Economía de los Recursos Naturales

Año académico 2008/09

Licenciatura en Economía
3° Curso, 1° Cuatrimestre

Tema 2
La Gestión de los Recursos Naturales

Concepto y tipología de los recursos naturales

- **Recursos naturales**: bienes que provee la naturaleza, no han sido hechos por el hombre, y que usamos para el consumo o la producción de otros bienes; "capital natural".
- **Recursos no renovables**: su utilización o consumo implica una disminución permanente del *stock*, ya que o no existe regeneración o abarca períodos excesivos.. Ej.: energía térmica, petroleo.
- **Recursos no renovables con servicios reciclables**: su uso o consumo implica una disminución del *stock*, pero seguidamente son revertidas a otro estado útil por medio de un proceso industrial de recuperación (reusado o reciclado). Ej.: aluminio, agua confinada.
- **Recursos renovables:**: su uso o consumo no implica su agotamiento, es capaz de regenerarse; el *stock* puede aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad que usamos. Ej.: bosques, agua fluvial, peces, aire atmosférico.

La Gestión de los Recursos Naturales: Los recursos no renovables (RNR)

6. Los recursos no renovables
   - Los recursos no renovables: Concepto
   - La Regla de Hotelling
   - Estática comparativa
   - El monopolio
   - El reciclado
7. Los recursos renovables
   - Los recursos renovables: Concepto
   - Crecimiento y explotación de los recursos
   - Política Pesquera en la UE
   - La gestión económica de los bosques
   - La extinción de las especies

1. Los recursos no renovables: Concepto

Recursos no renovables (RNR)

Aquellos en los que la utilización o consumo de una unidad de recurso implica la destrucción de esta cantidad de reservas, abarcando su regeneración periodos de tiempo inmensos.

Importante: Dimensión intertemporal;
problema de equidad intergeneracional

Preguntas esenciales: ¿Cuál es...

- la tasa de extracción que permite un agotamiento óptimo del RNR?
- el período óptimo de agotamiento del recurso?

1. Los recursos no renovables: Concepto

- **Demanda:** para el consumo directo ($U = U(C, Z)$) y para la producción de otros bienes de consumo ($Q = f(K, L, Z)$).
- **Elasticidad** precio de la demanda: depende de la disponibilidad de bienes sustitutivos
- **Oferta:** Las existencias son limitadas, posiblemente no todas conocidas. Las *reservas* son las existencias conocidas y con calidad adecuada para uso con teconogía actual; de estas proviene la oferta. Curva de oferta: $P = CMg$ donde...
- **Coste de oportunidad:** costes de extracción del recurso + *coste de usuario* (pérdida de beneficios futuros)

1. Los recursos no renovables: Concepto

Ejercicio

Representar en un gráfico las combinaciones de trabajo L y recursos naturales Z que dan un output Q de 10 unidades cuando la función de producción es (i) $Q = L \cdot Z$ y (ii) $Q = L + Z$.
¿En cuál de las dos función no se pueden sustituir completamente los recursos naturales? ¿Cuál de las formas funcionales le parece más realista?

2. La Regla de Hotelling

La Regla de Hotelling – Hipótesis de partida:

- Se conocen con exactitud las existencias ($\bar{R}$) del yacimiento
- Los costes de extracción del recurso son nulos
- La cantidad extraída de recursos no influye en su precio (individuo actua en *competencia perfecta*)
- El precio es una función *conocida* $p(t)$ del tiempo

2. La Regla de Hotelling

Hotelling: Propietarios de los recursos tiene dos opciones

1. extraer los recursos y dejar las ganancias en el banco $\Rightarrow$ intereses
2. dejar los recursos en la tierra, donde su valor aumenta

Ejercicio

¿Qué son los costes de oportunidad de cada una de las dos alternativas?

2. La Regla de Hotelling

decision

- explotar ahora (t=0)
  - ingreso marginal en t=1: **$p_0(1+r)$**
  - coste marginal (coste de oportunidad): **p_1**
- conservar un período, explotar en t=1
  - ingreso marginal: **p_1**
  - coste marginal: **$p_0(1+r)$**

Si $p_1 > (<)\ p_0(1+r)$ conviene explotar en $t = 1$ $(t = 0)$

2. La Regla de Hotelling
Cantidad pequeña, 2 períodos, sin coste de extracción

Ejemplo

Normalizamos la cantidad del recurso de la que dispone el propietario a 1 unidad. La puede vender en $t = 0$ ("ahora") o en $t = 1$ ("mañana").

t	0	1
$p(t)$	120	130

La tasa de interés es $r = 10\%$, los costes de extracción $c = 0$.

Comparar el beneficio de vender "ahora" $p_0 = 120$ con el valor presente de "mañana" $\frac{p_1}{1+r} = 118,18 \Rightarrow$ propietario venderá ahora.

2. La Regla de Hotelling
Cantidad pequeña, 2 períodos, con coste de extracción

Ejercicio

¿Qué hará el propietario de una unidad de recurso para maximizar sus beneficios cuando la extracción en cualquier momento tiene un coste de $c = 40$?

La tasa de interés es $r = 10\%$ y los precio son como en el ejemplo anterior

t	0	1
$p(t)$	120	130

2. La Regla de Hotelling
Todas las reservas, 2 períodos, sin coste de extracción

Hasta ahora: decisión **individual** en un mercado con competencia perfecta. Ahora veamos toda la industria del recurso:

- si $p_0 > (<) \frac{p_1}{1+r} \Rightarrow$ todos querrán vender "ahora" ("mañana")

$\Rightarrow$ oferta "ahora" aumenta (disminuye) mucho

$\Rightarrow$ los precios relativos tienen que cambiar hasta...

- ... llegar a un **equilibrio** con

$$p_0 = \frac{p_1}{1+r}$$

- indiferencia entre extraer o esperar: tasa de interés de mercado es igual a la tasa con que aumenta el valor del recurso *in situ*.

2. La Regla de Hotelling
Senda de Precios de Equilibrio

Regla de Hotelling (caso de 2 períodos)

En equilibrio, el precio del recurso no renovable aumenta a una tasa igual al tipo de interés de mercado:

$$\hat{p} = \frac{\Delta p}{p_0} = \frac{p_1 - p_0}{p_0} = r$$

Ejercicio

Calcular una condición que caracteriza el equilibrio en el modelo de 2 períodos cuando hay costes de extracción c positivos.

2. La Regla de Hotelling
Tiempo contínuo, sin coste de extracción

En la realidad, hay más de dos momentos para vender, y más de una unidad por propietario.
Para maximizar el valor actual descontado del recurso, buscamos como maximizar:

$$\int p(t)Z(t)e^{-rt}dt$$

sujeto a las existencias limitadas del recurso

$$\int Z(t)dt = \bar{R}\ ,\ Z(t) \geq 0$$

Optimización dinámica

Control óptimo: "Receta de cocina"

Función a optimizar:

$$max_{u_t} \int_0^T f(u_t, x(t), t)dt$$

- u_t es la **variable de control**
- $x(t)$ es la **variable de estado**
- están relacionadas por la **ecuación de movimiento**

$$\dot{x}(t) = g(x(t), u_t, t)$$

- **condiciones iniciales y finales** $x(0) = x_0$, $x(T) = x_T$

Optimización dinámica

Control óptimo: "Receta de cocina"

Procedimiento: Escribir la **función de Hamilton**:

$$\mathcal{H}(x, u, \lambda, t) = f(x, u, t) + \lambda g(x, u, t)$$

Bajo ciertas condiciones (concavidad de $\mathcal{H}$),
estas condiciones son *necesarias* y *suficientes* para un óptimo:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial u} \stackrel{!}{=} 0 \ , \ \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x} \stackrel{!}{=} -\dot{\lambda}(t) \ , \ \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \lambda} \stackrel{!}{=} \dot{x}(t) \ , \ x(0) = x_0 \ , \ x(T) = x_T$$

Estas condiciones son modificadas cuando el valor final no está dado, o cuando el horizonte no es finito, o cuando se puede escoger el horizonte óptimo, etc. Véase p. ej. **Conrad/Clark** 1999: Natural Resource Economics. Notes and Problems.

2. La Regla de Hotelling
Tiempo contínuo, sin coste de extracción

Usamos el Control óptimo para caracterizar el uso óptimo del recurso:

- la extracción $Z(t)$ es la variable de control,
- las existencias restantes $R(t)$ la variable de estado.
- $\int Z(t)dt = \bar{R} \;\Rightarrow$ ecuación de movimiento: $\dot{R}(t) = -Z(t)$
- condiciones iniciales y finales: $R(0) = \bar{R}\ ,\ R(T) \geq 0$

La función de Hamilton aquí es

$$\mathcal{H} = p(t)Z(t)e^{-rt} + \lambda(t)(-Z(t))$$

2. La Regla de Hotelling
Tiempo contínuo, sin coste de extracción

FOC:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial Z(t)} = p(t)e^{-rt} - \lambda(t) \stackrel{!}{=} 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial R(t)} = 0 \stackrel{!}{=} -\dot{\lambda}(t) \tag{2}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \lambda(t)} = -Z(t) \stackrel{!}{=} \dot{R}(t) \tag{3}$$

- (2): $\lambda(t) = \lambda = \text{const.}$
- con (1): $p(t)e^{-rt} = \text{const.} = p_0$

2. La Regla de Hotelling
Tiempo contínuo, sin coste de extracción

Con $p(t) = e^{rt} p_0$, vemos otra vez la

Regla de Hotelling (en tiempo continuo)

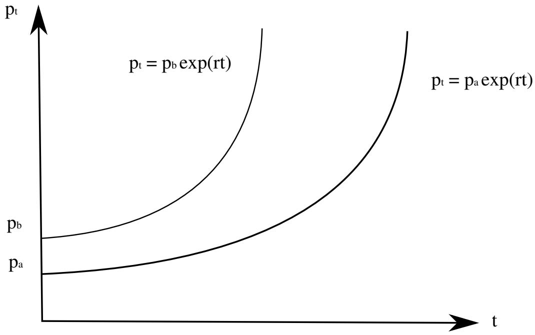
El precio del recurso no renovable aumenta a una tasa igual al tipo de interés de mercado:

$$\hat{p} = \frac{\dot{p}}{p} = \frac{re^{rt} p_0}{e^{rt} p_0} = r$$

El valor presente por unidad vendida en cada momento es igualizado, así obtenemos una oferta continuada (en vez de todo ahora o todo en un futuro infinito)

2. La Regla de Hotelling

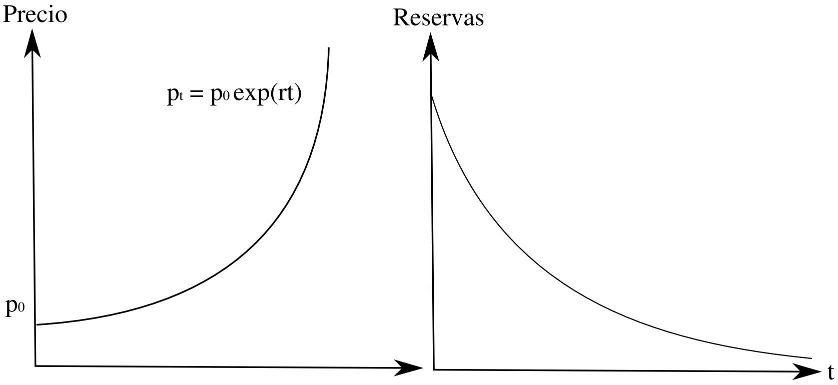
La regla de Hotelling nos da una **tasa de crecimiento** de los precios.



Pero ¿cómo sabemos cuál es el **nivel** de la senda de precios?
Necesitamos explotar una condición adicional al problema de optimización!

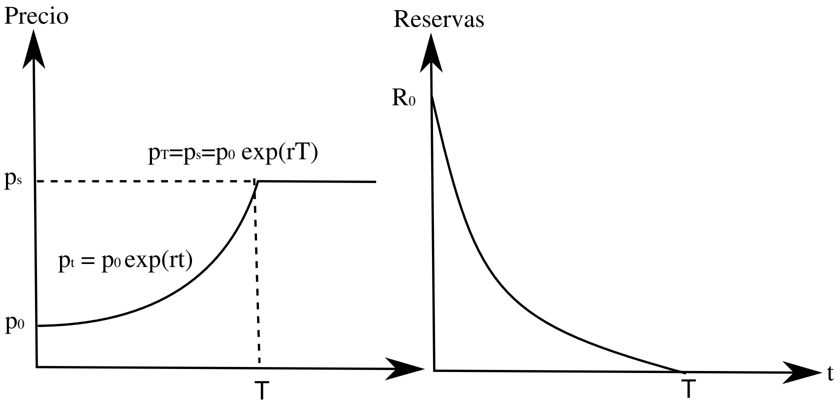
2. La Regla de Hotelling

Ejemplo I: sin sustitutos, el recurso no debe agotarse



2. La Regla de Hotelling

Ejemplo II: si existe un sustituto con coste p_s, el recurso debe agotarse cuando su precio alcanze este nivel



2. Los recursos no renovables: Extracción óptima

Situación de referencia:

el uso óptimo del recurso maximiza el bienestar de la sociedad (generaciones futuras incluido!)

$$\max W = \int U_t(Z(t)) \cdot e^{-\rho t} dt$$

Supuestos:

- $U' > 0$ y $U'' < 0$
- W es aditivo en la utilidad a lo largo del tiempo U_t (este supuesto no es sin problema, pero garantiza un Pareto-óptimo)
- $U(Z)$ es la utilidad neta de todos los usos del recurso Z, ya sea consumo directo o en la producción
- tasa de descuento social ρ (este supuesto también es controvertido)

$$\text{sujeto a } \int Z(t)dt = \bar{R} \;,\; Z(t) \geq 0$$

2. Los recursos no renovables: Extracción óptima

La función de Hamilton es

$$\mathcal{H} = U_t(Z(t))e^{-\rho t} + \lambda(t)(-Z(t))$$

FOC:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial Z(t)} = U_t' \, e^{-\rho t} - \lambda(t) \overset{!}{=} 0 \tag{4}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial R(t)} = 0 \overset{!}{=} -\dot{\lambda}(t) \tag{5}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \lambda(t)} = -Z(t) \overset{!}{=} \dot{R}(t) \tag{6}$$

- (5): $\lambda(t) = \lambda = \text{const.}$
- con (4): $U_t' e^{-\rho t} = \text{const.} = U_0'$

2. Los recursos no renovables: Extracción óptima

Se iguala la *utilidad marginal descontada* en cada momento. La utilidad marginal sin descontar debe crecer con la tasa del descuento social:

$$\hat{U}' = \frac{\dot{U}'}{U'} = \frac{\partial U'/\partial t}{U'} = \rho$$

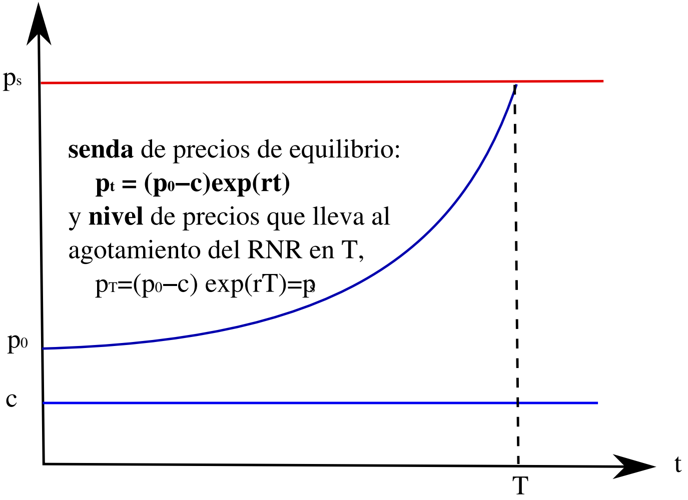
$\Rightarrow$ el consumo debe disminuir a lo largo del tiempo

Cuidado: senda de extracción y consumo decreciente con propiedad privada (Hotelling: precios crecientes) y con dictador benevolente (U' creciente a lo largo del tiempo),
pero solo coinciden ($\Rightarrow$ decisiones privadas son eficientes) en ciertos casos, especialmente si las tasas de descuento privada y social coincidieran.

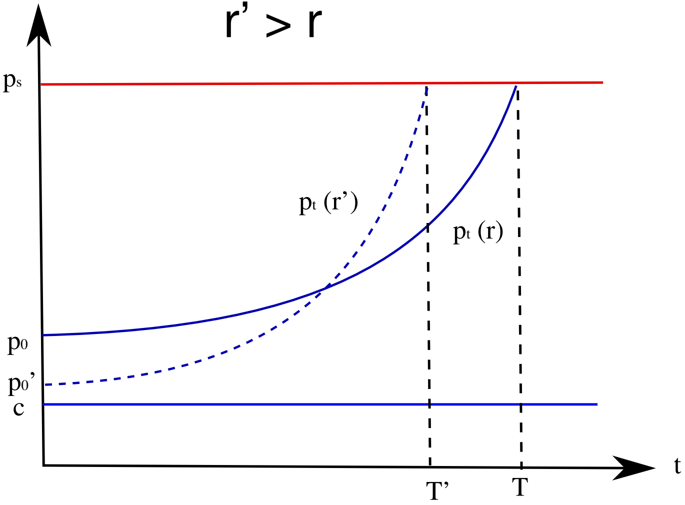
3. Estática comparativa

1. Variación de la tasa de descuento
2. Variación de la tecnología de reemplazo
3. Variación de las existencias de RNR
4. Variación del coste de extracción
5. Variación de la demanda de RNR

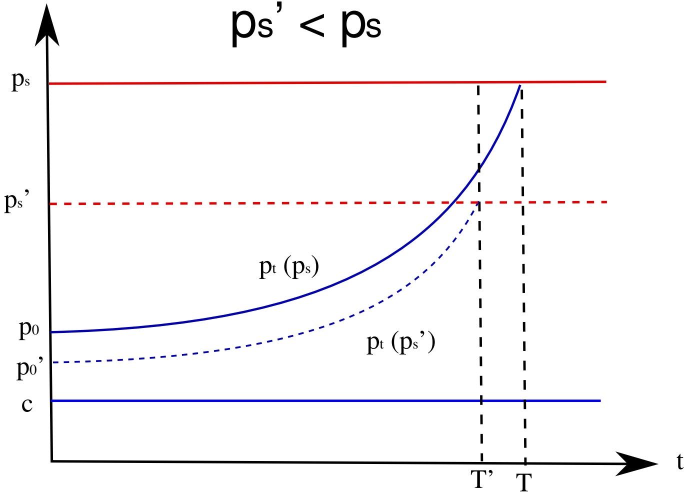
3. Estática comparativa
Situación inicial



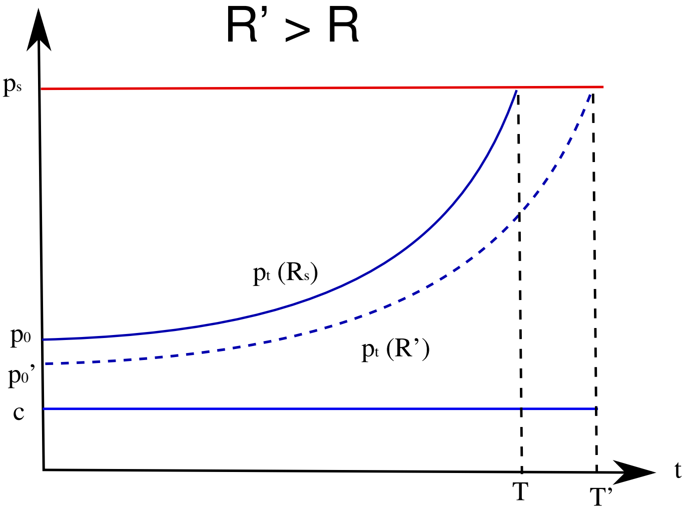
3. Estática comparativa
Variación de la tasa de descuento



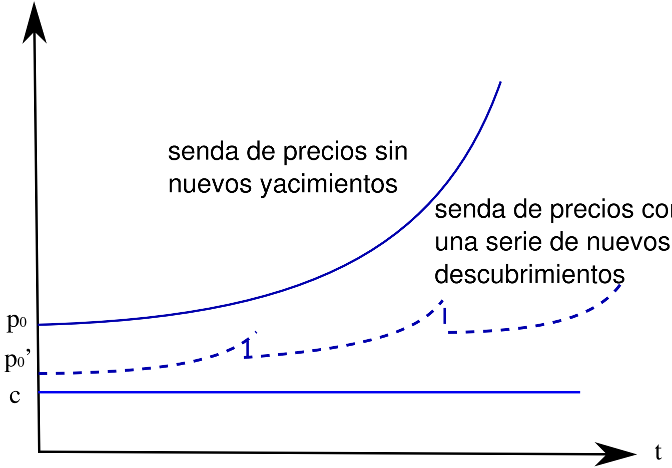
3. Estática comparativa
Variación de la tecnología de reemplazo



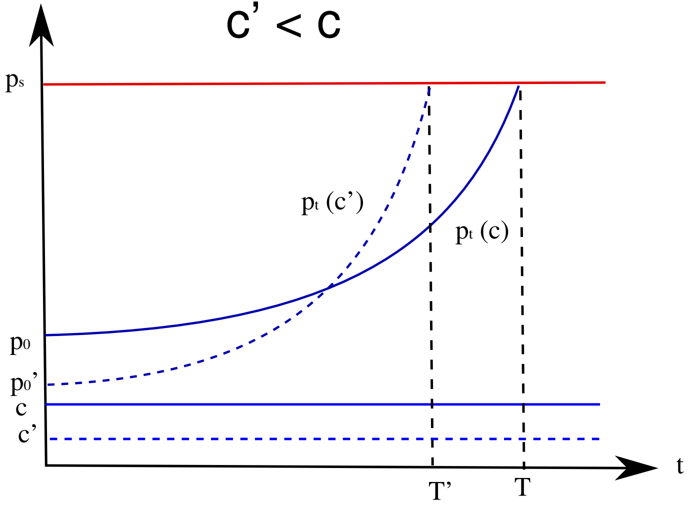
3. Estática comparativa
Variación de las existencias de RNR



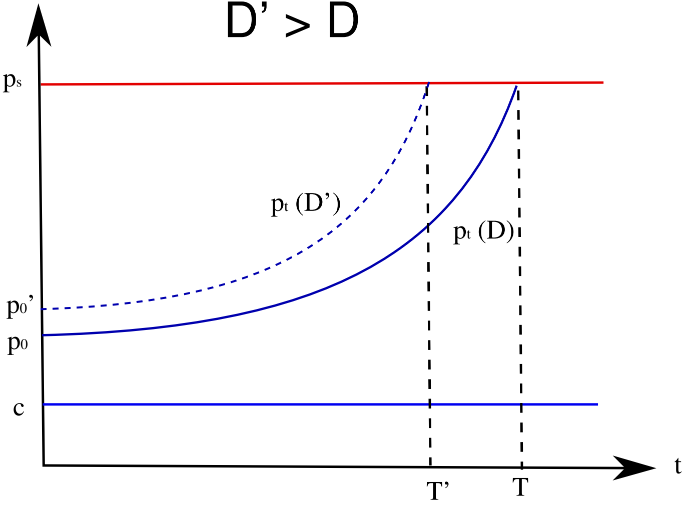
3. Estática comparativa
Variación de las existencias de RNR



3. Estática comparativa
Variación del coste de extracción



3. Estática comparativa
Variación de la demanda de RNR



4. El monopolio

Hasta aquí: Competencia perfecta, maximiza del bienestar social (con $r = \rho$, propietarios privados agotan los recursos a un ritmo socialmente óptimo)

Argumentos para la intervención en los mercados de recursos

- Tasas sociales de descuento $\neq$ Tasa de descuento privada usada por el propietario del recurso
- Externalidades debidas al uso del producto
- Información imperfecta
- **Mercados no competitivos**

4. El monopolio

Monopolio

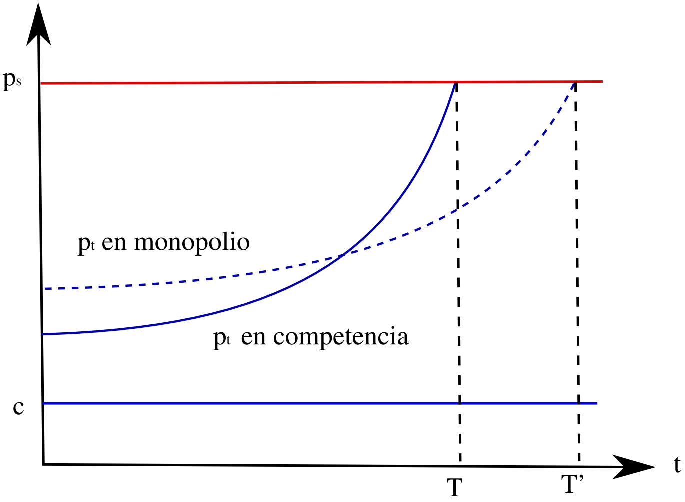
- Normalmente restringe el output y eleva los precios, comparado con los de competencia perfecta
- P_0 (precio inicial) será mayor que en competencia perfecta
- con existencias de recursos fijas, un mayor precio inicial $\Rightarrow$ senda de precios menos inclinada a lo largo del tiempo

Efecto:

Intuitivamente...
aumentar la vida del RNR

.. pero en la práctica
depende de valores concretos de los parámetros relevantes (ej: elasticidad de la curva de demanda)

4. El monopolio y la tasa de extracción



4. El monopolio

Ejercicio

Calcular el crecimiento óptimo de precios para un monopolista, usando el método del control óptimo.

5. El reciclado

Si un recurso, trás ser utilizado en algún producto, conserva ciertas características físicas, químicas etc.

$\Rightarrow$ el material puede ser recuperado

El reciclaje...

- aumenta la oferta total del recurso
- disminuye la cantidad que se extrae

$\Rightarrow$ extiende la vida del recurso

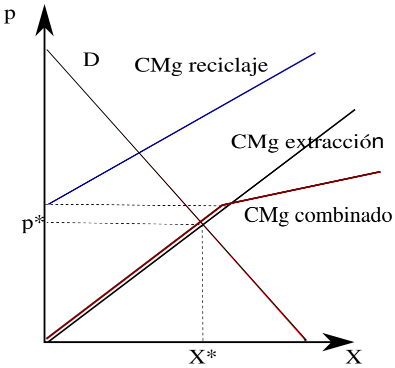
- nos da más tiempo para encontrar bienes sustitutivos

Reciclaje y sostenibilidad

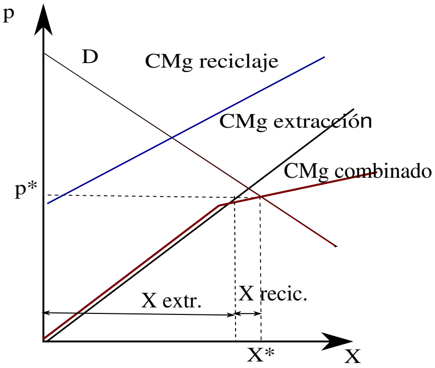
El reciclaje permite usar *más* recursos para producir más, extrayendo *menos* recursos de las reservas escasas.

5. El reciclado

Competencia ente extractora y reciclaje:



Demanda baja: la extracción es más barata que el reciclaje



Demanda alta: se usa material extraido y también reciclado

5. El reciclado

Ejercicio

¿Qué efecto tiene el reciclaje si en vez de aumentar la demanda suponemos que aumenta el coste de extracción, p. ej. porque estalla una guerra en el principal país extractor?

5. El reciclado

La recuperación de materiales reciclados es sólo parcial.

Ejemplo: Extracción inicial Q; del recurso utilizado un año se pueden recuperar y reutilizar 80% al año siguiente.

t	0	1	2	...	k	...
$z(t)$	Q	$0,8\,Q$	$0,8^2\,Q$	...	$0,8^k\,Q$	...

5. El reciclado

Uso total:

$$Z = \sum_{i=0}^{T} z(t) \quad = \quad Q(1 + 0,8 + 0,8^2 + ... + 0,8^T)$$

5. El reciclado

Uso total:

$$
\begin{aligned}
Z = \sum_{i=0}^{T} z(t) &= Q(1 + 0,8 + 0,8^2 + ... + 0,8^T) \\
0,8\,Z &= Q(0,8 + 0,8^2 + 0,8^3 + ... + 0,8^{T+1}) \\
Z - 0,8\,Z &= Q(1 - 0,8^{T+1}) \\
Z &= Q\frac{1 - 0,8^{T+1}}{1 - 0,8} \\
\lim_{T\to\infty} Z &= \frac{Q}{1 - 0,8} = 5\,Q
\end{aligned}
$$

5. El reciclado

Uso total:

$$Z = \sum_{i=0}^{T} z(t) \quad = \quad Q(1 + 0,8 + 0,8^2 + ... + 0,8^T)$$

$$\lim_{T\to\infty} Z = \frac{Q}{1 - \text{cuota de reciclado}}$$

5. El reciclado

Las decisiones de los consumidores:

	Comprar y vertedero	Comprar y reciclar
Precio de compra	100	100
Valor para el consumidor	160	160
Valor neto	60	60
Costes de eliminación		
privados	10	40
daño ambiental	40	0
valor del material recuperado	no hay	20
Beneficios netos		
privados	50	20
sociales	10	40

¿Qué hacer para incentivar al consumidor a optar por el reciclaje?

- Impuestos sobre la eliminación
- Programa de depósitos