

# Modelos de Energía-Economía para Combustibles Líquidos en Dinámica de Sistemas

Carles Tardío Pi

Universidad Nacional Autónoma de México

Jornadas de Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales  
2011



# Introducción

- Curva de Hubbert

Los recursos minerales no pueden ser extraídos a un ritmo constante, hace falta que sigan una curva de producción, A principios de los años 50 Marion King Hubbert modelizó. con buena aproximación la curva de producción de petróleo para pozos, campos y regiones.

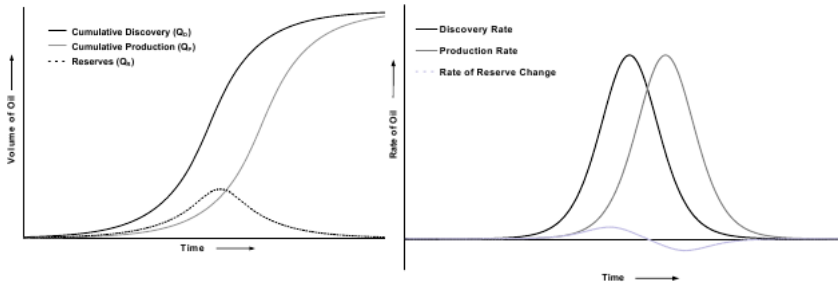
Curva basada en dos postulados:

- 1 La probabilidad de nuevos descubrimientos depende de los recursos aún por descubrir.
- 2 Los recursos encontrados se explotan con la máxima eficiencia.

## ¿Que es el Peak Oil?

La curva de producción se deriva a partir de la ecuación de producción acumulada (curva logística) de petróleo en frente al tiempo:

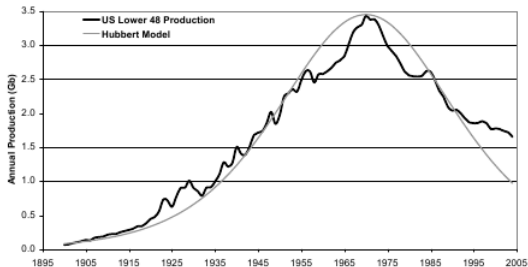
- Producción acumulada al tiempo  $t$ ,  $V_p(t) = \frac{U}{1+e^{a(t-t_m)}}$



- Producción anual de petróleo,  $P = \frac{dV_p}{dt} = \frac{aU}{2+2\cosh a(t-t_m)}$

## ¿Que es el Peak Oil?

- En el 1956, M. King Hubbert predijo que la producción de petróleo de los EUA llegaría a su máximo alrededor de el any 1970. Sus estudios fueren despreciados.



- Observamos un pico a partir del año 1970. La producción ha declinado en 50% en 35 años. Inicio de una era de inestabilidad geopolítica en los EUA.

## ¿Quien lo dice?

### Instituciones No Gov.    Instituciones Gov.&Corporatives

ASPO

Energy Bulletin

The Oil Drum

Die-Off

AEREN

OCEAS

AIE

ITPOES

Energy Research Center (UK)

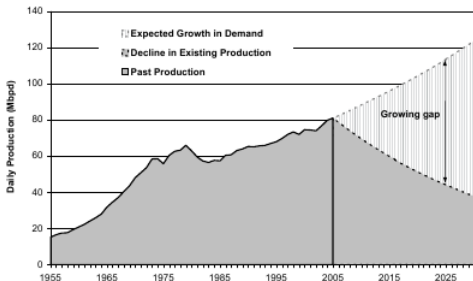
Malcolm Wicks

Al Gore

Algunas Petroleras

## Que és l'Oil Crash?

- El Oil Crash es la imminente i **inevitable** llegada a un punto en el cual la sociedad basada en el petrolio dejará de ser viable.
- El Oil Crash no significa que el petrolio se acabe; significa, simplemente que cada vez se producirá **en menor cantidad**.
- Si no se toma ninguna medida, el sistema económico actual **colapsará**.
- Si no es pren cap mesura, el sistema econòmic actual



## Hipótesis para el modelo en Din.de Sist.

- La población mundial no se ve influenciada por la energía disponible ni por la economía (variable exógena).
- El progreso tecnológico será (casi)siempre a tasas de crecimiento crecientes.
- La economía se reducirá a la renta per cápita mundial y no va a reaccionar si existe crisis energética (ni para bien, ni para mal), sólo va a responder a la energía disponible.
- El mundo funciona como un todo agregado, como una unidad, sin conflictos entre regiones, o distorsiones motivadas por intereses estatales, etc.
- El cambio climático y otros problemas ambientales no van a realimentar al sistema energético, ni al económico.
- Hipótesis de Hubbert: la influencia geofísica va a ser un factor de peso en la producción de recursos no renovables. Ante un recurso finito que se desgasta, podrá influir más en la producción que factores políticos, económicos y/o tecnológicos.

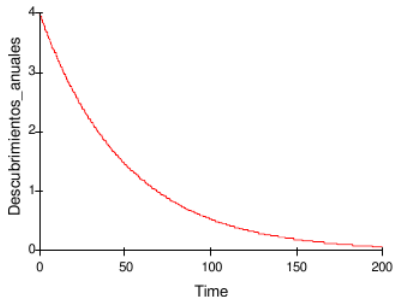
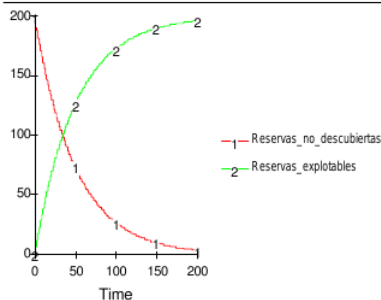




# Modelo con Hipótesis de Hubbert

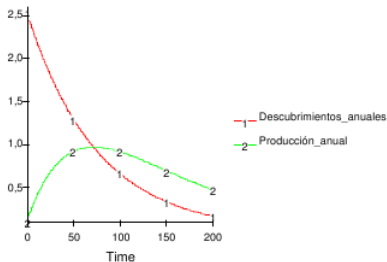
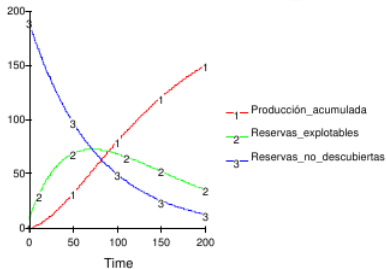
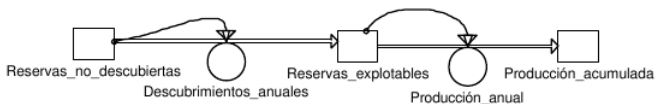
Hipótesis de Hubbert: **Descubrimientos Anuales** proporcionales a **Reservas No Descubiertas**. Cuantitativamente:

```
init    Reservas = 0
flow    Reservas = +dt*Descubrimientos_anuales
init    Reservas_no_descubiertas = 200
flow    Reservas_no_descubiertas = -dt*Descubrimientos_anuales
aux     Descubrimientos_anuales = Reservas_no_descubiertas/50
```



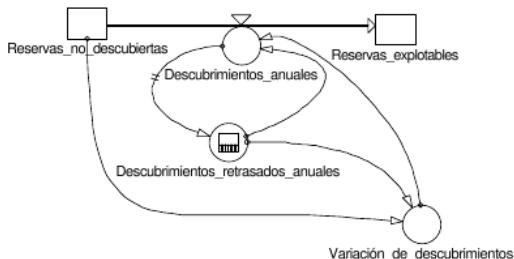
## Modelo con Hipótesis de Hubbert

Si repetimos el esquema para la parte de la producción de petróleo a partir de las **Reservas Explotables**, obtenemos:



## Modelo con Hipótesis de Hubbert

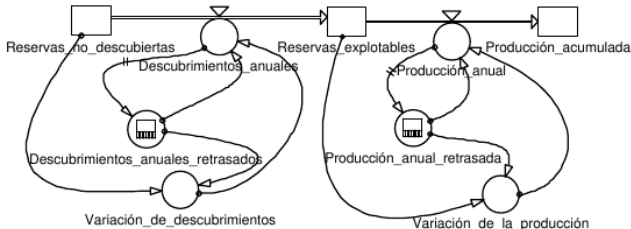
En el siguiente diagrama, los **Descubrimientos Anuales**, los ponemos como la suma de los del año anterior (**Descubrimientos Retrasados Anuales**) más la variación que experimente este año los descubrimientos anuales (**Variación De Descubrimientos**):



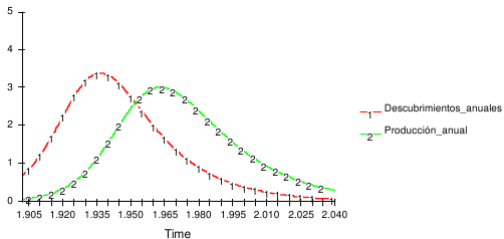
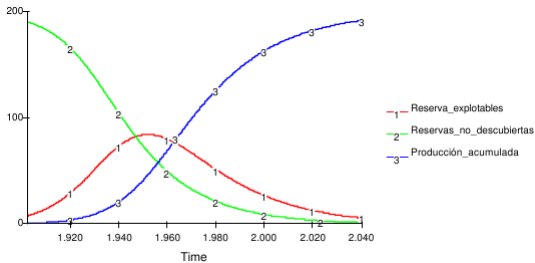
## Modelo con Hipótesis de Hubbert

La **Variación De Descubrimientos** la ponemos como una constante a la cual restamos lo que vamos a denominar “**Esfuerzo**” por un factor de ajuste “**a**” al que llamaremos “**Factor De Esfuerzo**”. El “**Esfuerzo**” es el cociente de los **Descubrimientos Anuales Retrasados** y las **Reservas No Descubiertas**.

- $\text{Variación Descubrimientos} = \text{Cte.} - "a" \times \text{"Esfuerzo"}$
- $\text{Descubrimientos Anuales} = \text{Descubrimientos Anuales Retrasados} \times (1 + \text{Variación Descubrimientos})$

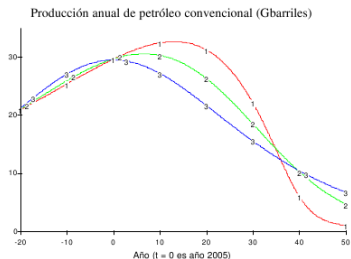
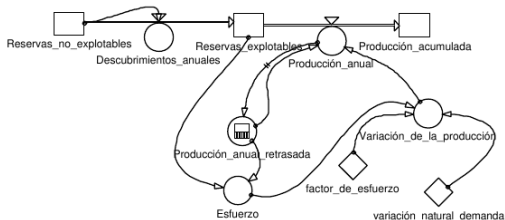


# Modelo con Hipótesis de Hubbert



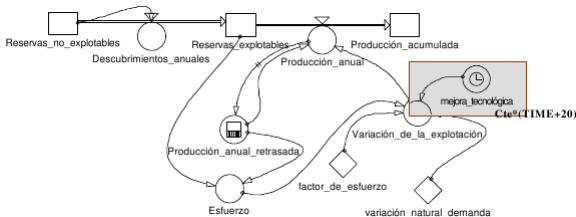
# Modelo sin realimentación en la economía

**Variación de Producción=Variación Natural Demanda - Factor de Esfuerzo x Esfuerzo**



## Modelo sin realimentación en la economía

El siguiente paso es añadir el efecto tecnológico para rebajar el esfuerzo con el tiempo. En nuestro caso, lo escogemos de una forma sencilla y optimista: la **Variación Explotación** va a ser incrementada por la **Mejora Tecnológica** mediante una función lineal del tiempo creciente. Es decir, si nada más varía, la variación en la producción de petróleo aumenta con el tiempo lenta y linealmente.



El efecto es retrasar ligeramente el pico de producción y aumentar su tamaño, pero la caída posterior es más rápida.

## Mejoras para el Modelo

Añadir el factor económico: una variación en la demanda de la producción y que este sea la suma de la variación de la población y del PIB per cápita.

