T_E} - e^0 = 100 \times 0.1 = 10$$

$$e^0 = 1, \text{ esto es}$$

$$e^{0.1 T_E} = 11$$

La inspección de las tablas respectivas para el valor de e^x muestra

$$e^x = 11 \text{ cuando } x = 2.938$$

¹ Se hizo particularmente famoso en la publicación Limits to Growth (Meadows, et al., 1972)

Por lo tanto

$$0.1 T_E = 2.398$$

$$T_E = 23.98$$

En menos de 24 años el recurso se agotará. En los *Limites del Crecimiento*, T_E se calculó para los recursos agotables². La Tabla 1 resume algunos de los resultados. La primera columna relaciona lo que era en 1972, la reserva global conocida (identificada, demostrada o probada y medida, ver **Figura 2**). La segunda columna hace algunos ajustes por los nuevos descubrimientos, multiplicando las reservas conocidas por el factor 5.

Tabla 1 El índice de agotamiento exponencial de 1972 (T_E) en años (S = reserva global conocida)

	S	5xS		S	5xS
Aluminio	31	55	Molibdeno	34	45
Cromo	95	154	Gas natural	22	49
Carbón	111	150	Níquel	53	96
Cobalto	60	148	Petróleo	20	50
Cobre	21	48	Platino	47	85
Oro	9	29	Plata	13	42
Hierro	93	173	Estaño	15	61
Plomo	21	64	Tungsten	28	72
Manganeso	46	94	Zinc	18	50

FUENTE: Meadows et al. (1972), pp 56-60

² Limits to Growth (Meadows, 1972)

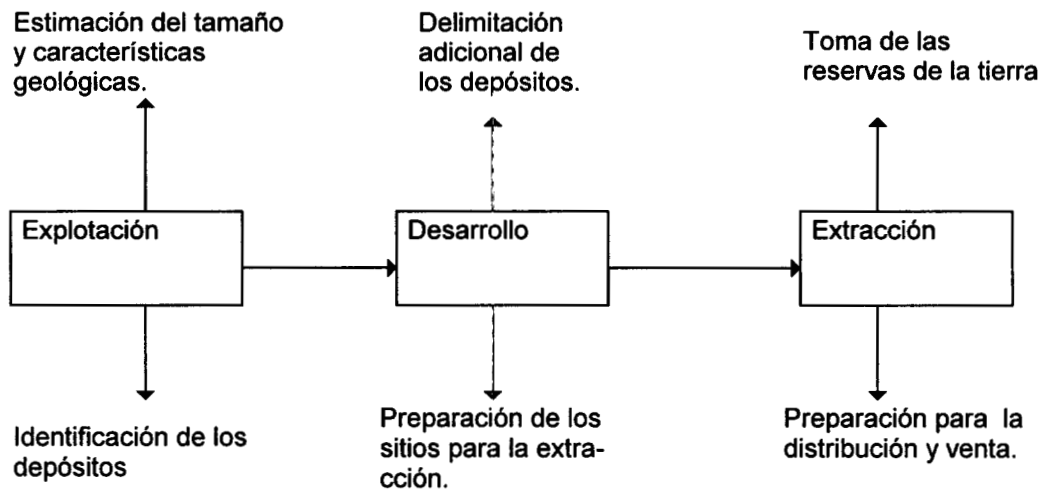


Figura 2 Procesos de suministro de los recursos no renovables

En ausencia de nuevos descubrimientos, el oro , la plata y el mercurio "en tierra" , debe ser ya agotado y el zinc estará *fuera de la mina* para 1990, el plomo para 1993 y las reservas de gas natural estarán en la fase de agotamiento hacia finales de este siglo.

La **Tabla 2** muestra algunas selecciones de datos de 10 años en reservas de níquel , en donde el cobre , el plomo y el zinc se tiene que incrementar.

Tabla 2 Revisión estimada de reservas globales : selección de metales y minerales.

	LTG 1972 (10 toneladas)	US BOM 1980 (10 toneladas)
Cobre	308	505
Níquel	66	64
Plomo	91	127
Zinc	123	162

3.1 UNA TIPOLOGIA DE ESCASEZ

En el capítulo 2 usamos la teoría económica para derivar algunas reglas del uso óptimo de los recursos, sobre una base de supuestos simplificados. El modelo de los recursos no renovables o agotables suministran el fundamento de este análisis basado en un beneficio motivado por la operación en mercados competitivos y además en el caso del suministro del monopolio. En el capítulo 2, nuestro propósito era demostrar algunos principios económicos fundamentales del uso de los recursos, usando un análisis económico tan simple como fuera posible. En este capítulo tenemos que examinar brevemente algunas de las complejidades que rodean el suministro en el mundo real. Estamos ahora en una posición de abordar el problema en un contorno más realista del suministro con modelos de recursos no renovables o agotables.

El suministro de los recursos no renovables o agotables puede ser visto como un proceso de tres etapas, con complicadas interrelaciones dinámicas, como se vio en la Figura 2. Las decisiones actuales están relacionadas con las decisiones pasadas, además con expectativas de precios y costos futuros. Se asume que los productores toman en cuenta decisiones de costos intertemporales al planear sus decisiones en cada etapa del proceso. Así la tasa actual de extracción afecta a la cantidad que será extraída en el futuro. Consecuentemente, el costo de extraer una unidad, digamos, de los minerales hoy día no sólo depende del nivel actual de uso del mineral y, necesariamente, de los consumos y sus precios, sino además del nivel de insumos usados en el pasado también como del impacto de la extracción actual sobre los posibles beneficios del depósito.

Las reducciones en el stock total del recurso y la tendencia de los descubrimientos de los sitios más accesibles tienden a incrementar los costos de exploración en el tiempo. La actividad en cada etapa de los procesos del suministro satisfacen una demanda derivada de los insumos en las etapas subsecuentes, nuevos descubrimientos son insumos para el desarrollo y nuevas reservas son un insumo para la extracción.

Los cambios en el precio de la producción final y en los costos del suministro influyen en las decisiones en las tres etapas de suministro. Así, finalmente, el precio de la producción final cambia influenciada por las decisiones de exploración y desarrollo, también como por las decisiones de extracción. Los cambios en los costos de desarrollo claramente afectan a las actividades de desarrollo, pero además a las demandas que se derivan de nuevos descubrimientos y a las decisiones de extracción a través de los cambios en el costo de remplazo de las reservas.

El proceso de decisión está sujeto a un grado significativo de incertidumbre. Porque los productores carecen de conocimiento de los precios y costos futuros, ellos deben prever ambos precios futuros y la consecuencia de las decisiones actuales en los precios futuros. Finalmente el proceso de suministro es afectado por el impacto de numerosos cambios de la regulación gubernamental (tarifas y la protección del medio ambiente en particular), además por las variaciones institucionales y estructuras de los mercados.

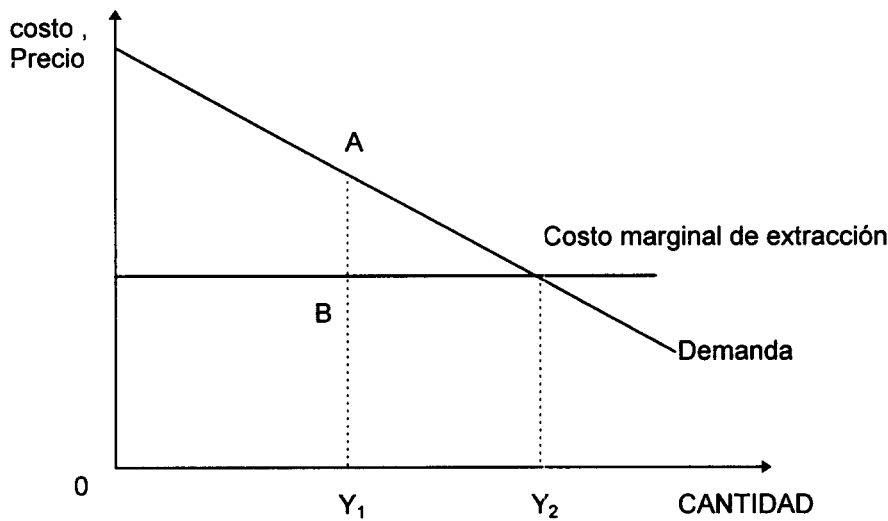
Los fundamentos de la teoría económica en las decisiones del suministro individual, asumen lo siguiente:

1. El costo de una tasa particular de extracción se incrementa en el tiempo, como el stock de reservas baje o como la producción acumulada se incremente.
2. Los costos de desarrollo como las reservas acumuladas se incrementan y los esfuerzos de desembolso se incrementan.
3. Los costos de descubrimiento se incrementan como se elevan los descubrimientos acumulados y los esfuerzos de exploración crecen.

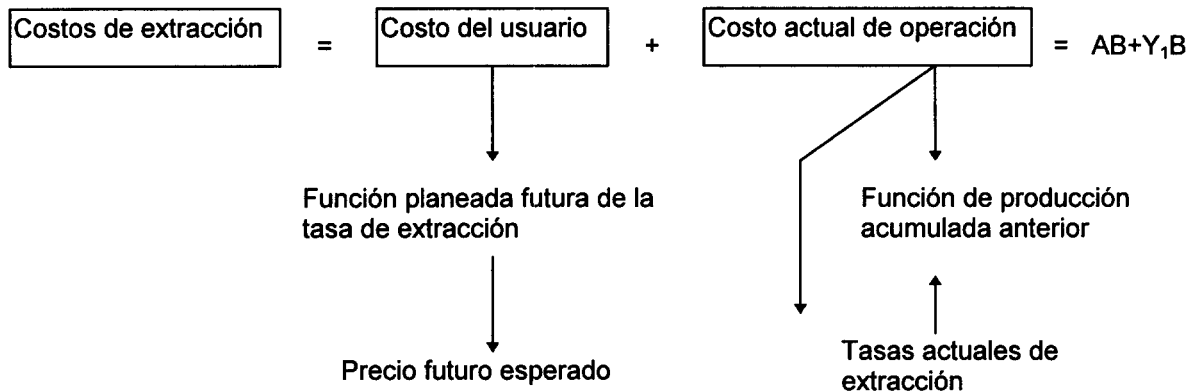
En este último se hace la operación de incremento de los costos más el costo de extracción del usuario. Este último se hace incrementando el valor presente neto esperado del costo de operación que se incrementará en el futuro. Así, el costo actual del usuario es una función planeada de la tasa de extracción, la cual es la función de precios futuros esperados. Los costos de operación actuales para la extracción están en función de la producción acumulada.

La tasa de extracción actual es además función de la producción acumulada anterior. Los costos de extracción actuales están por lo tanto relacionados con la producción acumulada anterior y con la tasa de extracción actual, además de las expectativas acerca de los costos y precios futuros.

En el margen, los costos marginales de extracción más los costos del usuario se compensa con el precio del mineral, para determinar el producto final óptimo en el tiempo(ver **Figura 3**).



$AB = \text{Costo del usuario}$; $Y_1B = \text{Costos de operación}$



De: Las decisiones actuales dependen ambas de las decisiones anteriores y de las expectativas de precios y costos futuros.

Figura 3 Nivel económico óptimo de producción

Una declinación en el tiempo en las reservas de desarrollo, como resultado del agotamiento, incrementa el costo de extracción del usuario y estimulará una aceleración de la actividad de desarrollo además de disminuir la extracción actual.

Este retraso aplaza el desarrollo de las reservas, los incrementos del costo de extracción del usuario y una lenta producción actual. Los límites geológicos/físicos del último tamaño de reservas y el volumen de los descubrimientos no entran directamente en el cálculo de la decisión de los productores, pero entran indirectamente, a través del efecto del agotamiento, en los costos a través del tiempo. Pero este análisis no es fijo completamente, no se gana completamente el valor económico mínimo que posee el recurso (el costo social marginal de oportunidad). Además de los costos de operación, el concepto del costo del usuario más bien abarca todos los costos de externalidad de la extracción de los recursos.

El punto importante aquí es la obvia dependencia directa entre el bienestar humano y los recursos naturales, el funcionamiento del sistema económico mismo se correlaciona con el agotamiento del recurso natural. La dificultad es que muchos de sus "costos de externalidad" serán desplazados en el tiempo y el espacio. Ellos son intertemporales y laterales a los costos externos.

3.2 INDICES DE ESCASEZ

Hay un gran número de estudios que trataran de medir *la escasez* por algún indicador de precio, o costo.

En un principio, un **índice de escasez** debe contener una propiedad esencial: *deberá abarcar los sacrificios, directos e indirectos, para obtener una unidad del recurso*. Hasta ahora tres medidas se han utilizado en la literatura económica:

1. Los *costos unitarios reales* de producción del recurso, la cantidad real de insumos homogéneos requerida para una unidad de calidad constante de la producción extraída.
2. El precio real de los bienes intensivos en recursos.
3. La tasa de la renta del recurso (por ejemplo, el costo verdadero del usuario).

Esto es de tal modo indispensable, que se ha sugerido que para algunos recursos no renovables los costos del usuario sean iguales al *precio sombra* de una unidad de los stocks. El **precio sombra** refleja el valor presente de los beneficios por cambios de la producción de una unidad del recurso en el futuro. Este valor es el valor de una unidad adicional de las reservas probadas, el cual es igual al costo de producir esa unidad adicional (conocido como el costo marginal de reposición o costo de descubrimiento).

Desafortunadamente, la creciente escasez física puede ser asociada con altos incrementos o decrementos en el tiempo, en alguna o todas las medidas propuestas, de escasez. Ello corresponde a diferentes factores tecno-económicos, la magnitud ni la dirección de la escasez cambiará la necesidad de ser lo mismo para medidas alternativas. Ninguna medida de escasez puede afirmarse generalmente correcta y lo adecuado es tener un indicador que dependa de la *naturaleza* de la escasez. *Hall and Hall* (1984) sigue cuatro tipologías de escasez:

1. **Stock de Escasez Malthusiana (SEM)** . Aquí el recurso es fijado en un tamaño absoluto y los costos de extracción son constantes.
2. **Flujo de Escasez Malthusiano (FEM)** . Aquí el recurso es fijado en un tamaño absoluto pero el costo de extracción aumenta con la tasa de extracción.
3. **Stock de Escasez Ricardiano (SER)**. No existe ninguna restricción del tamaño absoluto pero los costos de extracción aumentan con la tasa de extracción y en la cantidad de recurso que se ha extraído hasta la fecha.
4. **Flujo de Escasez Ricardiano (FER)**. No existe ninguna restricción de tamaño absoluto, pero los costos de extracción aumentan con la tasa de extracción.

Hall and Hall (1984) muestra que el precio de producir un recurso (P) se relaciona con el costo para los cuatro tipos de escasez como sigue:

(1) SEM : $P = CP + CU$

(2) FEM : $P = CP + VP(CF) + CU$

(3) SER: $P = CP + VP(CF)$

(4) FER: $P = CP$

Donde CP = costo promedio, CU = costo del usuario y VP (CF) es el valor presente de los costos futuros incrementados debido a la extracción actual.

Ellos prueban la hipótesis de que la escasez de algunos recursos (medido por los costos unitarios y precios relativos respectivamente) decrece en los años 60 y se incrementa en los 70. Resumimos algunos de estos resultados en la **Tabla 3**. La principal observación se hace para el petróleo, el gas y la electricidad, donde se incrementa la escasez en los años 70. Hall and Hall obtiene el mismo resultado de los materiales.

Tabla 3 Escasez de recursos en Estados Unidos 1960-80.

Recurso	Test por costo de unidad	Test por costo relativo
Carbón	Baja 60's, sube 70's	No significativo
Petróleo	Baja 60's, sube 70's	Baja 60's, sube 70's
Gas	" "	? 60's, sube 70's
Energía eléctrica	Baja 60's, sube 70's(?)	Baja 60's, sube 70's
Metales no ferrosos	Sube 60's, baja 70's	

FUENTE: Hall and Hall (1984), pp. 369-70.

3.3 MITIGACION DE RECURSOS ESCASOS: RECICLAJE Y SUSTITUCION.

El análisis *ricardiano* de escasez enfatiza la apreciación de incrementos de la escasez a incrementos de precios, lo cual induce a grandes sustituciones con otros materiales e incrementa el reciclaje. En esta sección examinaremos con más detalle las complejidades acerca de la cuestión del incremento del reciclaje de materiales y también la naturaleza real a nivel mundial de los procesos de sustitución.

Millones de toneladas de material actualmente son desechados en las sociedades modernas y que podrían ser recuperados físicamente, pero no son reciclados porque las condiciones del mercado exceden el valor del material recuperado. El término "recuperar el recurso" envuelve un concepto general refiriéndose a algún uso productivo de lo que de todos modos

será una disposición del residuo en el medio ambiente. Este instructivo punto de vista plantea la recuperación del recurso como un subsistema dentro del mayor balance de materiales generados por un sistema económico. El subsistema puede abarcar lo que sigue:

1. El reuso de los productos en una misma forma y para un mismo propósito - tipificado por la botella retornable.
2. El procesamiento de los residuos en este orden de recuperar y volver a usar (reuso) los materiales en la misma actividad productiva - ejemplos de reciclajes directos (reciclaje de vuelta cerrada) de recuperación y el reuso de las fibras de papel como componente para nuevo papel y productos de la madera o el uso del vidrio que ha sido usado (seleccionado) en nuevos productos del vidrio.
3. El reuso de los residuos como consumo en otro tipo de actividad productiva - esto es indirectamente reciclado (reciclaje de vuelta abierta) es tipificado por el uso del vidrio como complemento en los materiales superficiales y la conversión de desechos orgánicos municipales en *composta*.
4. El procesamiento de los residuos en términos de la recuperación de su potencial energético - por ejemplo la incineración de los desechos sólidos con una alta recuperación de energía calórica.

Los productos finales de la recuperación del subsistema es que puede ser etiquetado como materiales secundarios en términos de distinguirlos del material primario (virgen), el recurso natural original y de los productos de uso final.

La extensión a la cual se practica el reciclaje de los materiales y/o reciclaje de la energía está en función de los costos de la recuperación de residuos como el insumo de materia prima en la producción en relación con el insumo de materia prima (virgen). Estos costos relativos están determinados por una multitud de factores que incluyen los siguientes: Procesos tecnológicos de producción (primaria y secundaria); tecnologías de extracción material virgen; condiciones de mercado de los materiales primarios y secundarios y estructuras, especificación de productos finales, y la extensión de la intervención gubernamental en forma de tarifas, permisos de agotamiento o tarifas de crédito para uso de material secundario.

La característica importante que determinará el valor de un material secundario y por lo tanto la senda a tomar para el residuo es : cantidad (masa), lugar (dispersión de masa), nivel de contaminación, y calidad (homogeneidad). Así una gran masa de materiales de alta calidad concentrados cerca de la producción o con facilidades del mercado, tendrán un alto valor como insumos primarios o secundarios.

Los residuos deben generarse en un cantidad suficiente para cubrir el valor de su recuperación y no deben estar dispersos en términos de su locación y de los sitios de generación. La localización del área de la recolección de residuos con respecto a una planta debidamente equipada de procesamiento es también importante. La contaminación, la extensión a la cual el material deseado ocurre en combinación con otros materiales y su complejidad de separación, pueden plantear problemas o no. La homogeneidad, la consistencia de materiales en términos de forma y calidad afecta el riesgo de la producción que envuelve el uso del insumo de materiales secundarios y por lo tanto el reciclaje potencial de materiales.

El perfil característico antes dicho variará de acuerdo con la etapa de los procesos económicos en la cual el residuo se genera. Los residuos generados por procedimiento y actividades de manufactura básica (chatarra casera) son generalmente sustitutos perfectos del insumo de material y producción y que será recuperado con la materia en curso. Industrias privadas de recuperación tienen un desarrollo colectivo de procesos de grandes volúmenes de conversión de residuos que son generados en las economías industrializadas.

El papel de reciclaje en la ampliación de recursos.

Por la Segunda ley de la Termodinámica, el reciclaje de materiales secundarios no puede llegar al 100% del desecho que será recuperado.

Los modelos económicos de reciclaje indican que la tasa de crecimiento total del sistema económico y el promedio de vida de los productos de los bienes desperdiciados juegan un papel importante en la determinación de la extensión de la contribución del reciclaje en la conservación del recurso.

Si calculamos en d años el promedio de vida del producto y α una proporción fija del desperdicio reciclado y suministrado en el mercado libremente, y si la demanda total del

material es creciente en una tasa g por ciento anualmente, la demanda total del consumo de material a un tiempo t (M_t) puede ser escrito como:

$$M_t = M_t^p + M_t^s = M_o e^{gt} \quad (3.3.1)$$

donde M_t^p = demanda por material primario, M_t^s suministro de desperdicio y M_o = demanda inicial.

El suministro de desperdicio M_t^s puede ser escrito como:

$$M_t^s = \alpha M_{t-d} = \alpha M_o e^{g(t-d)} \quad (3.3.2)$$

Por lo tanto la acción de estado estable (β) del desperdicio en la demanda total del insumo es :

$$\beta = M_t^s / M_t = \alpha e^{-gd} \quad (3.3.3)$$

Así mientras más alta sea la tasa de crecimiento de la economía; y más largo el promedio de vida del producto es más insignificante la contribución relativa del reciclaje a la conservación de recursos. Ambos, el stock total del desperdicio potencialmente disponible en cualquier tiempo dado y el incremento del costo marginal del suministro del desperdicio (costos crecientes de recolección) sirve para limitar la actividad del reciclaje en una economía en crecimiento. Este modelo contiene un numero simplificado, perfecta sustituibilidad entre insumos de desperdicios e insumos de materiales primarios, pero sin embargo el mensaje es claro: ***el papel de reciclaje es limitado.***

3.4 PROCESOS DE SUSTITUCION.

Existen alternativas tecnológicas que son capaces de mitigar la escasez potencial de recursos y los problemas de vulnerabilidad de la oferta. Creciente énfasis ha recibido la estrategia de la conservación de materiales, si los recursos económicos empiezan a

incrementarse, con requerimientos de energía adicional y costos de daños ambientales que son más evidente. En otros términos la intensidad de las hipótesis de uso sugieren alguna derivación que tiene que estar presente en general y la inclinación persistente en la intensidad de materiales de la producción nacional en las economías industrializadas.

El material de sustitución resulta de la introducción de nuevas tecnologías, de cambios en la composición o calidad de los bienes finales, y cambios en la mezcla de factores de consumo usados en la producción de esos bienes.

El número de materiales se ha incrementado y las propiedades de la existencia de materiales ha aumentado y en la penetración de nuevos mercados.

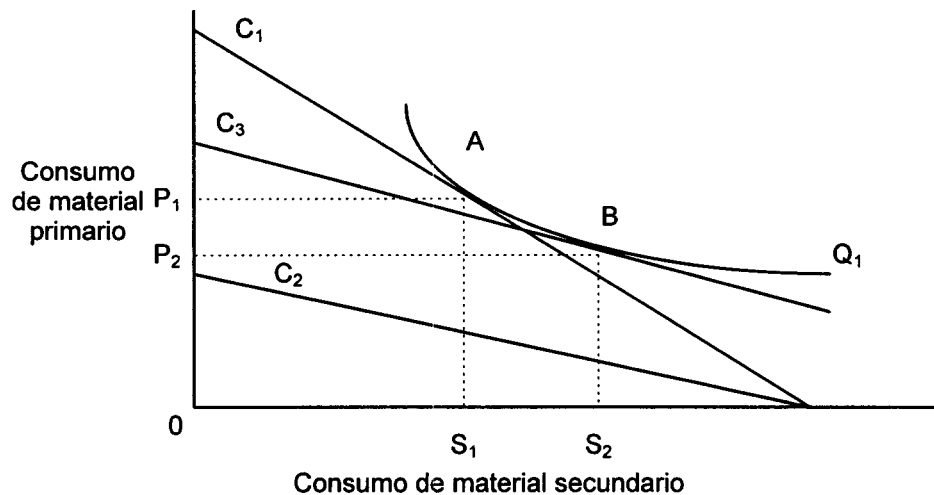
La evidencia empírica es limitada, pero los estudios han examinado el uso de la lata en varias aplicaciones en el supuesto de tres factores - precios relativos del material, cambio tecnológico y regulaciones gubernamentales - como las más importantes.

Los modelos económicos a menudo asumen a los precios del material el impulso primario que hay atrás de la sustitución. La teoría convencional asume al precio variable y a la demanda del material ligado siempre a un retraso y a una relación reversible.

La naturaleza del retraso de esta demanda responde mas bien a una relevante situación de existencia de tecnología y equipo que permite el uso de un material para otros procesos de producción. La ausencia de un limitado balance promedio de materiales de sustitución puede responder inmediatamente a cambios en el precio del material . Si cuando los precios bajan de nuevo, el proceso de sustitución es reversible.

De esta manera la **Figura 4** muestra un nivel deseado de producción dado por la isocuanta Q_1 , que puede ser producido por un rango de combinaciones de sustituibilidad de consumo de material primario y secundario. Dada la existencia de los precios de consumo primario y los desechos en la inclinación de la línea de isocosto C_1 que indica la proporción del precio de los desechos al precio del consumo primario. La apariencia de tales circunstancias deberán minimizar los costos de producción en un nivel de consumo Q_1 por la operación del punto A, usando S_1 (consumo de desechos) y P_1 (consumo primario). Si el precio del consumo primario se incrementa por la falta de suministro, esto se verá reflejado en un

cambio de la inclinación de la línea de isocosto. Permite a la línea de isocosto girar de C_1 a C_3 . De esta manera continúa la producción Q_1 a un costo mínimo, que incrementa el consumo de desechos S_1 a S_2 , por cambios en los consumos primarios P_1 a P_2 .



Q_1 isocuanta, mide la cantidad de la producción factible dando diferentes combinaciones de consumo $P+S$

C = isocosto, indica varias cantidades de consumo de lo que se puede comprar para dar el desembolso.

Figura 4 Sustitución de materiales

Frecuentemente, nuevas tecnologías introducirán la sustitución que debe ocurrir. El periodo de tiempo en este caso será considerable y el proceso será irreversible.

La tecnología parece ser un factor dominante que afecta a la sustitución de materiales y es estimulada solo indirectamente por los cambios del precio del material.

Las regulaciones gubernamentales son cada vez más estrictas en cuanto a cuestiones de sanidad y seguridad y de medidas de protección del medio ambiente, además inducen al empleo de una cantidad creciente de materiales de sustitución.

Algunas tendencias de sustitución - en particular la mezcla de materiales - incrementan la durabilidad del producto y la miniaturización - que es obstaculizado, por ejemplo, intentar de extender las actividades de reciclaje. Diseñar cambios para mejorar la reciclabilidad de

productos del desecho. La mezcla de materiales produce a menudo combinaciones incompatibles.

La miniaturización reduce la cantidad de material recuperado por unidad de desperdicio y requiere de una compleja operación de recuperación.

PARTE 2

CAPITULO IV

MODELOS ECONÓMICOS DE USO DE RECURSOS

4.1 MODELO ECONOMICO DE PESQUERIAS

Algunos conceptos básicos.

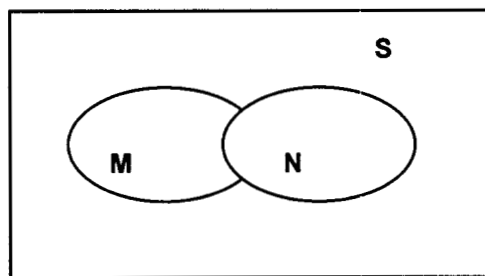
Unidades de población. Una unidad de población se define como una población discreta que se produce con sus propios miembros, tiene un intercambio limitado con las poblaciones adyacentes y por tanto constituye una unidad natural de manejo.

Los principales problemas potenciales en torno a las unidades de población son: a) recursos no migratorios que habitan las agua fronterizas entre ZEE (**Zona Económica Exclusiva**) adyacentes y que son continuamente explotadas y b) especies migratorias que se mueven a través de los límites y que son disponibles en cada zona de manera estacional. La necesidad de un manejo conjunto dependerá si el recurso es sedentario o móvil.

Un concepto biológico importante es el de *crecimiento natural neto* de la población de peces, que es un crecimiento natural en la biomasa de la población íctica o submarina entre dos momentos. El crecimiento natural neto es igual al reclutamiento (nuevos juveniles que se incorporan a la población), más el crecimiento individual de los peces que ya están en la población, menos la mortalidad natural.

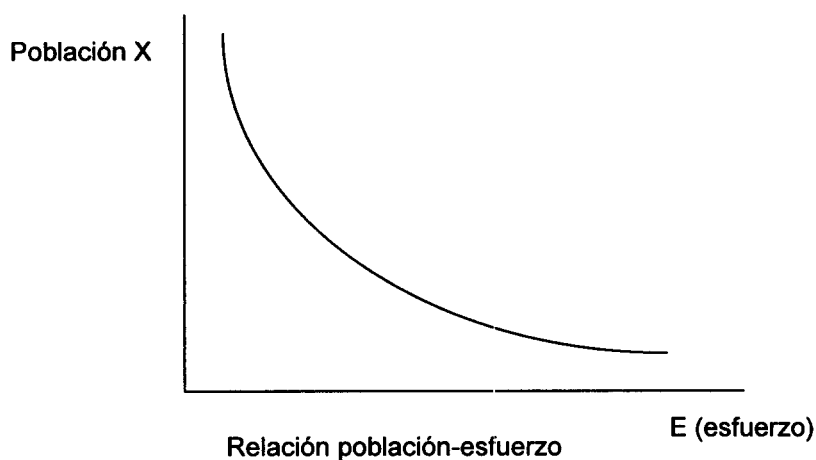
La **captura sostenida** es la cantidad de pescado expresado en peso de biomasa que puede ser capturado un año tras otro sin que se produzca ninguna variación en la intensidad de la pesca.

La mortalidad. La estimación de la mortalidad es fundamental para la aplicación de modelos de producción de poblaciones, para realizar cálculos de rendimiento en el manejo de pesquerías. Es un parámetro poblacional y no individual. *Mortalidad por pesca:* es la tasa a la cual los peces son extraídos de la población por medio de la actividad pesquera. *Mortalidad natural:* es la tasa a la cual mueren debido a cualquier otra causa. Usando el diagrama de *Venn* tendríamos que:



La región marcada con **S** representa la porción de animales que sobreviven. El círculo marcado con **M** representa la porción que morirá por mortalidad por pesca si no existirá mortalidad natural. El círculo marcado con **N** representa la proporción que morirá por mortalidad natural si no hubiera mortalidad por pesca. Cuando ambos tipos de mortalidad están operando en la población, hay competencia entre los dos tipos de mortalidad.

Esfuerzo de pesca. Este concepto incluye todos los insumos necesarios para llevar a cabo la captura, es el principal parámetro que el hombre puede controlar. En los modelos se introduce bajo la forma de mortalidad íctica, además de la mortalidad natural, de tal manera que la mortalidad total es igual a la mortalidad por pesca más la mortalidad natural. Cuanto mayor sea el esfuerzo tanto más grande es la mortalidad íctica. Se trata de una relación negativa e inversa entre el esfuerzo de pesca y el tamaño de la población permanente: mayor esfuerzo, menos población. Como se puede observar en la **Gráfica 1**.



Gráfica 1

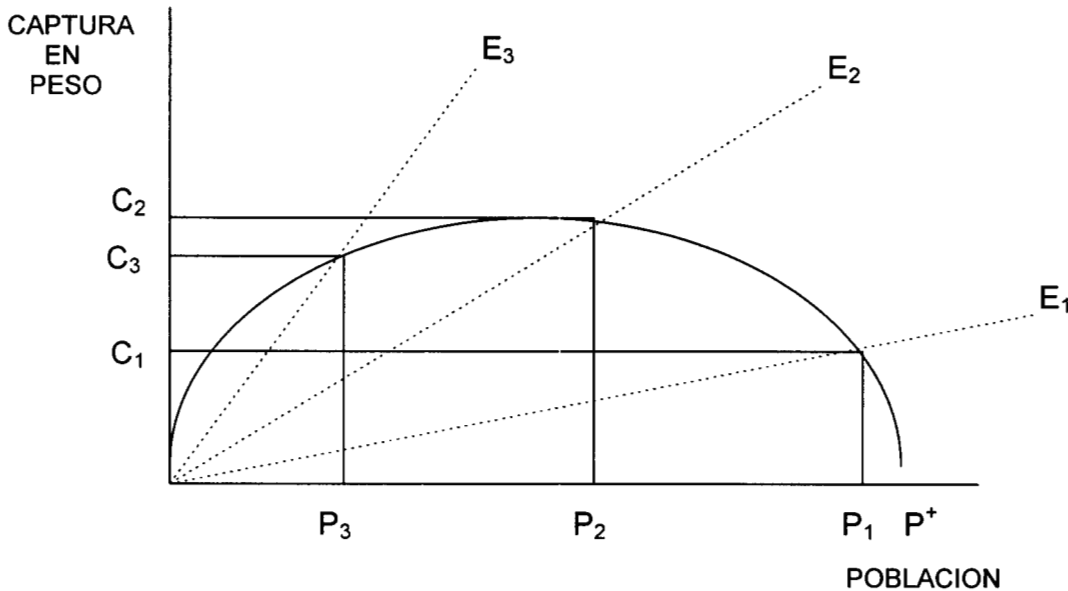
Un esfuerzo demasiado pequeño significa una población demasiado grande, y en consecuencia un mayor crecimiento.

Tamaño de equilibrio natural. Se dice que una población está en equilibrio natural cuando el crecimiento individual y el reclutamiento igualan a la mortalidad natural. Este equilibrio es el que más nos interesa en el estudio económico de las pesquerías. También a menudo utilizaremos el concepto Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y stocks. En el primer caso entenderemos como unidad de pesca el conjunto de equipo y manos de obra que puede realizar la pesca de manera autónoma y a su captura en un momento determinado.

En el caso del stock, como una población de peces de una o de varias especies que ocupan una área particular y viven independientemente de otras poblaciones; de modo que el resultado total de la migración es nulo, comparado con las tasas de mortalidad y reproducción que tiene lugar en el propio stock.

Modelo básico de una pesquería.

Las dos variables importantes a considerar son la población y el esfuerzo de pesca. **Gráfica 2.**



GRAFICA 2

Este modelo explica que una población está en equilibrio natural a un tamaño P , que es el tamaño más grande que se puede obtener de esa población en las condiciones dadas. Si el hombre perturba ese equilibrio de la población aplicando un esfuerzo de pesca E_1 la población cae de P^+ a P_1 mientras que la captura pasa de cero a C_1 ; si el esfuerzo permanece estable durante algún período la población se equilibra en un tamaño P^+ , porque en ese punto la captura, más la mortalidad natural igualan al crecimiento individual y al reclutamiento. Un esfuerzo grande E_3 acarrea consecuencia desastrosas para la pesquería, disminuye la población hasta niveles peligrosos y las capturas caen hasta un nivel C_3 .

Modelo general para una pesquería de libre acceso.

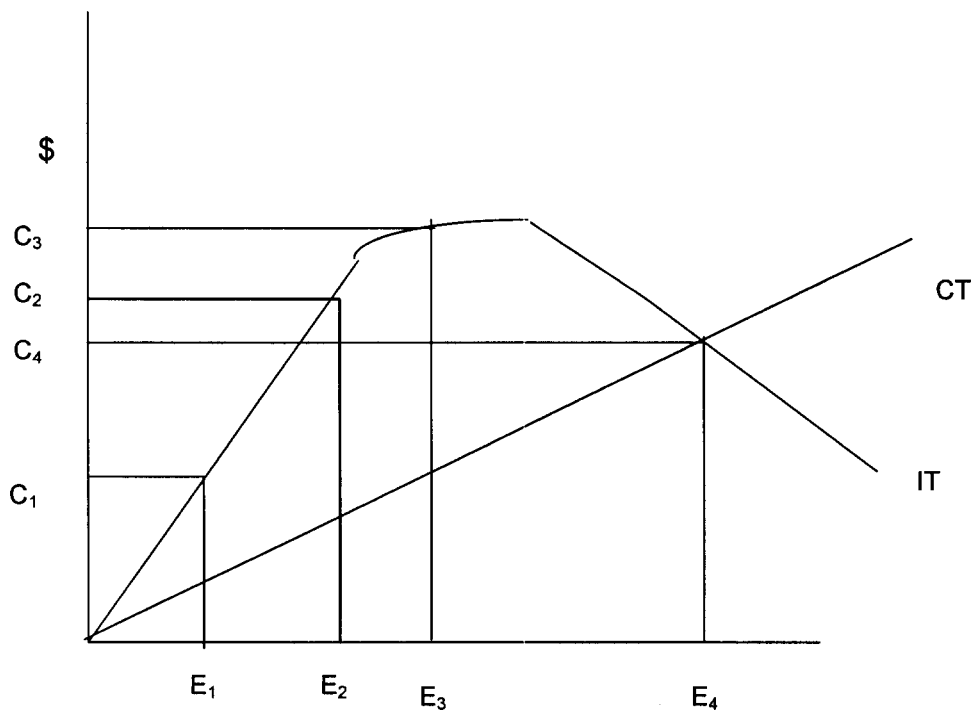
Muchas pesquerías en el mundo siguen operando con un esfuerzo de pesca muy grande y consecuentemente con un desperdicio muy grande de recursos económicos.

Las condiciones que tradicionalmente se establecen para caracterizar una pesquería de libre acceso ya no corresponden a la realidad. Estas son:

1. Toda aquella persona que tenga capacidad económica para entrar a pescar puede hacerlo pues no existen restricciones.
2. Todos los participantes en la pesquería tienen acceso a la información disponible.
3. Ninguna empresa, privada o estatal, es capaz de influir en el precio del pescado.

En algunos países la primera condición pertenece al pasado, pues hace mucho que se abandonó la idea de la inagotabilidad de los recursos pesqueros, que a pesar de ser renovables, tienen un tope de captura. En cuanto a la segunda y tercera ambas se cumplen.

Una descripción de lo que ocurre podría observarse en la gráfica siguiente. (Ver **Gráfica 3**).



GRAFICA 3

1. La línea recta ascendente corresponde al esfuerzo de pesca que entra a la pesquería. Suponemos que un incremento del esfuerzo incrementa los costos conforme crece el

esfuerzo pesquero E , y que la curva presenta la forma de campana debido al crecimiento de las capturas, que llegado a un punto se torna decreciente porque la mortalidad por pesca supera la capacidad de reposición de la población.

2. La diferencia de espacio entre las líneas de costos totales y la curva de ingresos totales (o de captura) corresponde a la ganancia obtenida a los diferentes niveles de explotación.

3. Esta curva describe lo que ocurre a largo plazo en una pesquería no regulada.

Si el esfuerzo crece de cero a E_1 las capturas se incrementan de cero a C_1 . A ese nivel quedará disponible una buena parte de la producción capturable, y las ganancias por barco serán grandes, lo que alentará la entrada de más barcos a la pesquería hasta que pasado un tiempo el aumento en números de barcos produzca un esfuerzo igual a E_2 . Para obtener una captura igual a C_2 , en este caso, como en el anterior, se dan un doble crecimiento tanto de la captura total como del esfuerzo total y por otra parte un incremento de las ganancias totales. Muy probablemente ha ocurrido un descenso de las ganancias por barco al darse un crecimiento cada vez menos proporcional de la captura por barco. Pero aún las ganancias siguen siendo lo suficientemente grandes para motivar la entrada de más barcos a la pesquería, de tal manera que el esfuerzo volverá a crecer hasta alcanzar un nivel igual a E_3 y una captura igual a C_3 . Si este es el caso, las capturas crecieron más lentamente que el esfuerzo y por tanto descienden las ganancias totales, como los del barco individual; sin embargo, el volumen de las capturas alcanza su nivel más alto. Si como se observa en el modelo anterior, las ganancias siguen siendo atractivas, seguirán entrando más barcos a la pesquería hasta alcanzar el nivel E_4 . En este punto, la curva del costo total (esfuerzo de pesca) intercepta a la curva del ingreso total (captura); por lo tanto no habrá más motivos para que nuevos barcos entren a pescar. El crecimiento desordenado del esfuerzo pesquero, resultado de la toma de decisiones individuales de cada empresa pesquera o propietarios individuales, acaba de llevar a un punto crítico a la pesquería. Por un lado la sociedad ha dedicado muchos barcos para esa pesquería pudiendo haber dedicado ese esfuerzo a otras pesquerías o a otras ramas de la actividad económica, donde el uso racional de los recursos se convierte en una necesidad de primer orden y por el otro las capturas totales han

descendido a un nivel más bajo, C_4 . Si aceptamos que el punto de equilibrio de una empresa ocurre cuando $CT=IT$, entonces ese punto será al que tienden a llegar al largo plazo las pesquerías no controladas. Dificilmente el esfuerzo crecerá más allá de este punto pues los costos totales superaran a los ingresos totales. Si este fuera el caso, los barcos podrán mantenerse dentro de la pesquería siempre y cuando el valor de las capturas sea suficiente para recuperar el total de los costos variables, y una parte importante de los costos fijos.

En muchos países como el nuestro, la flota pesquera que opera con altos costos y con malos sistemas de administración interna, se verán a mediano plazo en una situación difícil. Por ejemplo, si los costos de captura son muy altos el equilibrio se alcanza mucho antes que las poblaciones presenten signos de sobreexplotación, es decir muy a la izquierda del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS).

Los altos costos pueden deberse a un alejamiento de las poblaciones de los terrenos tradicionales de pesca, como es el caso de algunas especies pelágicas con el fenómeno de **El Niño** o por lo alejado de los terrenos de pesca y la tecnología utilizada para la captura.

Si se tratara de una pesquería explotada exclusivamente con fines de subsistencia, como en algunas comunidades indígenas, las capturas pueden llegar a descender incluso por debajo de estos puntos ya que las consideraciones económicas dejan el paso a otros criterios como la seguridad de alimento para la comunidad.

El objetivo es ilustrar la idea de que en las pesquerías de acceso libre cualquier mejoramiento económico a largo plazo queda nulificado por el crecimiento desordenado del esfuerzo pesquero.

Cuando los costos totales son tan altos que cualquiera que fuera la captura siempre estará por encima de los ingresos totales, la pesquería no se explota.

La caída de los costos totales podría deberse a una disminución de los precios del combustible y de otros costos de operación. Pero lo que se ha observado comúnmente es un aumento exagerado en los costos de captura debido a los siguientes factores:

- Combustible caro.
- Altas tasas de interés.
- Aumentos de los seguros y maquilas.
- Incrementos del avituallamiento.

si a éstos se suma una caída internacional del precio de las materias primas ocasionada por la venta masiva de éstas con el fin de captar divisas, esto no sólo es válido en el caso del petróleo sino también en los productos pesqueros que afecta a pesquerías tan importantes como son : sardina-anchoveta, atún y camarón; las tres pesquerías masivas más importantes en México.

Aumento del precio del pescado.

Un aumento en el precio del pescado motivará un incremento en el esfuerzo de su búsqueda, lo que posiblemente ocasione a su vez una caída de las capturas; esto ahondará la brecha entre oferta y demanda y permitirá nuevos aumentos en el precio. Si esta tendencia continuara la población podría disminuir a niveles peligrosos.

Aperos de pesca más eficientes.

La introducción de aperos más eficientes trae aparejada generalmente los siguientes efectos:

- Biológicamente aumentará la mortalidad por pesca, debido a que cada barco es ahora más productivo.
- En lo que al esfuerzo de pesca se refiere, seguramente se requerirá un menor tiempo de pesca para llegar al punto de equilibrio.
- Generalmente la introducción de aperos de pesca más eficientes incrementan los costos de captura pero también los ingresos. Dependerá de la combinación de estos dos elementos el incremento a la salida del esfuerzo, y por lo tanto el tamaño de la población sujeta a la explotación.

Frecuentemente decimos que una de las variables que el hombre puede controlar es el esfuerzo de pesca; con sus reservas esto podrá aceptarse para barcos medianos y grandes. En pesquerías de ribera, aguas protegidas y continentales es prácticamente imposible, también en países con alto índice de desempleo como es el caso de México.

Modelos económicos generales de la pesquería del camarón en el Pacífico mexicano.

En esta parte se tratan los modelos generales de largo y corto plazo en la pesquería de camarón tomando en cuenta los aspectos biológicos del recurso, entre ellos, *su alta tasa de fecundidad ; su rápido crecimiento, la captura ciclica de las capturas, su curva de producción y esfuerzo a largo plazo.*

Cuando los costos de operación por viaje son mayores que los ingresos, los barcos prefieren quedarse en el muelle que salir a pescar; para construir este modelo general se parte de dos supuestos:

1. Las capturas por barco son decrecientes a medida que la temporada avanza.
2. Dada la homogeneidad en la duración de los viajes, los costos de operación se comportan como costos fijos.

Las capturas de camarón en México hace mucho tiempo que permanecen en un nivel medio sostenido, lo que permite que el ingreso de nuevos pescadores no ponga en peligro el recurso.

La pesquería del camarón tiene dos características propias muy especiales:

1. Su curva de rendimiento, a largo plazo se ha mantenido paralela al eje de las X.
2. Es una especie reservada a cooperativas.

En el caso de la *sardina*, los dueños de barcos son propietarios de plantas industriales y donde la sardina que puede ser utilizada para consumo humano directo, se envía a la reducción para usos industriales, atraídos por una mayor ganancia.

Limitaciones de los modelos planteados.

Tomemos unos cuantos ejemplos de problemas originados en pesquerías de nuestro país:

Pesquería del atún. Para todos es ampliamente conocido el embargo sobre la venta de atún mexicano por Estados Unidos, que afectó la pesquería en el país. Esto obligó a los empresarios nacionales a enviar flotas lo suficientemente grandes para capturar el atún disponible en su zona, pues de no hacerlo tendría que permitir a otros países la captura de la parte que no pudieran pescar.

Pesquería del camarón de alta mar. Durante más de 40 años, esta especie de alto valor en el mercado de fácil captura en la práctica fue usufrutuada por los armadores, pero las cooperativas en conjunto decidieron explotar el camarón con sus recursos y no contratar más con los armadores. A continuación se señalaran otras cuestiones importantes:

- I. Una flota camaronera demasiado grande con relación al volumen de captura sostenida anualmente.
- II. Acortamiento de la temporada de pesca debido a un incremento de los costos de operación de las embarcaciones y maquilas.
- III. Una tendencia a la disminución de las capturas totales y por tanto una disminución de la CPUE.
- IV. Caída del precio internacional del camarón, altas tasas financieras, mayores costos de mantenimiento de la flota por la edad de las embarcaciones.
- V. La contradicción entre pescadores libres y socios de cooperativas.
- VI. Tráfico ilegal de camarón.

Pesquería del camarón en aguas protegidas.

- I. No todas las zonas al interior de una laguna costera son igualmente productivas.
- II. Las cooperativas más viejas mantienen el control sobre los tapos(cercos rústicos), donde con un poco de esfuerzo se captura mucho camarón.
- III. Las cooperativas que operan alejadas de los tapos intensifican el atarrayeo disminuyendo la capacidad de escape del camarón rumbo a los tapos.

4.2 MODELO DE ECONOMIA FORESTAL

El problema de rotación óptima.

Uno de los más interesantes problemas en la economía forestal es la selección del tiempo óptimo para cortar los árboles o el tiempo de vida forestal. Este problema es conocido desde el trabajo de Von Thunen (1826) y Faustmann (1849) en el siglo diecinueve.

En la práctica , los periodos de cosecha dependen de muchos factores tales como el uso final del árbol, por ejemplo, para la decoración navideña , el aprovechamiento de la pulpa o del aserrín. Otro factor importante es el costo de la cosecha y el precio de la madera en el momento de su corte.

La identificación de la rotación óptima requiere de claros supuestos sin los cuales no puede resolverse el problema. Establecer estos supuestos permite simplificar el problema sin perder la esencia del argumento. Los supuestos son como siguen:

Supuesto 1. La producción futura de la madera de un tiempo de vida forestal es conocido con certeza, o para ponerlo de otro modo, la productividad de la tierra en el cual se han plantado los árboles es conocida.

Supuesto 2. Los árboles están muy espaciados y no experimentarán ninguna presión de espacio para su desarrollo.

Supuesto 3. Los árboles serán vendidos, los costos de cosecha y tala no se cargarán al propietario.

Supuesto 4. Los precios futuros de la madera son constantes y conocidos. El precio asumido no es sensible a la edad o volumen de la madera. Esto es, un metro cúbico de madera tiene el mismo valor, independientemente del tamaño y edad de los árboles cortados.

Supuesto 5. La tasa de interés es conocida con certeza y es constante sobre los periodos futuros.

Supuesto 6. Los costos de plantación y replantación son también conocidos y son constantes para los periodos futuros. Los intervalos entre plantación y replantación son constantes.

Supuesto 7. Riesgos por incendios forestales, el viento y enfermedades son mínimos e ignoradas.

Supuesto 8. La tierra forestal puede adquirirse, venderse o rentarse. El precio puede ser muy alto o muy bajo, dependiendo de las condiciones de oferta o demanda por la tierra.

Supuesto 9. No se fijan impuestos de cualquier género.

La solución de rotación simple.

En el sistema de rotación simple el propietario identifica un periodo de tiempo para maximizar sus beneficios bajo un ciclo simple.

Teniendo los supuestos en mente, argüimos que el propietario tiene una función de ingreso muy simple:

$$R_t = A(1 + t)^{1/2} \quad (4.2.1)$$

donde t es el tiempo expresado en términos de años, $0, 1, 2, \dots$; R_t es el ingreso en el tiempo t resultado de la venta de madera, A es una constante.

Siendo el costo de capital inicial C , y la tasa de interés o costo de oportunidad del capital r . El Valor Presente Neto (VPN) de la inversión estará dado por

$$VPN = -C + (1 / (1+r)^t) R_t$$

que también puede escribirse como:

$$VPN = R_t e^{-rt} - C. \quad (4.2.2)$$

¿Cuál es el tiempo de corte que maximiza el valor presente neto del proyecto?. Para encontrarlo, primero diferenciaremos nuestra ecuación (4.2.2) con respecto al tiempo t . Ello es:

$$dVPN / dt = r R_t e^{-rt} + (dR_t / dt) e^{-rt} \quad (4.2.3)$$

La ecuación (4.2.3) se iguala a cero

$$-r R_t e^{-rt} + (dR_t / dt) e^{-rt} = 0$$

o

$$r R_t e^{-rt} = (dR_t / dt) e^{-rt}$$

Para resolver por r ambos lados se dividen por $R_t e^{-rt}$, el cual el rendimiento es:

$$r = (dR_t / dt) / R_t \quad (4.2.4)$$

La ecuación (4.2.4) nos dice que la tasa marginal de retorno del capital es igual a la tasa de interés. El valor presente neto de la inversión es maximizado cuando el ingreso marginal de la venta de la madera es igual al costo de oportunidad del capital, i.e. la tasa de interés del mercado. En otras palabras los árboles deberían talarse cuando el incremento del ingreso se igualen a la tasa de interés del mercado. En la **Figura 1** la rotación óptima se encuentra geométricamente. Hay dos curvas en la figura : la curva de ingreso que resulta de la venta de la madera, y la de los costos de oportunidad del capital (la curva de la tasa de interés). Note que el eje vertical está en una escala logarítmica, de tal modo que el interés compuesto aparece como una línea recta. También la curva del ingreso es más comprimida. La solución óptima es cuando la curva del costo de oportunidad, que corresponde al lado izquierdo de la ecuación (4.2.4), es tangente a la curva de ingreso.

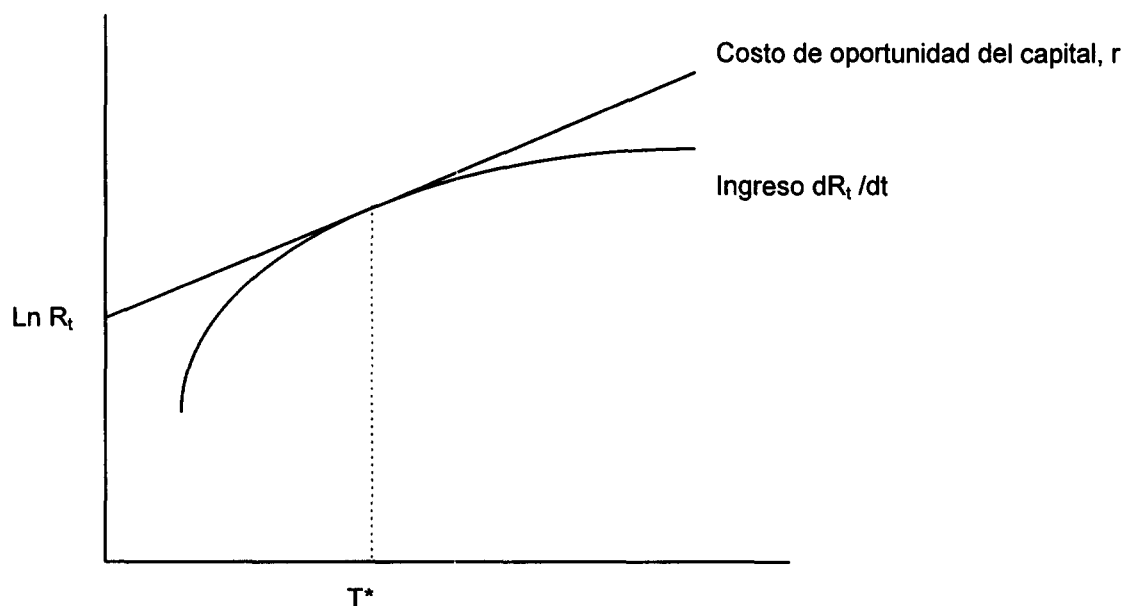


Figura 1 Solución geométrica del problema de rotación óptima.

Ejemplo 1.

La función de ingreso $R_t = 4000 (1+t)^{1/2}$, $r = 0.02$ ó 2% y $C = 6000$. Encuentre la rotación óptima.

Diferenciando la función de ingreso en términos de t , tenemos:

$$\begin{aligned} dR_t/dt &= (1/2) 4000 (1+t)^{-1/2} \\ &= 2000 (1+t)^{-1/2} \\ &= (2000/(1+t)^{1/2}) \end{aligned}$$

Para usar la ecuación (4.2.4).

$$0.02 = (2000/(1+t)^{1/2}) / (4000 (1+t)^{1/2})$$

$$0.02 = (1/(1+t)^{1/2}) / 2(1+t)^{1/2}$$

$$0.02 = 1/2(1+t)$$

$$1 = (0.02) [2(1+t)]$$

$$1 = 0.04 + 0.04t$$

$$0.04t = 0.96$$

$$t = 24 \text{ años.}$$

Problemas con modelos de rotación simple.

El periodo de rotación simple será limitado a un caso en el cual la tierra está disponible en forma ilimitada y la renta de la tierra es cero. En otras palabras, un solo ciclo de plantación incluye otros ingresos efectivos que los de la renta de la tierra. Si la renta de la tierra no es cero, entonces el modelo de rotación simple, podrá ser engañoso. Suponemos que la tierra no tiene una oferta ilimitada y el propietario forestal tiene la opción de cortar y permitir su arriendo. Por lo tanto, de un modo más general, el costo extra de la rotación por un periodo más es igual al valor de renta de la tierra, que tendría que pagarse durante ese periodo. Algunos reconocidos economistas, además de silvicultores (Von Thunen, 1826; Hotelling, 1925; Fisher, 1930), han errado en sus análisis cuando generalizan la solución de rotación simple, el cual es verdaderamente un caso limitado.

Ahora, planteemos el problema desde un ángulo diferente, el cual ha sido planteado por algunos economistas, tales como Boulding (1935) y Goundrey (1960), como el método de la

tasa interna de retorno en el cual el rendimiento cero del valor presente neto da u ofrece una mejor solución al problema de rotación en la economía forestal. En lugar de encontrar el periodo de tiempo que maximiza el valor presente neto, encontramos un periodo de tiempo de maximiza la tasa interna de retorno. Para reescribir la ecuación (4.2.2), tenemos:

$$VPN= 0 = R_t e^{-xt} - C. \quad (4.2.5)$$

Nótese que x es la tasa interna de retorno, la cual es desconocida. Nuestro problema ahora es encontrar el periodo de tiempo en la ecuación (4.2.5) que maximiza la tasa interna de retorno, x . Para hacer esto, primero modificamos nuestra ecuación (4.2.5):

$$C = R_t e^{-xt}$$

Tomando un logaritmo natural de ambos lados:

$$\ln C = \ln R_t e^{-xt}$$

y resolver para x :

$$xt = \ln R_t - \ln C$$

$$x = (1/t) \ln \{ R_t / C \} \quad (4.2.6)$$

Usando la función del ingreso en el **ejemplo 1**, el cual es $R_t = 4000 (1+t)^{1/2}$, y la función de costos, la cual es $C = 6000$, nos permite encontrar los rendimientos máximos x en el periodo de tiempo en la ecuación (4.2.6). Para ello tomaremos varios valores para t , empezando desde 10.

Para $t = 10$:

$$x = 1/10 \ln \left[(4000(1+10)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/10 \ln (2.21)$$

$$= 0.079 \text{ ó } 7.9\%$$

Para $t = 5$:

$$x = 1/5 \ln \left[(4000(1+5)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/5 \ln (1.63)$$

$$= 0.098 \text{ ó } 9.8\%$$

Para $t = 4$:

$$x = 1/4 \ln \left[(4000(1+4)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/4 \ln (1.49)$$

$$= 0.10 \text{ ó } 10.0\%$$

Para $t = 3$:

$$x = 1/3 \ln \left[(4000(1+3)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/3 \ln (1.33)$$

$$= 0.095 \text{ ó } 9.5\%$$

El periodo óptimo de la maximización de la tasa interna de retorno en este ejemplo es de 4 años. La tasa interna de retorno maximizada, la cual es del 10%, que más bien es la tasa de interés del mercado, la cual era 2% en el **ejemplo 1**.

4.3 MODELO DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES ESCENICOS

Modelo.

El modelo es construido por la creación de un número simplificado de supuestos similar a los usados por Gannon 1969; (citado por Kula, 1994)

1. En un medio ambiente hipotético, hay un cierto stock de recursos naturales escénicos, W , y su oferta permanecerá fija.

$$= 1/10 \ln (2.21)$$

$$= 0.079 \text{ ó } 7.9\%$$

Para $t = 5$:

$$x = 1/5 \ln \left[(4000(1+5)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/5 \ln (1.63)$$

$$= 0.098 \text{ ó } 9.8\%$$

Para $t = 4$:

$$x = 1/4 \ln \left[(4000(1+4)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/4 \ln (1.49)$$

$$= 0.10 \text{ ó } 10.0\%$$

Para $t = 3$:

$$x = 1/3 \ln \left[(4000(1+3)^{1/2}) / 6000 \right]$$

$$= 1/3 \ln (1.33)$$

$$= 0.095 \text{ ó } 9.5\%$$

El periodo óptimo de la maximización de la tasa interna de retorno en este ejemplo es de 4 años. La tasa interna de retorno maximizada, la cual es del 10%, que más bien es la tasa de interés del mercado, la cual era 2% en el **ejemplo 1**.

4.3 MODELO DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES ESCENICOS

Modelo.

El modelo es construido por la creación de un número simplificado de supuestos similar a los usados por Gannon (1969).

1. En un medio ambiente hipotético, hay un cierto stock de recursos naturales escénicos, W , y su oferta permanecerá fija.

2. Lo servicios científicos y de esparcimientos provistos por estos recursos escénicos se incorporan a una función de utilidad individual, de la misma naturaleza que para otras mercancías. Los valores sociales de los recursos naturales escénicos se valoran como bienes de consumo perpetuos. Otros bienes tales como los productos manufacturados, los productos agrícolas y servicios convencionales se colocan en una categoría diferente (G).
3. Del mismo modo, se agregan los insumos. Capital y trabajo se colocan juntos dentro de un mismo grupo y los recursos naturales escénicos, en otro; ambos son homogéneos y divisibles. Un recurso natural escénico es un insumo pero también es un producto potencial.
4. Una vez que los recursos naturales escénicos son usados como insumos para producir G, el proceso es irreversible. En otras palabras, la utilización de los recursos escénicos como insumos harían su restauración imposible.
5. Cuando ocurre el progreso tecnológico ello solo puede reforzar la capacidad de producción de G. El producto de la naturaleza, W, no puede ser incrementado por el avance tecnológico.

Del lado de la demanda se deben establecer curvas de indiferencia convencionales, que implica que la utilidad marginal para G y W es positiva. Cuando los niveles de ingreso son bajos la curva de indiferencia estará orientada hacia G. En otras palabras a niveles de ingresos bajos, la utilidad marginal de alimentos, bienes fabricados y servicios convencionales, será más alta la utilidad marginal de los recursos naturales escénicos. La situación es vista en la **Figura 1**.

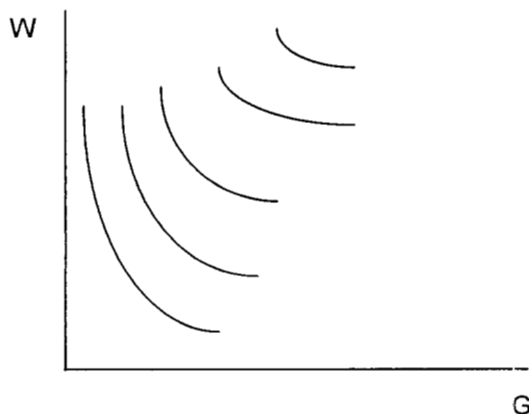


Figura 1 Curva social de indiferencia para los recursos escénicos (W) y bienes y servicios convencionales (G).

Del lado de la oferta la curva de posibilidades de producción convencional, el cual es infinitamente divisible y cóncava indicando la tasa decreciente de cada insumo agregado. Cualquier punto de la curva de posibilidades de producción, PP, indica que los insumos son completamente usados para producir una mezcla de dos productos, G y W. En el punto A la mezcla de producto es OW' , de los recursos naturales escénicos y OG' , de bienes y servicios. Es importante observar del supuesto 1 y 2, una vez que A es obtenida, la sociedad no puede desplazarse hacia el noroeste a lo largo de la frontera de posibilidades de producción, lo que implicaría recobrar los recursos naturales escénicos encerrados en la producción de G. Sin embargo, la sociedad puede moverse siempre al sudoeste a lo largo de la frontera derecha al punto P en el eje horizontal, si lo desea. Además cuando la tecnología avanza, las posibilidades de producción puede desplazarse solo a lo largo del eje horizontal como se muestra en la **Figura 2**. Esto es, la tecnología moderna no puede recuperar ni puede reproducir una belleza natural.

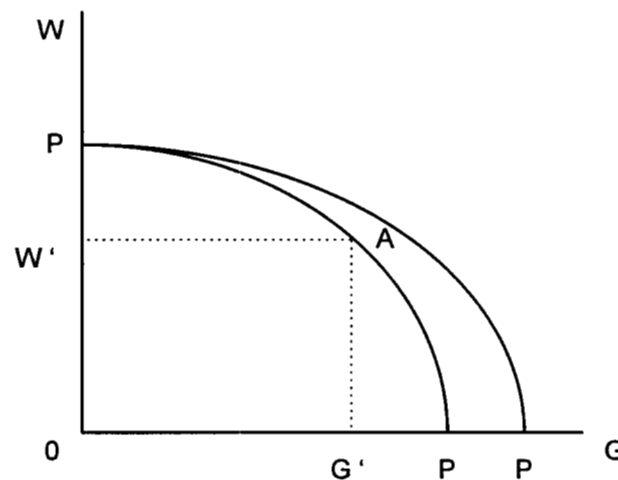


Figura 2 Frontera de posibilidades de producción para G y W.

El próximo paso es poner el mapa de indiferencia junto con la frontera de posibilidades de producción (**Figura 3**). Dados todos los supuestos del modelo, la política de asignación óptima social es identificada en A, el punto donde la curva de indiferencia es tangente a la

frontera de posibilidades de producción. En el punto A la pendiente de la curva de indiferencia, I_e es igual a la inclinación de la frontera de posibilidades de producción, PP.

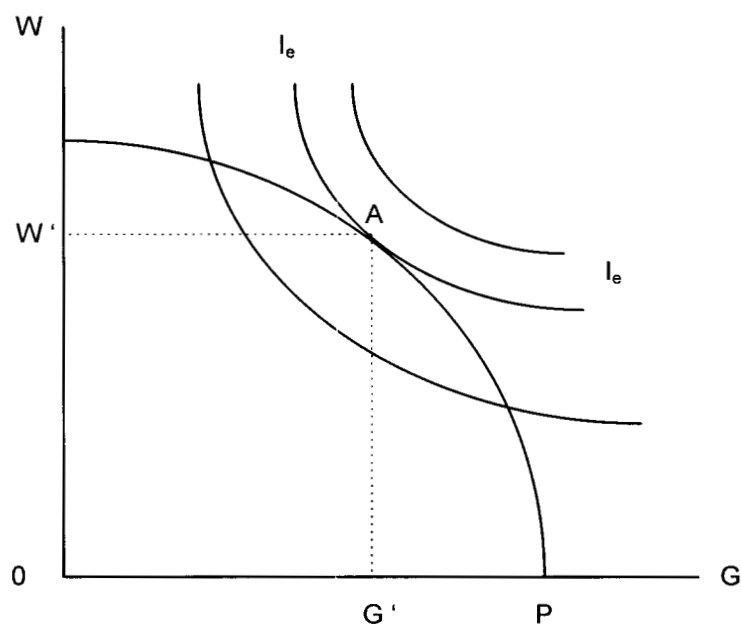


Figura 3 Asignación social óptima de los recursos naturales escénicos.

Tomaremos a A para explorar dos casos diferentes: (1) una situación en la cual el progreso tecnológico tiene lugar sin ningún cambio en los gustos o las preferencias : (2) la tecnología va cambiando conforme se dan los cambios en los gustos, favoreciendo a los recursos naturales escénicos. La **Figura 4** muestra el primer caso.

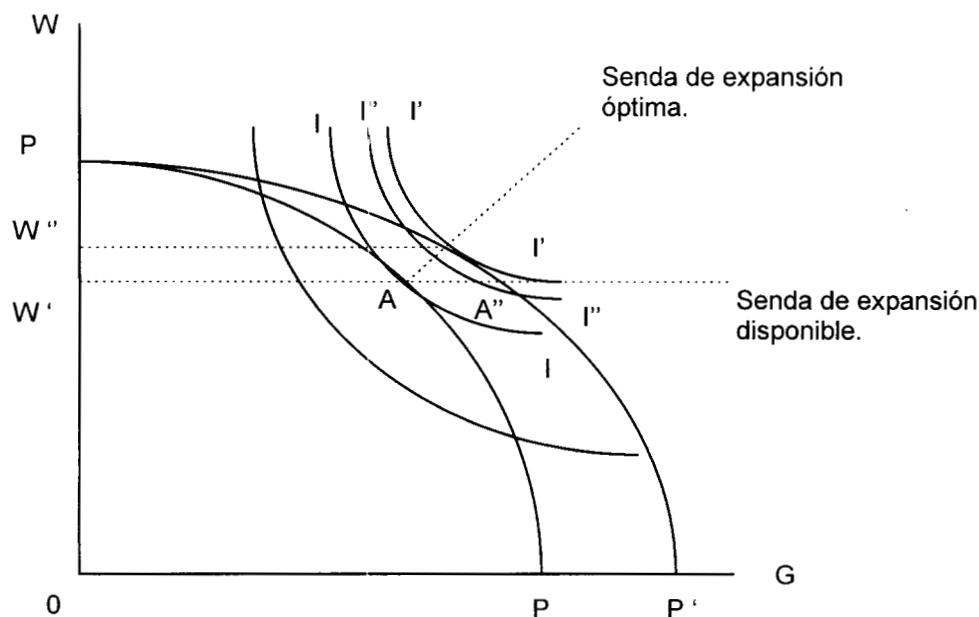


Figura 4 Asignación social óptima de los recursos naturales escénicos a través del tiempo con progreso tecnológico.

La frontera de posibilidades de producción se expande a lo largo del eje horizontal. En la nueva situación, PP' es tangente a la curva de indiferencia $I' I'$ y esto demanda un nivel de fenómeno natural $O W''$ el cual no es disponible (supuesto 4).

Recuperar el nivel de recursos naturales escénicos $W' W''$ del proceso de producción esta fuera del dominio del supuesto. Lo mejor que la sociedad puede hacer es colocarse en A'' el cual contiene $O W$ de recursos escénicos. Nótese que la curva de indiferencia $I'' I''$ es menos a $I' I'$. Las dos sendas de expansión : óptimo y disponible.

En la segunda situación, la tecnología cambia con los gustos favoreciendo a los fenómenos naturales. Si imaginamos que la frontera de posibilidades de producción se expande a lo largo de eje horizontal. Las curvas de indiferencia son menos y menos planas.

Gannon (1969) señala al margen de su análisis un paralelo entre una conclusión *malthusiana* y la obtenida en este análisis. Un sector agrícola estancado es reemplazado por un sector no explotado de recursos escénicos. En economía malthusiana la historia da algunos ejemplos de como el ritmo de progreso tecnológico ha incrementado la disponibilidad de alimentos por encima de la demanda. Una situación similar no se presenta en el caso de los recursos escénicos.

Hay un grupo de economistas (Fisher *et al.*, 1972; Arrow y Fisher, 1974; Smith, 1977; Smith y Krutilla, 1972) que plantean que a medida que incrementamos nuestra habilidad para fabricar productos manufacturados nuestra habilidad para mantener nuestros recursos escénicos decrece. La principal razón de esto es la contaminación y la congestión ambiental. En otras palabras y con referencia a las figuras que hemos venido comentando, la frontera de posibilidades de producción no puede ser fijada en P a lo largo del eje vertical pero puede actualmente desplazarse hacia el sudeste a medida que la tecnología avanza (**Figura 5**). Esto podría, sin duda, darse por un salto en el bienestar.

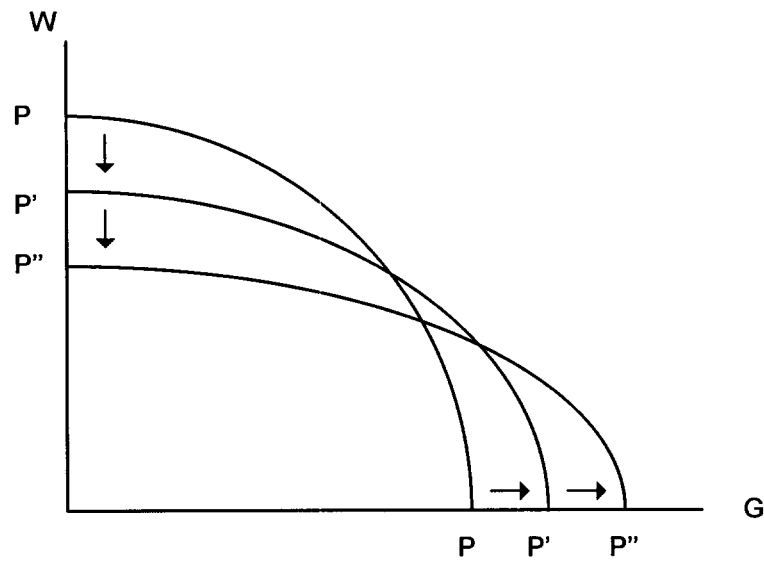


Figura 5 Disminución del sector del fenómeno natural pagado al progreso tecnológico y crecimiento económico.

4.4 MODELOS DE DEPRECIACION ECONOMICA PARA LOS RECURSOS NO RENOVABLES.

En economía de los recursos naturales se ha dado un amplio debate en torno al concepto de **depreciación económica** y de su aplicación a los recursos no renovables (minerales). La controversia entre los economistas de los recursos naturales gira en torno a la depreciación económica, sus interrelaciones con el agotamiento de los stocks de recursos naturales no renovables y a las diferentes metodologías para medir el valor de la depreciación.

El Ingreso

La controversia parte del concepto hicksiano de ingreso (Hicks, 1942). La noción de Hicks de ingreso se reduce a la siguiente expresión:

$$r(t) V(t)$$

donde $V(t)$ es el valor del acervo de recursos naturales no renovables o la **riqueza** y $r(t)$ es el **interés** expresado como *tasa de retorno* de la riqueza, $V(t)$, que podría sostenerla indefinidamente.

En términos económicos esto significa que *si deseamos sostener un ingreso indefinidamente, debemos apartar y conservar fondos iguales a su depreciación*. Los consumos en exceso de estos montos disminuirán nuestro acervo, o depreciarán el stock de nuestros recursos.

Esta definición establece que **el ingreso** es aquel nivel de consumo que podría disfrutarse sin disminuir el capital natural o acervo de recursos que lo generan. Para ello es necesario, por lo tanto, sustraer del ingreso percibido algún flujo monetario que represente la depreciación del stock de recursos naturales (o del capital natural o de la riqueza).

La cuestión siguiente, entonces es ¿Cómo medir esta depreciación?

La Depreciación Económica.

Por definición, *la depreciación* existe cuando $V(t+1)$, el valor de un acervo de capital o recurso natural en el tiempo $t+1$ es más pequeño de lo que era en el período anterior, $V(t)$. La depreciación es, entonces, *la degradación del valor de un recurso*.

Pero dado que *el valor* de un recurso depende de *su uso óptimo* una definición más rigurosa de la depreciación es la siguiente:

La depreciación económica es el cambio en el valor de un recurso no renovable bajo condiciones óptimas de uso.

Midiendo la Depreciación Económica.

Los economistas de recursos naturales han enfrentado los problemas relacionados con los recursos no renovables, diseñando diferentes estrategias metodológicas orientadas a medir

la depreciación de tales recursos. A continuación se presentan en forma resumida algunos de sus resultados.

El Método de Cambio en el Valor (CIV: “The Change in Value Method”).

Puesto que la depreciación es, simplemente, la degradación en el valor de un acervo de recursos bajo condiciones de uso óptimo, la depreciación en un periodo dado puede calcularse determinando el valor del acervo, al principio y al final del periodo, y tomando la diferencia, asumiendo siempre que el recurso ha sido usado en condiciones óptimas. Este es el llamado Método de Cambio en el Valor (CIV).

La expresión matemática de este método es la siguiente:

$$V_t = R_t + [1/(1+r)] R_{t+1} + [1/(1+r)]^2 R_{t+2} + \dots + [1/(1+r)]^n R_{t+n}$$

donde $R(t)$ es la renta o el ingreso devengado en el año t , r es la tasa de interés, y $n+t$ es la fecha calendario en la que se da por agotado el recurso. Puesto que el aprovechamiento empieza en el año t , n representa a los años restantes de vida del recurso en el año t . Por ejemplo: si principiemos la explotación en el año $t = 1990$, y prevemos su agotamiento para el año $n+t = 2000$, entonces en 1990 los años restantes de vida del recurso es $n = 2000 - 1990 = 10$. Similarmente el valor del recurso para el año siguiente será

$$V_{t+1} = R_{t+1} + [1/(1+r)] R_{t+2} + [1/(1+r)]^2 R_{t+3} + \dots + [1/(1+r)]^n R_{t+n}$$

Por lo tanto, la depreciación, el cambio en el valor, puede escribirse matemáticamente como

$$V_t - V_{t+1} = R_t - [r/(1+r)] V_{t+1}.$$

Esta es conocida como la **ecuación fundamental de equilibrio del acervo (FEAE:** “fundamental equation of asset equilibrium”).

La depreciación como la Renta Total de Hotelling (THR : “Total Hotelling Rent”).

La Renta Total de Hotelling, es *la porción de las utilidades que acumulan las empresas dedicadas a la explotación de un recurso natural no renovable*. La regla de Hotelling implica que puesto que el recurso es no renovable, o agotable, será explotado más lentamente que si su oferta fuera infinita. El dueño del recurso extraerá un monto menor al que iguala sus ingresos y sus costos marginales, y consecuentemente, será un monto igual a la renta o utilidad devengada por una empresa que compite con ella con respecto a una tonelada marginal.

La Renta de Hotelling es, por lo tanto, una medida de la escasez intertemporal de un recurso no renovable. Refleja el hecho de que los depósitos agotables disminuyen conforme se usen. No es sorprendente entonces que la **Renta Total de Hotelling** (la Renta de Hotelling multiplicada por la cantidad total extraída del recurso) sea igual a la depreciación.

El método de la **RHT** requiere para su cálculo de mucho menor información que **CIV**: el **precio** (o el ingreso marginal) y **el costo marginal**, además de *la cantidad* extraída del recurso para integrar la utilidad marginal o Renta de Hotelling.

Por ello, **RHT** es mucho más fácil de computar, no requiere de ningún plan de extracción, ni de descuentos de ingresos futuros, ni son necesarias predicciones de precios o costos futuros.

La inclusión de los descubrimientos.

Una variante del método de Hotelling se da en el caso en que el cómputo de la depreciación incluya los descubrimientos de un recurso no renovable. En este caso, el razonamiento es el siguiente:

Se supone que D_t representa a los *descubrimientos* efectuados en el periodo en el que se extrae una cantidad Q_t de un recurso agotable o no renovable.

Entonces

$$Q_t - D_t$$

será la extracción neta.

Si

$$P_t - MC_t(Q)$$

esto es, el precio menos el costo marginal es equivalente a la renta de una tonelada marginal *sin descubrimiento*, entonces

$$P_t - MC_t(Q) - MC_t(D)$$

sería la renta marginal relevante *con los descubrimientos*, siendo $MC_t(D)$ los costos de descubrir una tonelada marginal del recurso.

Esto sugerirá una fórmula para ampliar la idea de Hotelling a la de la **depreciación económica neta**:

$$[P_t - MC_t(Q) - MC_t(D)](Q - D)$$

que ampliaría la renta marginal, aumentando la tasa de interés para abarcar simultáneamente una senda de extracción y de exploración óptima para la empresa que aproveche el recurso no renovable.

La introducción de los descubrimientos y las consideraciones anteriores, plantean una refinación de la fórmula de la Renta Total de Hotelling:

$$[P_t - MC_t(Q)]Q - MC_t(D)D$$

El cálculo de la Depreciación Económica de El Serafy.

El Serafy adopta la noción hicksiana de que el ingreso es el nivel de consumo que puede sostenerse independientemente. El aprovechamiento de un **recurso no renovable** representa un flujo finito de ingresos futuros que pueden representarse por una infinita corriente de ingresos. Se podría vender el recurso en cuestión, que se venderá a acuerdo a su corriente finita de rentas futuras, y colocar este valor **V** en el *banco*, generando intereses cada año. Esto es, cualquier corriente finita de ingresos puede igualarse a un anualidad en el futuro.

La diferencia **R-X** entre la renta generada por el recurso en un año dado, **R(t)** y la anualidad sustentable (el ingreso hicksiano) del recurso **X** ($= r V$, r es la tasa de interés) es la **depreciación económica** o **“costo del usuario”**.

Fórmula de El Serafy

El Serafy define a la depreciación económica como :

$$R - X = R (1/ (1+r)^{n+1})$$

donde **R** es la utilidad corriente, asumiendo que será constante en los años que restan de vida al recurso, y **X** es el ingreso hicksiano.

El método de El Serafy.

El método de **El Serafy** computa la depreciación económica haciendo uso de la fórmula anterior.

El Método puede resumirse en esta ecuación:

$$R - X = R (1 / (1+r)^{S/q+1})$$

donde **S** es el stock de recursos que restan en la vida explotable del recurso, y **q** es el monto extraído en el periodo de que se trata. **S/q** es el estimado de **n**.

Una nota adicional al planteamiento de El Serafy.

Para El Serafy lo que se puede contabilizar como ingreso es el rendimiento del activo fijo. Pero el activo no renovable no genera *per se* un rendimiento, es necesario por ello cambiarlo a un activo financiero.

Se trataría entonces de convertir el recurso agotable explotado en un flujo de ingresos perpetuo, para asegurar los ingresos a futuro. Así, una serie finita de ingresos por la venta del recurso deberá ser convertida en una serie de ingresos reales tal que el valor capitalizado de ambas series sea igual. Por ello, El Serafy empieza por separar la parte de la venta del recurso que se debe considerar verdaderamente como ingreso, y la parte que sería la descapitalización o agotamiento del recurso, que debe amortizarse. La parte que se considera capital, debe ser separada del consumo para invertirla y crear un flujo perpetuo de ingresos.

Por ello se hace necesario definir las dos porciones aludidas, la parte del ingreso y la parte del capital, a través de la ecuación discutida.

La tabla 1 presenta una comparación de las medidas de depreciación económica. Nos permite recordar cada método. **CIV** encuentra el valor de un bien del principio y final de un periodo de tiempo en cuestión y toma la diferencia **V(t) - V(t+1)**. **RTH** encuentra el precio y el costo de una tonelada marginal, y multiplicando ello por la cantidad extraída sobre el periodo en cuestión. Finalmente, **ME** requiere la sustitución corriente de beneficios, la tasa

de interés, y S/q (stock restante sobre la extracción corriente), el cual es un estimado de la vida restante del depósito, en la ecuación siguiente:

$$R - X = R (1 / (1+r)^{s/q+1})$$

Tabla 1 Comparación de las medidas de Depreciación Económica

Cambio en el Valor(CIV)	Renta Total de Hotelling (RTH)	Método El Serafy (ME)
Debe de obtener un estimado del valor de la reserva restante en dos fechas consecutivas. El grueso de los datos requiere al menos que el valor del mercado este disponible. Teoréticamente el equivalente de la depreciación económica. La precisión es como un bien estimado arriba mencionado.	Debe de estimarse la cantidad extraída durante el periodo corriente y los beneficios en una tonelada marginal (precio menos costo marginal). Los datos del costo marginal puede dificultar la obtención. Teoréticamente el equivalente de la depreciación económica. La precisión es como un bien estimado arriba mencionado.	Debe de estimarse la cantidad extraída durante el periodo corriente, el beneficio total corriente, y las reservas restantes. Los datos de los beneficios corrientes pueden dificultar la obtención. Las reservas estimadas frecuentemente son dudosas. Una aproximación de la depreciación económica. En una simulación, lo estimado será cerrado a la depreciación económica exacta.

CONCLUSION

La *economía de los recursos naturales* pone énfasis en la cuestión de los límites biofísicos y ecológicos de la Tierra y plantea la necesidad de desarrollar técnicas y metodologías que permitan, desde la perspectiva del análisis económico abordar los problemas planteados por el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables.

Esta cuestión es importante porque es evidente que la sociedad mexicana, en particular, y la humanidad en general han hecho hasta ahora un uso poco prudente y no sustentable de sus recursos. Estos se ven cada vez más amenazados por usos excesivos que sobrepasan los límites fijados por los rendimientos sostenibles y por la posibilidad de recuperación de la naturaleza y de su sustitución (en el caso de los recursos no renovables) por una fuente renovable.

El manejo eficiente de los recursos renovables requiere por ello algunos regímenes basados en derechos, obligaciones y privilegios. Se tiene por ello que encontrar un camino para lograr un uso sustentable de estos recursos. Esta es la preocupación central del primer capítulo del presente trabajo. Se discuten por ello conceptos como los de los *Rendimientos Máximos Sostenibles* y las soluciones que ofrecen las herramientas analíticas del *economista* a los problemas de la extinción de las especies.

En cuanto a los recursos no renovables se discuten algunos principios fundamentales de uso óptimo y la cuestión central de la medida económica de la escasez de los mismos. Esta constituye una cuestión crítica en el debate sobre la utilización de recursos vitales como los energéticos cuyos acervos no son

reproducibles en la escala del tiempo histórico humano y que ocupan un lugar privilegiado en la consideración del capital natural de una sociedad para alcanzar las metas de la sustentabilidad de su desarrollo.

Al final los modelos económicos que se presentan en la segunda parte nos permiten entender algunas de las decisiones en torno al uso de los recursos. Los casos que se discuten tienen la intención de acercarnos al análisis de recursos tales como los energéticos, los pesqueros, los forestales y los escénicos, de los que México está especialmente dotado.

BIBLIOGRAFIA

KULA,E. 1994.

"Development of ideas on natural resources and the environment" in:
Kula, E. : Economics of Natural Resources, the Environment and Policies.
Cap. 1: 1-41 Chapman & Hall. London.

KULA,E. 1994.

"Agriculture and the environment" in:
Kula, E. : Economics of Natural Resources, the Environment and Policies.
Cap. 4: 127-143 Chapman & Hall. London.

KULA,E. 1994.

"Economics of environmental degradation and policies" in:
Kula, E. : Economics of Natural Resources, the Environment and Policies.
Cap. 6: 177-211 Chapman & Hall. London.

KULA,E. 1994.

"Economics and policies in forestry" in:
Kula, E. : Economics of Natural Resources, the Environment and Policies.
Cap. 3: 75-126 Chapman & Hall. London.

KULA,E. 1994.

"Economics of natural wonders" in:
Kula, E. : Economics of Natural Resources, the Environment and Policies.
Cap. 9: 256-273 Chapman & Hall. London.

ERNST LUTZ 1993.

"Economic Depreciation of Mineral Stocks and the Contribution of El Serafy" in:
Ernst Lutz : Toward Improved Accounting for the Environment.
Cap.12: 211-235 The World Bank Washington, D.C.

PEARCE,D.and R.K. TURNER.1990.

"Renewable resources" in:
Pearce,D. and R.K. Turner : Economics of natural resource and the environmental. The Johns Hopkins University Press.Part IV: The economics of natural resources.
Cap.16: 241- 261.

PEARCE,D.and R.K. TURNER.1990.

"The extinction of species" in:
Pearce,D. and R.K. Turner : Economics of natural resource and the environmental. The Johns Hopkins University Press.Part IV: The economics of natural resources.
Cap. 17: 263- 270.

PEARCE,D.and R.K. TURNER.1990.

"Exhaustible resources" in:

Pearce,D. and R.K. Turner : Economics of natural resource and the environmental. The Johns Hopkins University Press.Part IV: The economics of natural resources.

Cap. 18: 271- 287.

PEARCE,D.and R.K. TURNER.1990.

"Measuring and mitigating natural resource scarcity" in:

Pearce,D. and R.K. Turner : Economics of natural resource and the environmental. The Johns Hopkins University Press.Part IV: The economics of natural resources.

Cap. 19: 288- 308.

TURNER, K.R.; D. PEARCE and I. BATEMAN. 1994.

"Renowable resources" in:

Turner, K.R. ; D. Pearce and I. Bateman: Environmental economics. An Elementary Introduction Part V: Natural resources.

Cap. 15: 205- 220.

TURNER, K.R.; D. PEARCE and I. BATEMAN. 1994.

"No-renewable resources" in:

Turner, K.R. ; D. Pearce and I. Bateman: Environmental economics. An Elementary Introduction Part V: Natural resources.

Cap. 16: 221- 234.

I.G. SIMMONS. 1991.

"Introduction" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part I : Resources and environment : the linkages.

Cap. 1: 3- 14.

I.G. SIMMONS. 1991.

"History of resource use" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part I : Resources and environment : the linkages.

Cap. 2: 15- 27.

I.G. SIMMONS. 1991.

"Resource systems" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part I : Resources and environment : the linkages.

Cap. 3: 28- 33.

I.G. SIMMONS. 1991.

"Energy: the binding resource" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part II : Resource systems.

Cap. 4: 37- 69.

I.G. SIMMONS. 1991.

"Renewable resource" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part II : Resource systems.

Cap. 5: 70- 114.

I.G. SIMMONS. 1991.

"No-renewable resource" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part II : Resource systems.

Cap. 6: 115- 129.

I.G. SIMMONS. 1991.

"Environments as resources" in:

I.G. Simmons: Earth, Air and Water. Part II : Resource systems.

Cap. 7: 130- 155.

S.V. CIRIACY-WANTRUP.

"Significado y clasificación de los recursos" en:

S.V. Ciriacy-Wantrup: Conservación de los recursos: Economía y política. FCE. México-Buenos Aires. Parte 1: Orientación del estudio, Cap. 3: 32- 52.

DAVID W. PEARCE and JEREMY J. WARFORD. 1993

"Population, resources and environment" in:

David W. Pearce and Jeremy J. Warford: World Without End. Economics, Environment and Sustainable Development. Oxford University Press. Cap. 6: 149- 171.

DAVID W. PEARCE and JEREMY J. WARFORD. 1993

"Policy failure: Pricing below private cost" in:

David W. Pearce and Jeremy J. Warford: World Without End. Economics, Environment and Sustainable Development. Oxford University Press. Cap. 7: 173- 193.

DAVID W. PEARCE and JEREMY J. WARFORD. 1993

"Market failure: Social pricing distortions" in:

David W. Pearce and Jeremy J. Warford: World Without End. Economics, Environment and Sustainable Development. Oxford University Press. Cap. 8: 195- 214.

DAVID W. PEARCE and JEREMY J. WARFORD. 1993

"Planning failure: Socialist planning and the environment" in:

David W. Pearce and Jeremy J. Warford: World Without End. Economics, Environment and Sustainable Development. Oxford University Press. Cap. 9: 217- 232.

CHARLES V. KIDD and DAVID PIMENTEL. 1992.

"Food production" in:

Charles V. Kidd and David Pimentel: Integrated resource management. Agroforestry for Development. Part I: Overview, Cap. 1: 3- 28.

CHARLES V. KIDD and DAVID PIMENTEL. 1992.

"Population change: Global trends and future implications" in:

Charles V. Kidd and David Pimentel: Integrated resource management. Agroforestry for Development. Part I: Overview, Cap. 2: 29- 48.

CHARLES V. KIDD and DAVID PIMENTEL. 1992.

"Soil and land" in:

Charles V. Kidd and David Pimentel: Integrated resource management. Agroforestry for Development. Part II: Soil and water resources, Cap. 3: 51- 64.

CHARLES V. KIDD and DAVID PIMENTEL. 1992.

"Soil erosion" in:

Charles V. Kidd and David Pimentel: Integrated resource management. Agroforestry for Development. Part II: Soil and water resources, Cap. 4: 65- 79.

CHARLES V. KIDD and DAVID PIMENTEL. 1992.

"Water" in:

Charles V. Kidd and David Pimentel: Integrated resource management. Agroforestry for Development. Part II: Soil and water resources, Cap. 5: 81- 99.

SANCHEZ VICENTE, CASTILLEJOS MARGARITA Y ROJAS BRACHO LEONORA. 1989

"La utilización de los recursos naturales renovables y su impacto sobre el medio ambiente" en:

Sánchez Vicente , Castillejos Margarita y Rojas Bracho Leonora : Población , recursos y medio ambiente en México. Cap. 3 : 63-94 Fundación Universo Veintiuno.

SANCHEZ VICENTE, CASTILLEJOS MARGARITA Y ROJAS BRACHO LEONORA. 1989

"La utilización de los recursos naturales no renovables y su impacto sobre el medio ambiente" en:

Sánchez Vicente , Castillejos Margarita y Rojas Bracho Leonora : Población , recursos y medio ambiente en México. Cap. 4 : 95-102 Fundación Universo Veintiuno.

VALENCIA ARAMBULO MOISES. 1988

"Conceptos básicos de economía aplicados al estudio de las pesquerías" en:

Valencia Arámbulo Moisés : Economía Pesquera. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Cap. 2 : 57-95

VALENCIA ARAMBULO MOISES. 1988

"Modelos económicos de pesquerías" en:

Valencia Arámbulo Moisés : Economía Pesquera. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Cap. 3 : 97-139