

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE  
ESCUELA DE INGENIERIA COMERCIAL

TEXTO DE ESTUDIO  
GESTION DE RECURSOS NATURALES

SERGIO ZUÑIGA  
KARLA SORIA

COQUIMBO, JUNIO 1997

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. LA CIENCIA ECONÓMICA: EL PROBLEMA ECONÓMICO.....</b>	<b>3</b>
INTRODUCIENDO LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN .....	4
INGRESOS .....	7
COSTOS.....	8
BENEFICIO ECONÓMICO: .....	10
<b>3. EL MODELO DE GORDON (1954) .....</b>	<b>11</b>
CURVA DE RENDIMIENTO (PRODUCCIÓN) .....	11
COSTOS.....	12
<b>4. EL MODELO EN FORMA DINÁMICA (SCHAEFER) .....</b>	<b>16</b>
COSTOS E INGRESOS: .....	17
<b>5. RECURSOS RENOVABLES: EL PROBLEMA DE LOS COMUNES .....</b>	<b>19</b>
LOS DERECHOS DE PROPIEDAD .....	19
EXTERNALIDADES: COSTO SOCIAL VERSUS COSTO PRIVADO.....	19
LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES.....	21
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>22</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento docente tiene como objetivo presentar de manera sucinta el vínculo de la economía con los recursos naturales. Más específicamente, el análisis se centrará en los recursos naturales renovables y dentro de éstos se tomará a la pesca como objeto de estudio para poder determinar el óptimo económico en situación de libre acceso al mar y sin él; así como, el máximo sustentable. En este sentido, se estudiarán tanto aspectos de la ciencia económica como de la biología y acuicultura marina.

A manera de resumen se debe destacar que el documento tendrá tres partes. En la primera hablaremos de la ciencia económica y sus conceptos básicos, posteriormente nos centraremos en plantear y comparar los modelos de Gordon y Schaefer con miras a obtener el máximo sustentable y máximo económico, y finalizaremos con una generalización del modelo pesquero con libre acceso, denominado el problema de los comunes.

## **2. LA CIENCIA ECONÓMICA: EL PROBLEMA ECONÓMICO**

La economía como ciencia vista de manera global, se orienta a solucionar el problema de la existencia de escasez de recursos productivos frente a necesidades ilimitadas de los individuos. Esta situación nos lleva a realizar elecciones, las cuales deben caracterizarse por ser lo más eficientes posibles, entendiendo eficiente como aquella situación en la cual ningún agente económico pudiera mejorar sin empeorar la situación de otro.

La eficiencia económica dentro de sus empresas exige que ésta escoja entre las diferentes combinaciones de recursos y tecnologías que puede utilizar en el procesos de producción. La selección de las técnicas a emplear dependerá de los precios relativos de los recursos y de la cantidad de productos a fabricar. La meta de la empresa privada es realizar su producción en forma tan barata (eficiente) como sea posible, para lo cual vamos a suponer que nuestra unidad de producción buscará maximizar el beneficio económico, aspecto que luego explicaremos. Por tanto, si la mano de obra es relativamente cara mientras que el capital es relativamente barato, la empresa deseará utilizar tecnología que utilice mucho capital y poca mano de obra. Si el capital es relativamente caro y la mano de obra relativamente barata, la tecnología más eficiente, diferirá también a distintos niveles de producción.

El medio ambiente constituye el gran sistema dentro del cual se pueden percibir las interdependencias entre los recursos naturales y el funcionamiento del sistema económico, determinándose el problema de gestión de los recursos naturales, es decir cómo conseguir que el medio ambiente logre un equilibrio dinámico estable. Usualmente se reconoce a los recursos naturales como todo aquello que aporta la naturaleza al proceso de producción: la tierra, productos agrícolas, maderas, productos del mar, el aire que se respira, el agua que se bebe, los minerales, etc. Finalmente, es importante mencionar que el flujo de residuos y desechos generados por la producción, distribución y consumo de bienes y servicios debe ser de tal magnitud que permita su asimilación por el medio ambiente.

En este sentido, luego de reconocidos los recursos naturales podemos seguir una clasificación tradicional de los mismos:

**Recursos Renovables:** pueden ser utilizados como insumos en el proceso productivo, sin que ello suponga una disminución global del stock de los mismos (animales, plantas, reservas de agua, etc.). Así por ejemplo, si la tasa de extracción de madera de un bosque no supera la tasa de renovación biológica, el tamaño global del stock no se verá disminuido. Sin embargo, si la tasa de extracción del recursos supera la tasa de regeneración natural, las existencias del recurso disminuirá, y eventualmente, pueden llegar a desaparecer si la explotación continúa.

**Recursos No Renovables:** No son susceptibles de una regeneración natural, al menos en términos de tiempo histórico (minerales, depósitos de combustibles fósiles). Cuando estos recursos se utilizan como insumos en el proceso productivo, se reduce necesariamente el stock, y si el proceso se mantiene es posible que se agoten. Por esto, los recursos no renovables se suelen denominar recursos agotables.

Cabe mencionar que el presente documento pretende permitir la comprensión del Modelo de Gordon y el de Schaefer, los cuales centran su atención en el caso de los recursos naturales renovables, específicamente en poder determinar el nivel óptimo de captura de peces. Para lograr aquello, hacen consideraciones de tipo biológicas, asimismo se involucran algunas herramientas y objetivos económicos para el funcionamiento del proceso de extracción de los peces. Llegando a poder diferenciarse los resultados económicos de aquellos recursos renovables que están en manos de privados de los que son de libre acceso o uso público.

### ***INTRODUCIENDO LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN***

Para poder realizar un seguimiento a los modelo desarrollados por y Gordon y luego Schaefer es importante tener en mente los siguiente conceptos vinculados al área microeconómica. En primer lugar es interesante que comprendamos los conceptos vinculados al proceso de producción de toda empresa. Hay que tener claro que toda empresa busca generar cierta cantidad de productos finales listos para ser consumidos en función de los insumos productivos.

Esencialmente se consideran cuatro insumos o factores de producción, tierra (T), trabajo (L) y capital (K), a los cuales podríamos agregarle la capacidad empresarial (C). Así se puede determinar una función de producción en términos de dichos insumos, es decir

$$Q = f(L, K, T, C)$$

Si queremos simplificar el análisis nos podemos concentrar en dos insumos tradicionales, capital y trabajo. Y bajo este esquema es que se analiza el proceso productivo de las empresas, valiéndonos de las conocidas isocuantas de producción, las cuales nos permiten definir diferentes combinaciones de insumos para obtener el mismo nivel de producción. Cabe mencionar que en este sentido, estamos pensando en una situación de largo de plazo dado que planteamos la posibilidad de modificar ambos niveles de utilización de insumos.

Sin embargo, si hacemos más restrictivo el análisis podemos llegar a predeterminar la utilización de un insumo de producción, y sólo permitirnos variar la utilización del otro, de esta forma podemos identificar las funciones de productos marginales (Pmg) y medias (Pme) para cada uno de los insumos, considerando el nivel del otro como conocido. Por ejemplo para el caso de la mano de obra o trabajo tendríamos:

$$PmgL = \frac{\partial Q}{\partial L}$$

$$PmeL = \frac{Q}{L}$$

Pero ¿cuál es la importancia de estas funciones?. El producto medio nos dice la producción promedio de cada insumo por unidad de tiempo. Es decir, por ejemplo si queremos saber a cuánto asciende la producción promedio de cada uno de los trabajadores de una empresa, debemos pensar en el producto medio, el cual como es lógico viene expresado en unidades de producto. Si en una empresa de zapatos hay mil trabajadores y el producto medio mensual es de 5, quiere decir que cada trabajador produce 5 pares de zapatos al mes. Notamos que no hacemos ninguna diferencia en el aporte de cada trabajador, es simplemente un promedio lineal. Lo mismo poder hacer para encontrar el producto medio de cada máquina por mes.

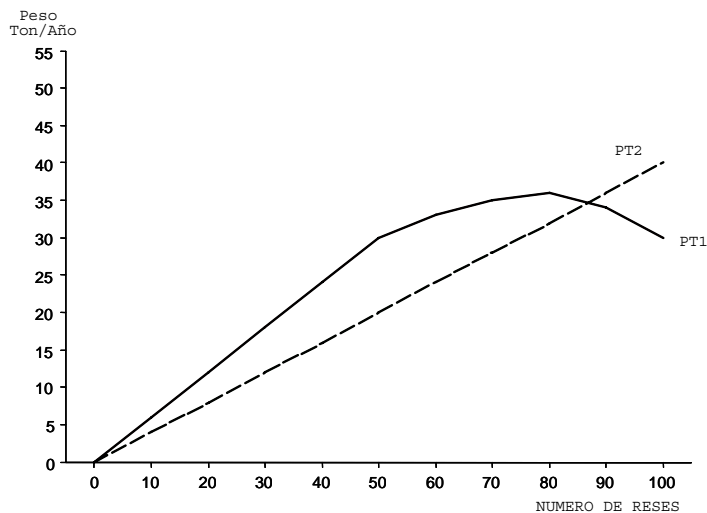
Asimismo, podemos nosotros verificar el efecto de introducir una nueva unidad de un insumo al proceso de producción. En este sentido estaremos pensando en lo que se llama el producto marginal. Si nos centramos en el caso de incluir un nuevo trabajador al proceso productivo, tendremos, por dar un ejemplo, que este último (marginal) trabajador aporta 4 pares de zapatos por mes. Es decir lo que este trabajador aporta al incorporarse al proceso de producción es de 4 pares de zapatos por mes. Similares conclusiones podemos hacer para el otro insumo considerado capital o maquinarias, equipo, planta, etc.

Asimismo, cuando nos limitamos al corto plazo, es decir considerando un único insumo de producción como variable, podemos obtener funciones de producción de las más distintas formas. Para nuestro caso de estudio el comportamiento de la función de producción (rendimiento) será de la forma descrita por la conocida von-Bertalanffy.

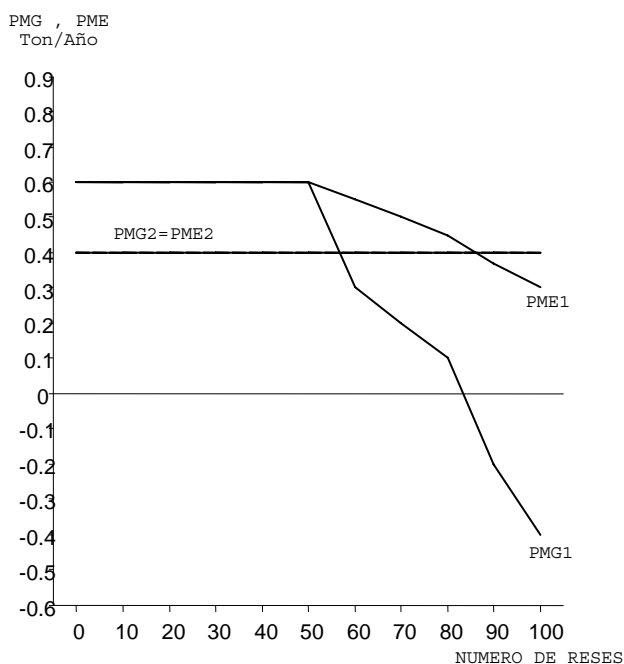
Con todos estos conceptos en mente nos podemos centrar ahora en determinar, cuál es la variable relevante para que el empresario o productor tome su mejor decisión entre dos o más actividades. Es decir estamos tratando de determinar cómo deben asignarse los recursos para maximizar la producción total: ¿será el producto medio o el producto marginal?

Consideremos a dos ganaderos, el Sr. Pretto y la Sra Funny, quienes deben repartir sus 100 cabezas de ganado en dos pastos que poseen. Si llevan a pastar cualquier número de reses inferior a 50 al pasto 1, cada una de las reses engordará 0,6 toneladas en un año. Sin embargo, el pasto 1 es pequeño, por lo cual si llevan más de 50 reses la tasa de engorda empieza a disminuir. La calidad de la hierba del pasto 2 es muy inferior a la del 1, pero la cantidad es ilimitada. Cualquiera que sea el número de reses que se lleva a pastar allí, cada una engordará 0,4 toneladas en un año. Dadas estas consideraciones ¿Cómo deben distribuir sus reses entre los dos pastos Pretto y Funny?

A continuación se presentan los gráficos del producto total para ambos pastos (a) y sus respectivas funciones de productos marginales y medios (b)



(a)



(b)

La solución permite verificar que el número de reses que deben ir al pasto 1 asciende a 56, en consecuencia 44 reses deben ir a alimentarse al pasto 2. Cabe destacar que de realizarse esta asignación estamos maximizando el nivel de producción total, que para nuestro ejemplo es tratar de obtener el máximo aumento en el producto total. Se llevarán reses al pasto 1 hasta el punto en el que las productividades marginales de ambos pastos se igualen, luego se llevarán las reses restantes al pasto 2 caracterizado por una productividad marginal constante y superior al producto marginal del pasto 1 desde la res 57. En este punto debemos tener claro que si llevamos más reses al pasto 1, la productividad marginal del ganado va disminuyendo por debajo de lo que engordan las reses en el pasto 2. En consecuencia si incluimos más reses en el pasto 1 el producto total no es el máximo, debido a la

disminución que se va operando en el pasto 1 originado por la ley de rendimientos decrecientes, hecho que no se verifica en el pasto 2, donde su producto marginal es constante al nivel de 0,4 toneladas/año. Notar que incluso puede llegarse a tener productividades marginales negativas en el pasto 1.

Para cerrar este tema de las productividades marginales y productos medios. Cabe analizar qué sucedería si tomamos la decisión en términos de productos medios, es decir pensar en aquel nivel en el cual las productividades medias de ambos pastos se igualan. Para nuestro caso sería aproximadamente 86 reses. Lo cual indicaría llevar 86 reses al pasto 1 y 14 al pasto 2. Sin embargo esta solución deja de lado el hecho de que luego de llevar 56 reses al pasto 1, el aporte individual de cada una en dicho pasto es menor al nivel posible de engorda alcanzable en el pasto 2, el cual asciende a 0,4 toneladas, mientras que según el gráfico podemos verificar que el nivel de engorda de las reses en el pasto 1 está por debajo de ese nivel, llegando incluso a ser negativo al incorporar la res 82 al pasto 1. Esto último implica que estamos perjudicando a las reses iniciales que pastaban eficientemente, afectando el producto total obtenible.

En consecuencia, la regla para repartir y producir eficientemente un recurso entre diferentes actividades productivas consiste en elegir el reparto hasta el punto en el que el producto marginal del recurso sea el mismo en todas las actividades y de ahí elegir la actividad que obtiene el mayor producto marginal (el concepto marginal domina al concepto de promedio o medio).

## **INGRESOS**

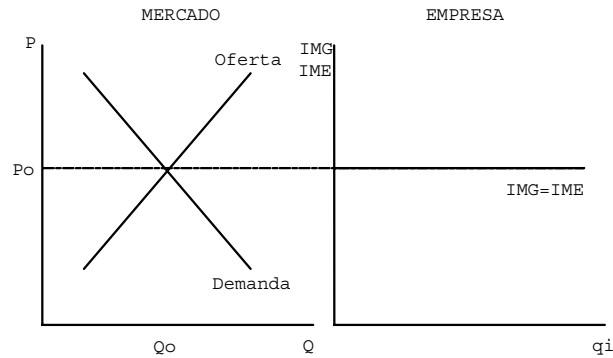
Hasta el momento no hemos dicho nada de los ingresos totales, indudablemente que estos dependen del volumen de ventas, es decir de la función de demanda a la que se enfrenta la empresa. Sin embargo considerando que nosotros vamos a centrarnos en una situación de competencia perfecta debemos recordar que cada una de las empresas participantes del mercado es precio aceptante, es decir es capaz de vender todo su producto final al precio de equilibrio de mercado.

En el mercado interactúan todos los oferentes (productores) o empresas y todos los demandantes (consumidores), y de esta interacción se determina el precio de equilibrio de mercado, siendo este el precio al cual cada una de las empresas vende su producción.

El otro supuesto importante que permite pensar en que realmente la empresa venda a ese nivel de precios y no uno mayor o menor es el supuesto de plena información. Vale decir que todos los agentes económicos, empresarios y consumidores, conocen todas las variables antes de tomar sus decisiones. Consecuentemente, si una empresa decidiera vender por encima del precio de equilibrio, no tendría consumidores potenciales, dado que ninguno estaría dispuesto a pagar un precio mayor por un mismo producto (homogeneidad del producto, otro supuesto del modelo de competencia perfecta) sabiendo (plena información) que existen otras (muchas) empresas que venden el producto a un precio más bajo.

Por otro lado, la empresa tampoco vendería a un precio menor que el de equilibrio, dado que sabe que tiene consumidores dispuestos a pagar el precio de mercado, lo cual implicaría disminuir su ingreso marginal.

En este sentido, bajo el modelo de competencia perfecta, el precio de equilibrio de mercado se convierte en la demanda a la cual se enfrenta cada empresa, es decir perfectamente elástica, a diferencia de la demanda de mercado que tiene pendiente negativa (bienes normales). En este sentido, el precio de equilibrio de mercado también representa el ingreso medio y el ingreso marginal para la empresa competitiva. Gráficamente podemos presentar el equilibrio del mercado de donde se deriva la curva de demanda de la empresa competitiva: el precio de equilibrio de mercado.



Así podemos expresar los ingresos totales:

$$IT = P * Q$$

donde :

P : es el nivel de precio de equilibrio del mercado, fijo.

Q : cantidad de producto vendida.

Para encontrar el ingreso medio (IME) o promedio se debe considerar:

$$Ime = \frac{IT}{Q}$$

En ingreso marginal, la cantidad de dinero que la empresa recibe por vender una unidad adicional:

$$IMG = \frac{\partial IT}{\partial Q}$$

Es importante tener claro el concepto de ingreso total y cómo lo venimos definiendo hasta este momento. Es decir, nosotros tenemos los ingresos totales expresados en términos de unidades vendidas, sin embargo podríamos expresar los ingresos en términos, por ejemplo de los insumos utilizados en el proceso de producción. Justamente esta va a ser la situación del modelo de Gordon que desarrollaremos a continuación, definiremos los ingresos en términos de unidades de esfuerzo.

## ***COSTOS***

Uno de los principales supuestos, es tener en mente que toda empresa o entidad productiva participa en un mercado perfectamente competitivo, es decir que existen muchas empresas participando en el mercado

(produciendo y ofreciendo el bien final) y cada una de ellas no tiene ninguna presión sobre el precio de venta del producto. Además consideramos que todas las empresas trabajan con el objetivo de maximizar el beneficio económico.

Con relación a los costos es importante dejar claro que estos son costos económicos y no costo contables, es decir incluyen el costo de oportunidad, es decir tomamos en cuenta los costos implicados en el proceso de producción de acuerdo a el costo alternativo relevante, no son costos históricos ni devengados.

Centrándonos ahora en los costos medio y marginales, debemos primero tener en mente que nosotros definimos los costos totales en términos de unidades de producción. Los costos medios, como su nombre lo dice, son valores promedio de costos en unidades de producto. Es decir, responde a la pregunta cuánto es el costo unitario de una unidad de producción.

$$CMe = \frac{CT}{Q}$$

Por otro lado, y viendo el concepto similar al producto marginal, el costo marginal me indica el valor monetario de producir un nueva unidad la marginal, es decir cuánto me cuesta producir una unidad más.

$$CMG = \frac{\partial CT}{\partial Q}$$

Las funciones de costos totales, medios y marginales pueden tomar cualquier tipo de función, la cual se deriva directamente del tipo de proceso productivo (función de producción), es decir tienen una estrecha relación con los insumos o factores de producción. Cabe hacer notar que las curvas de costos en general se analizan en términos del producto final (Q), y así lo veremos en el caso del Modelo de Schaefer. Sin embargo, también podremos estimar funciones de costo en términos de los insumos o factores productivos, hecho que se podrá verificar en el modelo de Gordon, donde los costos, la igual que los ingresos están definidos en función de unidades de esfuerzo.

Asimismo, para el análisis que nosotros vamos a realizar, las funciones de costo consideradas en ambos procesos productivos son de tipo lineal, de esta forma obtendríamos que el costo medio y marginal nos idénticos y constantes, la diferencia está, como se acaba de mencionar, que el modelo de Schaefer los define en términos de producto final y el modelo de Gordon en términos de factores de producción.

La función de costo total expresada en términos de unidades producidas será de la forma:

$$CT = a + b*Q$$

donde,

- Q: representa unidades de producción/tiempo.
- a: indica un nivel de costo fijo, es decir, el intercepto
- b: pendiente, sensibilidad de los costos frente a los cambios en unidades producidas

Si omitimos los costos fijos (intercepto) nos quedaríamos con una función más simple de la forma:

$$CT = b*Q$$

### ***BENEFICIO ECONÓMICO:***

El beneficio económico (BE) no es otra cosa que la diferencia entre los ingresos totales (IT) y los costos totales (CT), determinados económicamente. Para los ingresos consideramos el precio de mercado y para el caso de los costos totales hablamos de costos económicos, es decir incluimos el concepto de costo de oportunidad, el cual difiere de lo netamente contable o devengado. De esta forma hablamos de:

$$BE = IT - CT$$

Cabe mencionar que el beneficio económico se diferencia del beneficio o utilidad contable, la cual considera lo realmente incurrido durante determinado período. Sin embargo el concepto económico involucra, en el área de los costos, el concepto de costo de oportunidad: aquella mejor alternativa que estoy dejando de lado al utilizar mis recursos en determinada actividad.

De esta forma obtener beneficio económico igual a cero es considerado un beneficio normal: la empresa está cubriendo las mejores alternativas alcanzables. Sin embargo obtener beneficio económico es considerado: beneficio sobre lo normal, dado que la empresa, además de cubrir los costos de oportunidad, obtiene beneficios. Así,. El objetivo de la empresa será maximizar el beneficio económico.

### 3. EL MODELO DE GORDON (1954)

Nuestra afirmación «cuanto más pesquemos hoy, menos podremos pescar mañana», es a veces cierta y a veces no. Intentaremos ahora concretarla. Para empezar, debe señalarse que, en determinadas circunstancias, pescar hoy puede tener efectos sobre las futuras capturas; en otros casos puede tener un efecto muy pequeño. Como ejemplo de un efecto desastroso, suponga que la población piscícola es tan reducida que a duras penas consigue sobrevivir, reducir más esta población, a través de la pesca, puede llegar a extinguir la especie. En este caso, la pesca hoy reducirla todas las futuras capturas a cero. En el extremo opuesto, suponga que la población piscícola es tan grande que no puede crecer más, recursos alimenticios para mantener a una población mayor y, por cada nuevo pez, debería morir uno. En tal caso, pescar hoy tendrá un escaso efecto sobre la población y, por tanto, sobre las posibilidades de pesca futura. Si no impedimos que la población crezca pescando algunos ejemplares, la inanición se ocupará de que no aumente.

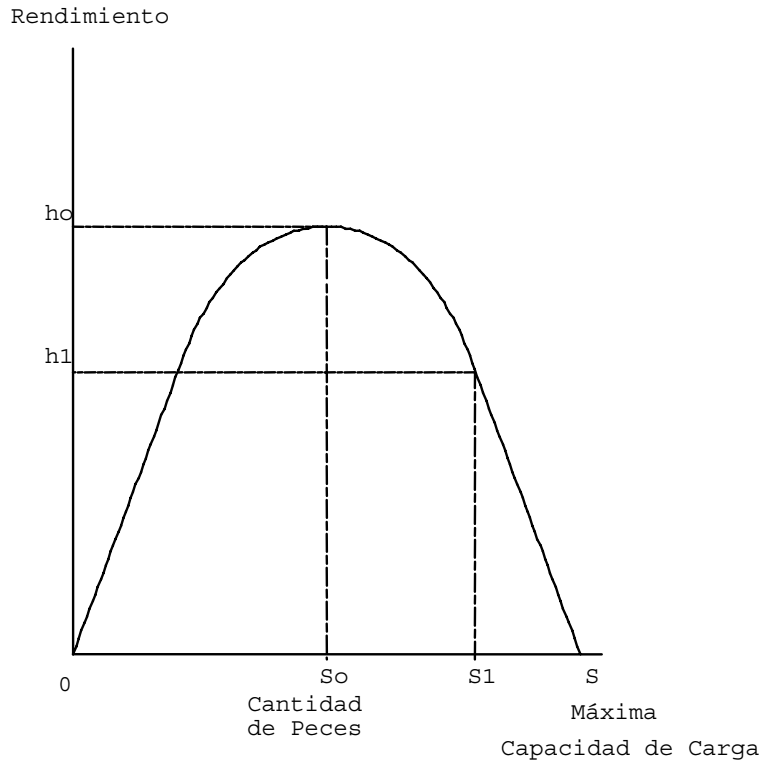
Con esta pequeña introducción al tema de los recursos naturales renovables, tratamos de determinar el nivel óptimo de captura desde el punto de vista biológico y económico.

Los principales supuestos del modelo son:

- 1.- Existencia de competencia perfecta en la pesca: una pequeña, precio de venta fijo
- 2.- Existencia de una población de cierta especie única
- 3.- La empresa tiene como objetivo es la maximización del beneficio económico
- 3.- El stock de peces sigue un comportamiento natural independiente de la acción humana; su crecimiento depende del tamaño del mismo, la tasa de natalidad y mortalidad, dadas ciertas condiciones como la disponibilidad de energía, espacio, tasa de reproducción, mortalidad y nutrientes.
- 5.- La población alcanza un punto de equilibrio natural estable, capacidad máxima de carga (steady state)

#### ***CURVA DE RENDIMIENTO (PRODUCCIÓN)***

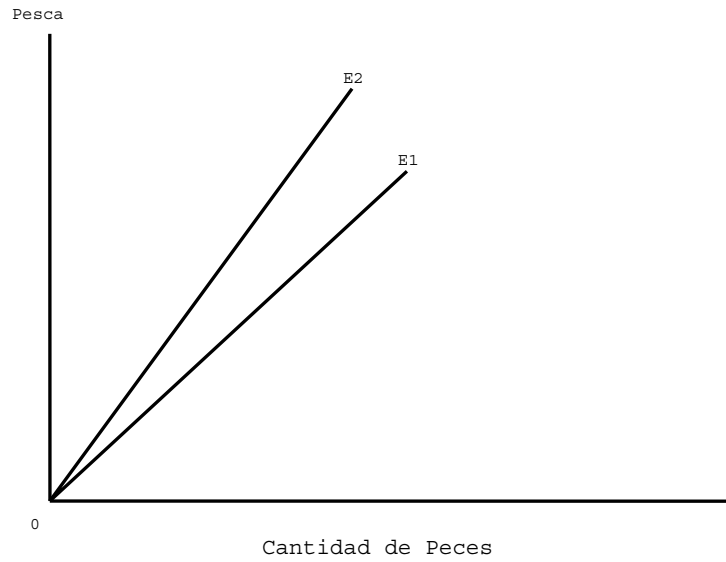
Para determinar la cantidad máxima de individuos nos valemos del stock de peces (número) y de su tasa de crecimiento. Así tendremos que el stock de peces va a seguir un comportamiento creciente hasta un nivel máximo, a partir del cual la tasa de crecimiento va disminuyendo hasta llegar a un punto como S, donde la tasa de nacimientos es igual a la de mortalidad, con lo cual vendría a expresarnos en máximo nivel de stock de peces alcanzable de acuerdo a las condiciones biológicas y del medio existentes. Gráficamente podemos tener la curva de rendimiento (crecimiento) de los peces:



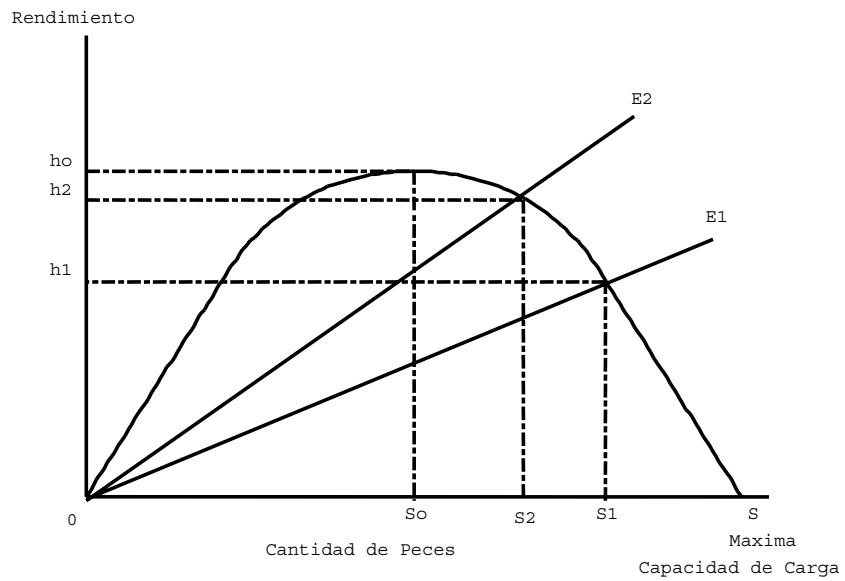
Así la curva de rendimiento nos indica que para cada nivel de stock de peces va existir un nivel dado de pesca que me permite mantener el stock mencionado. Así por ejemplo, al nivel del stock  $S_0$  una pesca equivalente a  $h_0$ , es equivalente a la tasa de crecimiento obtenida de acuerdo a la natalidad y mortalidad de los peces. Es decir se puede pescar el equivalente al crecimiento de los peces para cada stock, de tal forma que este no se vea afectado.

### ***COSTOS***

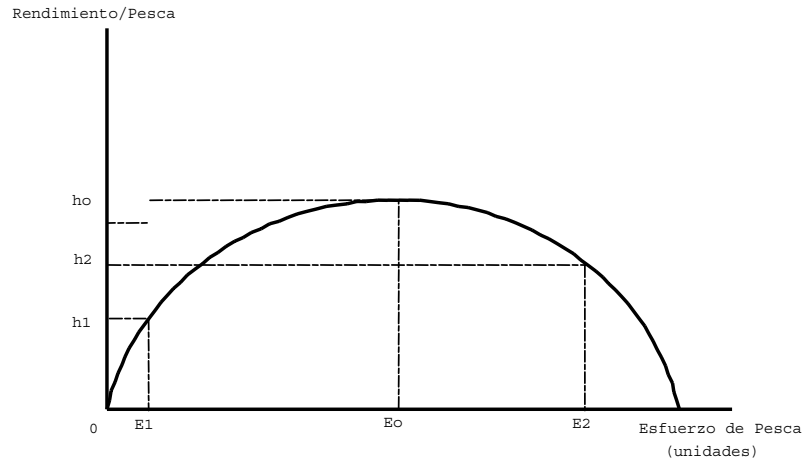
Para determinar los costos asociados al proceso de pesca vamos a considerar únicamente costos variables como: mano de obra, alquiler de botes, combustible, todos estos los agregaremos dentro de una sola variable que llamaremos esfuerzo. El esfuerzo tendrá una relación directa con el nivel de pesca. Gráficamente tendremos que el  $E_2$  refleja un mayor nivel de esfuerzo, lo cual redundará en una mayor captura o pesca para cada nivel de stock de peces:



Uniando el esfuerzo con la función de crecimiento con el stock de peces podremos obtener n relación entre crecimiento, pesca asociado a niveles de esfuerzo, según se muestra a continuación:



(a)



(b)

En la gráfica (a) vemos que el eje de las abscisas mide la cantidad de peces y el eje de las ordenadas refleja el rendimiento de peces y el nivel de pesca. Tenemos trazadas 2 líneas de esfuerzo ( $E_2 > E_1$ ). Así al nivel de  $E_2$  podemos capturar  $h_2$ , punto graficado en (b), donde tenemos reflejado los niveles de pesca asociados a cada nivel de esfuerzo. Se puede determinar la relación directa entre esfuerzo y pesca.

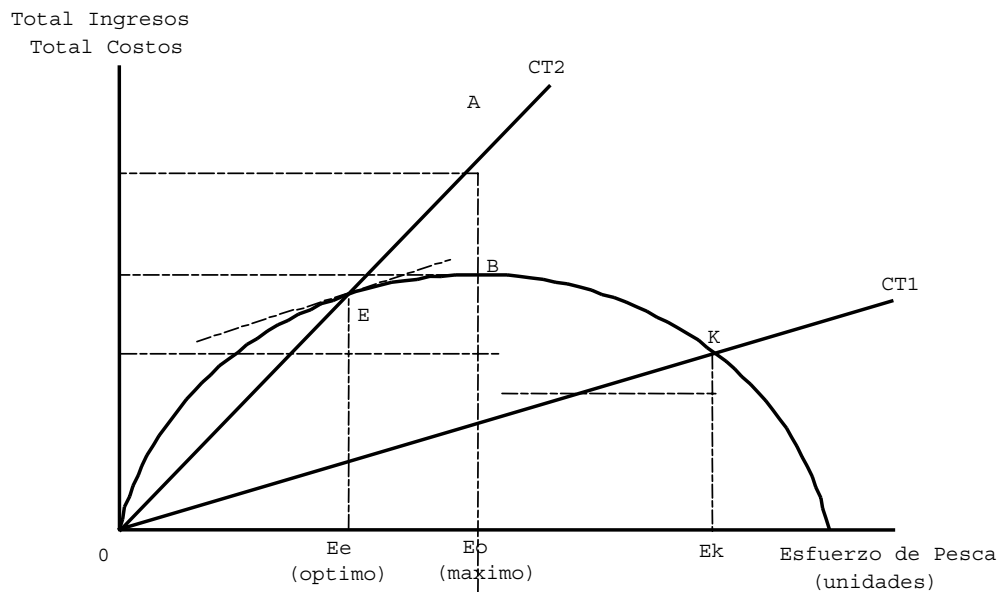
Podríamos valorar el esfuerzo y así determinar una función de costos en términos del nivel de esfuerzo:

$$CT = a * E$$

donde:

a : precio unitario de cada unidad de esfuerzo  
 E : unidades de esfuerzo

Con relación a los ingresos y de acuerdo a los supuestos de competencia perfecta tenemos que las empresas son precio-aceptantes, con lo cual el precio lo tienen predeterminado y determinarán sus ingresos totales de acuerdo a los distintos niveles de pesca o captura. Luego, podemos valorar cada nivel de pesca de acuerdo al precio al cual se enfrenta la empresa, de decir podemos multiplicar la curva de rendimiento por el precio de venta (factor fijo) y obtenemos los ingresos totales. Así podemos determinar la siguiente gráfica que incluye costos e ingresos totales:



Combinando la función de rendimiento, los costos y los ingresos podemos analizar dos conceptos importantes vinculados a determinar los niveles óptimos de captura: uno desde el punto de vista biológico y otro desde el punto de vista económico.

El punto de vista biológico se ciñe a encontrar el nivel de captura máximo, la cual coincide con el punto máximo de la curva de crecimiento, que ahora se encuentra expresada en valores monetarios (ingresos). En consecuencia la tasa máxima sustentable (maximun sustainable yield) es el  $E_0$  que vimos inicialmente. Notar que para determinar este nivel de captura no se ha tomado en cuenta los costos de producción y por tanto no ha intervenido la decisión económica: maximización del beneficio económico.

A este respecto, el punto de vista económico discrepa del biológico para determinar el nivel óptimo de captura, este último se centra en la maximización del beneficio económico. En este sentido hablamos de la tasa óptima y sustentable (optimun sustainable yield) o la tasa máxima económica (maximun economic yield) o simplemente tasa óptima económica (optimun economic yield). En consecuencia el óptimo considerando los costos totales donde el beneficio económico sea máximo, lo cual equivale a decir que el costo marginal sea igual al ingreso marginal de la pesca.

Considerando los costos totales más bajos ( $CT_1$ ) tenemos que la maximización se presenta en  $E_e$ , la pendiente de la curva de rendimiento (ingreso marginal) es igual a la pendiente de la curva de costo total (costo marginal). Es decir, la decisión económica óptima sin libre acceso (una empresa con la propiedad de su zona de pesca) elegiría pescar únicamente hasta el nivel de  $h_e$ , donde su beneficio económico ascendería a  $DE$ .

¿Qué sucedería al nivel de captura de  $h_K$ ? Indudablemente que a la empresa no le conviene pescar ese nivel, dado que su beneficio económico sería nulo, los ingresos totales son iguales a los costos totales. Es decir, se estarían tomando decisiones en términos de ingreso medio y no ingreso marginal. Note que el beneficio económico es de  $DE$ ,  $AB$  y cero para el caso en que no se tiene libre acceso al mar, la decisión en términos biológicos y la decisión económica pero con libre acceso respectivamente.

Este punto es al que se llega cuando el mar o área de pesca es considerada como de libre acceso, lo cual se adecua a la realidad, dado que es muy difícil que una empresa pequeña pueda ser dueña de su lugar de captura. En consecuencia, la decisión económica vista en la práctica es aumentar el nivel de captura por sobre el óptimo económico sin libre acceso, hasta el punto en el cual el beneficio económico sea cero. Por tanto, en la pesca no deberíamos esperar retornos anormales, estos se darían si los derechos de propiedad del mar o las zonas de pesca estuvieran claramente determinados, con lo cual cada empresa podría maximizar su beneficio económico y no tener que compartir este con empresas potenciales dado que el mar tiene libre acceso.

#### 4. EL MODELO EN FORMA DINÁMICA (SCHAEFER)

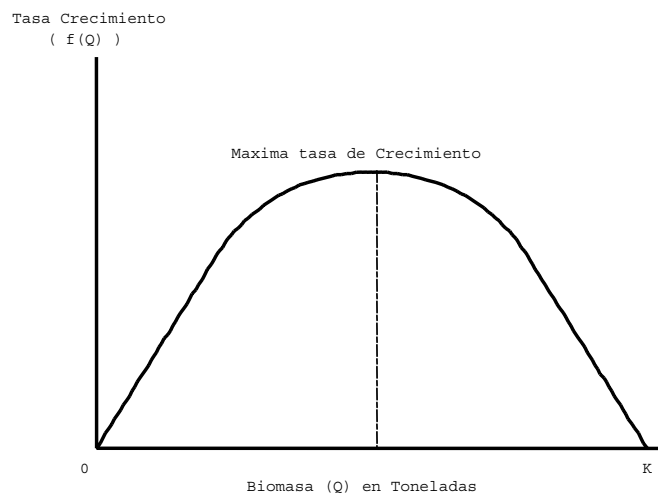
El modelo de Schaefer (1957) es un modelo que permite llegar a las mismas conclusiones que el modelo de Gordon, sólo que con algunas pequeñas diferencias en la deducción de las variables.

Supongamos que  $Q$  es la biomasa (stock),  $r$  es una constante de transformación,  $k$  es la capacidad máxima de carga del medio (si la biomasa supera  $k$ , ésta comienza a disminuir por sobre población),  $E$  es el esfuerzo pesquero y  $\alpha$  es el parámetro de eficiencia del esfuerzo pesquero ( $0 < \alpha < 1$ ),  $\alpha E$  es el esfuerzo efectivo.

La siguiente ecuación describe la evolución o crecimiento natural de la biomasa a través del tiempo (sin pesca):

$$\frac{dQ}{dt} = rQ \left(1 - \frac{Q}{K}\right)$$

Esta expresión describe una parábola cóncava (hacia abajo), tal que cuando  $Q=K$ , la biomasa no crece, si  $Q > K$  la biomasa disminuye y viceversa para  $Q < K$ . Gráficamente:



Incorporando la pesca o extracción (en toneladas) a través de una relación lineal entre stock de biomasa (Q) y pesca dada por  $dQ/dt = rQ - \alpha EQ$ , tendremos que para mayores niveles de biomasa (Q) la pesca aumenta, es decir, se reduce el crecimiento de la biomasa ( $dQ/dt$ ). A su vez, la pesca depende del esfuerzo (E) y de la eficiencia del esfuerzo,  $\alpha$ .

El comportamiento de la biomasa debido a su crecimiento natural y a la pesca o captura, ambas interactuando, la podemos expresar como:

$$\frac{dQ}{dt} = rQ \left(1 - \frac{Q}{K}\right) - \alpha Q \cdot E$$

En un estado de equilibrio de pesca sustentable, la tasa de crecimiento de la biomasa debe ser cero, es decir, se captura todo el crecimiento, es decir:

$$\frac{dQ}{dt} = rQ \left(1 - \frac{Q}{K}\right) - \alpha Q \cdot E = 0$$

Despejamos de esta ecuación el esfuerzo pesquero (E) que permite un esfuerzo sustentable:

$$E = \frac{r}{\alpha} \left(1 - \frac{Q}{K}\right)$$

Nótese que la relación biomasa-esfuerzo es negativa, hecho coincidente con lo obtenido en el modelo de Gordon.

### ***COSTOS E INGRESOS:***

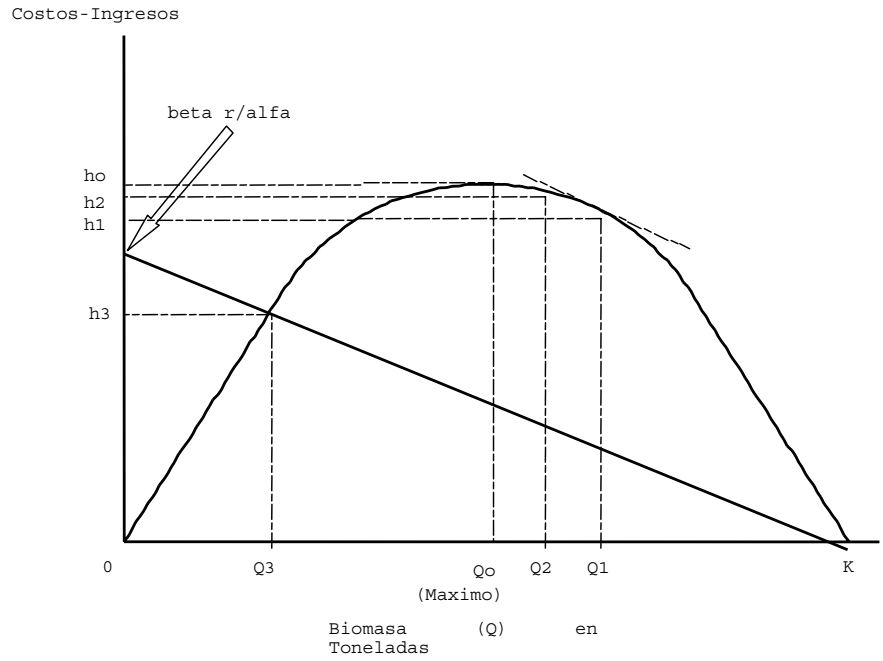
Los costos totales de extracción (variables) provenientes únicamente del esfuerzo vienen dados por  $CT = \beta E$ , donde  $\beta$  es el costo por unidad de esfuerzo. Es decir:

$$CT = \frac{\beta \cdot r}{\alpha} - \frac{(\beta r)Q}{\alpha K}$$

Notamos aquí la relación inversa lineal entre biomasa y costos (puesto la única variables es Q, y los demás son parámetros). Los ingresos totales corresponden a la captura multiplicada por el precio (P), que es igual al crecimiento natural de la biomasa por el precio (P), es decir:

$$IT = rQ \left(1 - \frac{Q}{K}\right) P = rQ - \frac{rQ^2}{K}$$

que es también una parábola cóncava, equivalente a la expresión del crecimiento natural. Gráficamente podemos ahora combinar los ingresos y costos totales para determinar el óptimo económico en situación de libre acceso y contrastarlo con el óptimo económico sin libre acceso.



Este gráfico es comparable al de Gordon, con la diferencia de que en el eje de las abscisas se encuentra ahora la biomasa en lugar de las unidades de esfuerzo. Aparte de esta diferencia, como veremos, las implicancias son las mismas. En  $Q_3$  se encuentra el óptimo económico con libre acceso, donde el beneficio económico es cero (ingresos totales = egresos totales, ingreso medio = costos medios), en  $Q_1$  se encuentra el equilibrio económico sin libre acceso, donde se maximiza el beneficio económico (ingreso marginal=costo marginal).  $Q_0$  es el máximo de extracción sustentable. La función de costos tiene aquí pendiente negativa, puesto que ésta es una transformación de la función de esfuerzo, y el esfuerzo a su vez tiene una relación inversa con el stock ( $Q$ ). A medida que hay mayor stock, menor esfuerzo y menor costo total. Esta relación positiva esfuerzo-costos también se aprecia en el modelo de Gordon.

## 5. RECURSOS RENOVABLES: EL PROBLEMA DE LOS COMUNES

### *LOS DERECHOS DE PROPIEDAD*

Una aldea tiene seis residentes, cada uno de los cuales posee una riqueza de \$100. Cada residente tiene sólo dos alternativas de inversión:

- invertir el dinero en un bono del estado que cuesta \$100 y rinde un 12% al año,
- comprar una res de 1 año que cuesta \$100 y que pastará en las tierras comunales del pueblo. La res no requiere ningún cuidado y puede venderse a un precio que depende de lo que engorde durante el año (lo que depende a su vez del número de reses que pasten en las tierras comunales).

NUMERO DE RESES PASTANDO	PRECIO DE VENTA(*)	INGRESO TOTAL	INGRESO MARGINAL
1	120	120	120
2	118	236	116
3	114	342	106
4	111	444	102
5	108	540	96
6	105	630	90

(\*) Por ejemplo, si hay dos reses pastando, el precio de venta de cada res de dos años será de \$118

Si los residentes toman su decisión por separado, puesto que el costo de oportunidad es de \$112 (lo que se puede obtener comprando el bono), se pondrán a pastar 3 reses, puesto que el cuarto residente comparará 111 vs 112, y decidirá comprar el bono. La renta total será de \$78 ( $14 \cdot 3$  de las reses +  $12 \cdot 3$  de los bonos).

Si los residentes toman su decisión conjuntamente, mandarán una res más a las tierras si su ingreso adicional es superior a \$112 (su costo de oportunidad marginal), pero llevando la tercera res obtendrá sólo \$106, de modo que sólo llevará dos reses y comprará cuatro bonos. La renta total será de \$84 ( $18 \cdot 2$  de las reses +  $12 \cdot 4$  de los bonos).

La conclusión obvia es que deben tomarse las decisiones conjuntamente. Esto generalmente es complicado. ¿Cómo lograr que todos los barcos pesqueros respeten cierto volumen máximo de pesca? La alternativa es que los comuneros vendan a un tercero (o a uno de ellos) los derechos de uso de sus pastos, y de los bonos, el que estará dispuesto a pagar por ellas hasta \$84, es decir una ganancia neta de \$6.

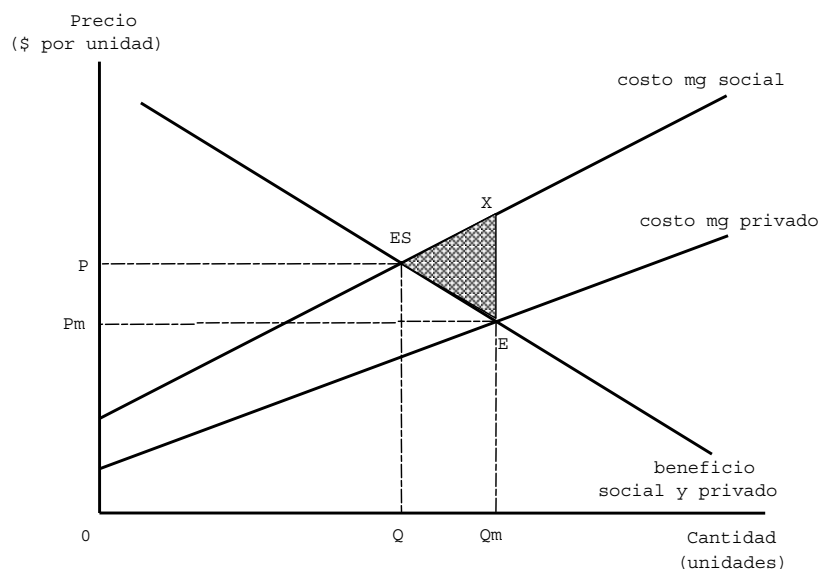
### *EXTERNALIDADES: COSTO SOCIAL VERSUS COSTO PRIVADO*

Existe otro modo de analizar el hecho anterior, y es diferenciando el costo marginal social del costo marginal privado. La exclusividad es una de las principales características de una eficiente estructura de derechos de propiedad. Esta característica es frecuentemente violada en la práctica. Una amplia clase de violaciones ocurre cuando un agente que está tomando una decisión no considera (no le importan) todas las consecuencias de esa acción. Por ejemplo, los capitanes de barcos que pescan hoy no tienen en cuenta las consecuencias de la pesca excesiva a la hora de determinar su costo.

**El costo marginal Privado:** está compuesto por ítemes tales como el costo de la tripulación y la reparación de las redes, uso de barcos, combustibles, etc.

**El Costo marginal Social:** este costo incluye el costo marginal privado, pero se adicionan otros, tales como el efecto negativo de la pesca de hoy por sobre la futura población piscícola (biomasa), la contaminación del ambiente, el valor que la sociedad le da a la existencia de especies marinas en peligro, los efectos negativos de la sobre-pesca sobre el equilibrio del ecosistema, etc.

Los efectos de estos costos externos pueden verse en el siguiente gráfico:



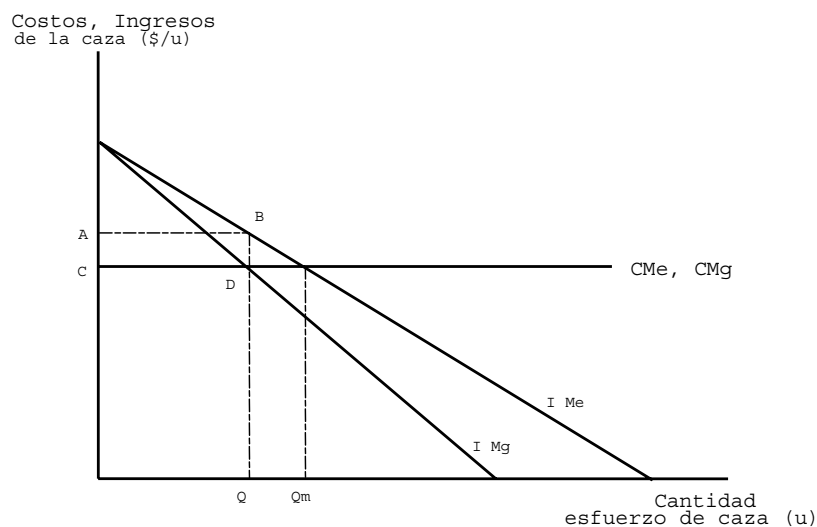
Cada capitán de barco pesquero seguirá la curva de oferta CMg privado, sin tener en cuenta los costos sociales, representado por la curva de oferta CMg social. Puesto que la curva de demanda representa el beneficio marginal de los consumidores de pescados, el equilibrio tiene lugar en E, donde Demanda=Oferta, siendo  $Q_m$  la cantidad total de peces a cosechar. Pero esto no es eficiente; por el contrario, el equilibrio eficiente está en ES, con una pesca menor  $Q$ , donde el beneficio marginal social se iguala al coste marginal social. La pérdida de eficiencia causada por un «exceso» de pesca en E se muestra en el triángulo E ES X. Claramente, cualquier volumen de peces ubicado entre  $Q$  y  $Q_m$  significa un mayor costo social que beneficio social (la curva de costo marginal social es mayor que la curva de beneficio marginal).

Problemas similares se plantean siempre que existen recursos de propiedad pública. Por ejemplo, como vimos anteriormente, los pastizales públicos o comunitarios, que a menudo fueron sobreutilizados. El problema de la sobrepesca o de la sobrepastura es analíticamente equivalente al problema del exceso de contaminación. En ambos casos los decidores privados no tienen en cuenta un importante coste externo. En el caso de la contaminación, el coste externo es el perjuicio causado a los que viven río abajo; en el caso de la pesca, el coste externo es el perjuicio que se causa a aquellos que, en el futuro, tendrán menos recursos disponibles.

## LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES

Los problemas creados por recursos de acceso libre pueden ser ilustrados recordando el destino de los bisontes americanos. Originalmente existió acceso libre para cazarlos sin restricciones. Con el tiempo la demanda por el bisonte aumentó, y la escasez comenzó. Como el número de cazadores aumentó, cada unidad adicional de actividad de caza fue más costosa: aumentó el tiempo y esfuerzo requerido para obtener un bisón.

El siguiente gráfico muestra la curva de costo marginal de la caza, el que coincide con el costo medio. Los beneficios derivados de la caza se reflejan por  $I_{Me}$ , que representa el valor medio de los bisontes capturados, en función del esfuerzo de caza. El nivel de eficiencia de caza en este modelo es el nivel de actividad  $Q$  donde el beneficio marginal es igual al costo marginal, implicando que los beneficios netos son máximos. Esta asignación permitirá a la sociedad alcanzar una renta de escasez igual al área  $ABDC$ .



Con todos los cazadores teniendo acceso irrestricto a los bisontes, el resultado de la asignación no sería eficiente. Ningún cazador individual tendría incentivo a proteger su renta por escasez restringiendo su esfuerzo de caza. Los cazadores individuales, sin derechos exclusivos, explotarán el recurso hasta que el ingreso medio iguale al costo medio, lo cual implicaría un esfuerzo igual a  $Q_m$ . La explotación excesiva ocurre porque los cazadores individuales no se pueden apropiar de la renta por escasez, por lo tanto ellos la ignoran. El acceso ilimitado a un recurso destruye el incentivo a conservarlo, mientras que el acceso restringido promueve una asignación eficiente.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Anderson, L. (1986). "The Economics of Fisheries Management". The Johns Hopkins University Press. 2º Edición.

Clark, C. (1990). "Mathematical Bioeconomics. The Optimal Management of Renewable Resources". John Wiley and Sons, Inc.

Fisher, A. (1981). "Resource and Environmental Economics". Cambridge University Press.

Gulland, J. A. (1971). "Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces". ONU para la Agricultura y la Alimentación, FAO.

Gulland, J. A. (1974). "The Management of Marine Fisheries". University of Washington Press.

Kula, E. (1992). "Economics of Natural Resources and the Environment". Ed. Chapman & Hall.

Neher, P. (1990). "Natural Resource Economics. Conservation and Exploitation". Cambridge University Press.

Tietenberg, T. (1996). "Environmental and Natural Resource Economics". Harper Collins College Publishers. 4º Edición.

Wonnacott, P. y Wonnacott, R. (1992). "Economía". Ed. Mac Graw Hill. 4º edición.