

Macroeconomía II (ECO306)

U.2 Teoría de Ciclos Económicos Reales (RBC)

Briam E. Guerrero B.

Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)

2026 T1

Contenido de la Unidad ---

Hechos Estilizados de los Ciclos Económicos

Modelo RBC Canónico

Oferta Laboral y Sustitución Intertemporal

Equivalencia Ricardiana y Política Fiscal

Limitaciones del Modelo RBC

Calibración y Evaluación Empírica

Sección 1

Hechos Estilizados de los Ciclos Económicos

Del Largo Plazo al Corto Plazo

- En la Unidad 1 estudiamos el **framework DSGE** y los métodos de solución
- Ahora aplicamos estas herramientas para entender las **fluctuaciones de corto plazo**
- El modelo RBC (Kydland y Prescott, 1982) argumenta que las fluctuaciones son respuestas óptimas a shocks *reales* (tecnológicos)

Dos escuelas en competencia:

- **Keynesiana:** Hay margen para intervención
- **RBC:** Las fluctuaciones son óptimas

Atención

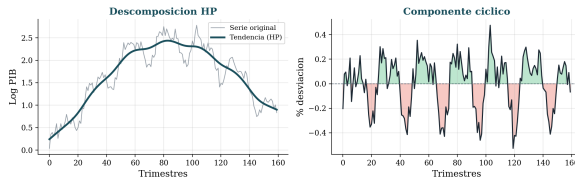
El RBC ofrece la declaración anti-Keynesiana definitiva: las intervenciones de política son peores que ineficaces; desvían la economía de su óptimo intertemporal.

Tendencia y Ciclo: El Filtro Hodrick-Prescott

El **filtro HP** descompone una serie y_t en tendencia τ_t y ciclo c_t :

$$\min_{\{\tau_t\}} \sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} (\Delta^2 \tau_t)^2$$

- λ controla la suavidad de la tendencia
- $\lambda = 1600$ para datos trimestrales
- El ciclo: $c_t = y_t - \tau_t$



Hechos Estilizados: Volatilidad y Comovimiento

Hechos Estilizados: EEUU, datos trimestrales HP-filtrados

Variable	$\sigma(x)$	$\sigma(x)/\sigma(Y)$	$\rho(x, Y)$	$\rho(x_t, x_{t-1})$
PIB (Y)	1.72	1.00	1.00	0.84
Consumo (C)	1.27	0.74	0.88	0.85
Inversion (I)	5.34	3.10	0.91	0.87
Horas (H)	1.59	0.92	0.88	0.91
Productividad (Y/H)	0.90	0.52	0.41	0.74
Salario real (w)	0.68	0.40	0.12	0.75

Datos HP-filtrados para EEUU, periodo postguerra. Fuente: Cooley y Prescott (1995), King y Rebelo (1999).

Preguntas Clave del Ciclo Económico

De los hechos estilizados surgen preguntas:

1. ¿Por qué varía el empleo tanto?
¿Qué shocks mueven la demanda de trabajo?
2. ¿Por qué la productividad es procíclica si hay rendimientos decrecientes al trabajo?
3. ¿Por qué son las recesiones tan persistentes?
4. ¿Por qué el consumo es menos volátil que la inversión?

Objetivo del Modelo RBC

Construir un modelo de equilibrio general dinámico con agentes optimizadores que, sujeto a shocks tecnológicos, reproduzca estos hechos estilizados.

Intuición

Si lo logramos, las fluctuaciones son respuestas óptimas y la política de estabilización es innecesaria o dañina.

Sección 2

Modelo RBC Canónico

Del Modelo Ramsey al RBC

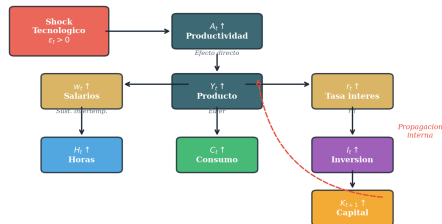
El modelo RBC es el **modelo Ramsey** con dos adiciones:

1. **Shocks estocásticos** de productividad (generan fluctuaciones)
2. **Elección de oferta laboral** (genera fluctuaciones en empleo)

Agentes:

- Hogar representativo
- Firma representativa
- Mercados competitivos

Mecanismo de Propagacion del Modelo RBC



El Problema del Consumidor

El hogar representativo maximiza:

$$\max_{\{c_t, h_t, k_{t+1}\}} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\ln c_t + \psi \ln(1 - h_t)]$$

sujeto a la restricción presupuestaria:

$$c_t + k_{t+1} = w_t h_t + (1 + r_t - \delta)k_t$$

Variables de decisión:

- c_t : consumo
- $h_t \in [0, 1]$: fracción del tiempo trabajando
- k_{t+1} : ahorro (capital para mañana)

Parámetros:

- β : factor de descuento (paciencia)
- ψ : peso relativo del ocio
- δ : tasa de depreciación

Condiciones de Primer Orden

1. Ecuación de Euler (decisión intertemporal de consumo):

$$\frac{1}{c_t} = \beta \mathbb{E}_t \left[\frac{1}{c_{t+1}} (1 + r_{t+1} - \delta) \right]$$

2. Condición trabajo-ocio (decisión estática):

$$\frac{\psi}{1 - h_t} = \frac{w_t}{c_t}$$

Intuición

La Euler dice: el costo de consumir hoy (utilidad marginal) iguala el beneficio de ahorrar. La condición laboral dice: el costo marginal del trabajo (ocio perdido) iguala el beneficio marginal (salario en unidades de utilidad).

La Firma Representativa

Función de producción Cobb-Douglas con tecnología estocástica:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha H_t^{1-\alpha}$$

Maximización de beneficios en competencia perfecta:

$$w_t = (1 - \alpha) A_t \left(\frac{K_t}{H_t} \right)^\alpha = (1 - \alpha) \frac{Y_t}{H_t}$$

$$r_t = \alpha A_t \left(\frac{H_t}{K_t} \right)^{1-\alpha} = \alpha \frac{Y_t}{K_t}$$

Precios Estocásticos

Los salarios y tasas de interés ahora son estocásticos, afectados directamente por los shocks de productividad A_t . Esto es lo que genera las fluctuaciones del empleo.

Equilibrio y Proceso Tecnológico

Cierre de mercados:

- Bienes: $Y_t = C_t + I_t$
- Trabajo: $H_t^d = H_t^s$
- Capital: $K_t^d = K_t^s$

Acumulación de capital:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$$

Shock tecnológico (AR(1)):

$$\ln A_t = \rho \ln A_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

Atención

Sin shocks ($\varepsilon_t = 0 \forall t$), el modelo converge al estado estacionario y se queda ahí. Los shocks son el **motor** del ciclo.

Estado Estacionario

En el EE ($A = 1$, todas las variables constantes):

De la Euler: $1 = \beta(1 + r - \delta)$

$$r = \frac{1}{\beta} - 1 + \delta$$

Del producto marginal: $r = \alpha Y/K$

$$\frac{K}{Y} = \frac{\alpha}{1/\beta - 1 + \delta}$$

Con $\beta = 0.99$: $K/Y \approx 10.3$ trimestres

Ratios del estado estacionario:

- $I/Y = \delta \cdot K/Y \approx 0.26$
- $C/Y = 1 - I/Y \approx 0.74$
- $h = 1/3$ (calibrado)

De la condición laboral:

$$\psi = \frac{w(1-h)}{c} = \frac{(1-\alpha)(1-h)}{h \cdot C/Y}$$

Sección 3

Oferta Laboral y Sustitución Intertemporal

La Decisión Trabajo-Ocio

De la CPO: $\psi_{c_t}/(1 - h_t) = w_t$

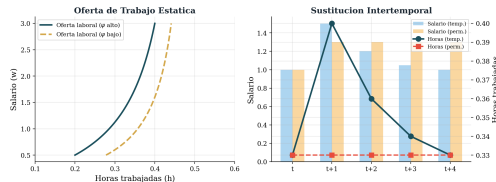
Combinando con la Euler:

$$\frac{1 - h_{t+1}}{1 - h_t} = \frac{1 + r}{1 + \rho} \cdot \frac{w_t}{w_{t+1}}$$

Interpretación:

- Salario alto hoy \rightarrow más trabajo hoy
- Tasa de interés alta \rightarrow más trabajo hoy (retorno al ahorro es mayor)
- Es la **sustitución intertemporal del trabajo**

Oferta de Trabajo en el Modelo RBC



Elasticidad de la Oferta Laboral

Con utilidad más general para el ocio:

$$v(1-h) = \frac{\sigma}{1-\sigma}(1-h)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$$

La **elasticidad de Frisch** (a utilidad marginal del ingreso constante) es:

$$\varepsilon_{h,w} = \sigma \cdot \frac{1-h}{h}$$

- Con $\sigma = 1$ (log) y $h = 1/3$: $\varepsilon = 2$
- Estimaciones micro: $\varepsilon \approx 0.1 - 0.5$
- El modelo necesita alta elasticidad para generar fluctuaciones grandes en empleo

Atención

Esta discrepancia entre la elasticidad que el modelo necesita y la que los datos micro sugieren es uno de los principales desafíos del RBC.

Oferta de Trabajo: Largo Plazo vs. Corto Plazo

Largo plazo (salario permanente):

Con utilidad logarítmica y $\phi = 2/3$:

$$h^* = \frac{1 - \phi}{\phi + (1 - \phi)} = 1/3$$

El ocio es *independiente* del nivel salarial.

Efectos ingreso y sustitución se cancelan.

Corto plazo (salario temporal):

El consumo no cambia mucho

(suavización), por lo que domina el efecto sustitución. El trabajo responde positivamente.

Clave para el RBC

La elasticidad de *largo plazo* de la oferta laboral puede ser cero, pero la de *corto plazo* es positiva. Esto permite que shocks temporales de productividad generen fluctuaciones en el empleo.

Trabajo Indivisible: Hansen (1985)

El problema: La elasticidad micro es pequeña.

La solución: Las decisiones laborales son **indivisibles** (margen extensivo):

- Decisión: trabajar o no (no cuántas horas)
- Hay costos fijos de ir a trabajar
- Variables: días trabajados $d \leq \bar{d}$ y horas por día n

Resultado: La curva de oferta laboral agregada puede ser *infinitamente elástica* a cierto salario, incluso si la elasticidad individual es pequeña.

Definición: Margen Extensivo vs. Intensivo

- **Extensivo:** Decisión de participar o no en el mercado laboral
- **Intensivo:** Cuántas horas trabajar dado que se participa

Intuición

En la práctica, las fluctuaciones del empleo se explican más por personas que entran y salen del empleo que por cambios en horas.

Sección 4

Equivalencia Ricardiana y Política Fiscal

Gobierno en el Modelo RBC

Agregamos gobierno con gasto G_t e impuestos T_t :

Restricción del hogar:

$$c_t + k_{t+1} = w_t h_t + (1 + r_t - \delta)k_t - T_t$$

Restricción del gobierno:

$$G_t + (1 + r_t)B_{t-1} = T_t + B_t$$

Restricción de recursos:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Proceso de gasto:

$$\hat{g}_t = \rho_g \hat{g}_{t-1} + \varepsilon_t^g$$

Condiciones sin cambio

Con impuestos de suma fija, la Euler y la condición laboral no cambian. Los impuestos solo afectan el nivel de riqueza, no los márgenes de decisión.

Equivalencia Ricardiana

Definición: Equivalencia Ricardiana (Barro, 1974)

Con impuestos de suma fija, mercados completos y horizonte infinito, la *trayectoria temporal* de los impuestos es irrelevante. Solo importa el valor presente del gasto público.

Argumento:

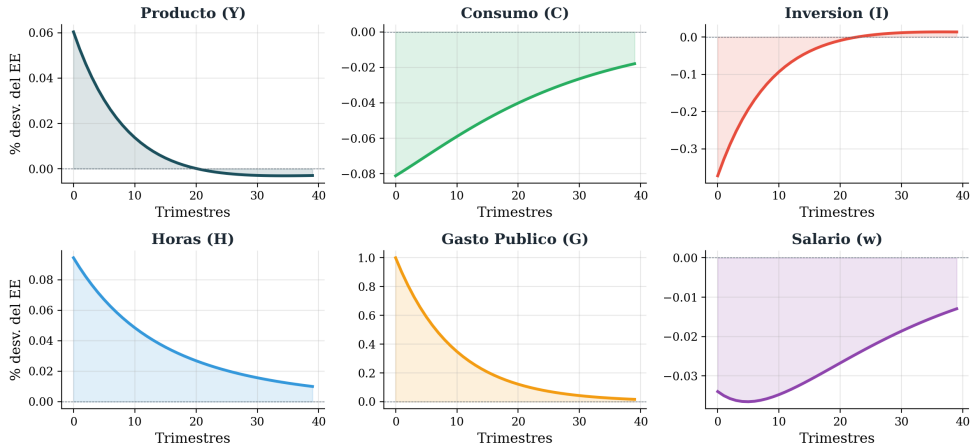
- La restricción presupuestaria intertemporal del gobierno:
$$\sum_{t=0}^{\infty} R_t^{-1} G_t = B_0 + \sum_{t=0}^{\infty} R_t^{-1} T_t$$
- Si G_t no cambia, un recorte de impuestos hoy implica más impuestos mañana
- Los hogares anticipan esto y ahorran el recorte

Atención

La equivalencia Ricardiana falla con: impuestos distorsionantes, restricciones de liquidez, horizonte finito, o incertidumbre sobre impuestos futuros.

Efectos del Gasto Público en el RBC

IRFs: Shock de Gasto Público (+1%) con Impuestos de Suma Fija



Shock de gasto público de +1 % con impuestos de suma fija. $G/Y = 20\%$, $\rho_g = 0.90$.

Multiplicadores Fiscales en el RBC

Mecanismo del shock de G :

1. $G \uparrow$ reduce riqueza (más impuestos futuros)
2. Consumo cae (efecto riqueza negativo)
3. Menor $C \rightarrow$ mayor utilidad marginal \rightarrow más trabajo
4. Más trabajo \rightarrow mayor producto
5. Inversión cae (*crowding out*)

Multiplicador RBC

En el modelo RBC: $\Delta Y / \Delta G < 1$. El producto sube menos que el gasto. El multiplicador es positivo pero menor que uno.

Intuición

El aumento del producto viene del aumento en horas trabajadas (efecto riqueza), no de mayor eficiencia o demanda agregada.

Sección 5

Limitaciones del Modelo RBC

Lo que el RBC Explica Bien

Logros empíricos:

- Inversión más volátil que consumo (✓)
- Consumo, inversión y horas procíclicos (✓)
- Persistencia de las fluctuaciones (✓)
- Orden de magnitud de las volatilidades (con calibración apropiada)

Contribución metodológica:

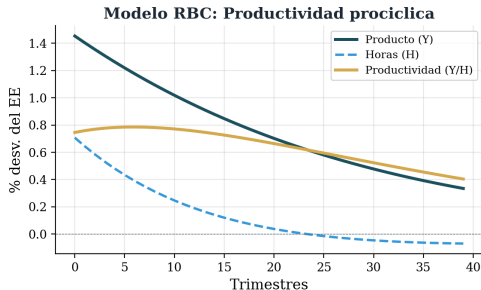
- Estableció el DSGE como estándar
- Disciplina de microfundamentación
- Calibración como metodología
- Marco extensible (base para modelos NK)

Prescott (1986)

“Las fluctuaciones económicas son respuestas óptimas a la incertidumbre en la tasa de cambio tecnológico.”

Productividad Procíclica y el Residuo de Solow

Limitacion: Productividad Prociclica



En los datos:

$$\rho(Y/H, Y) = 0.41 \text{ (debil)}$$

En el modelo RBC basico:

$$\rho(Y/H, Y) \approx 0.98 \text{ (demasiado fuerte)}$$

El RBC sobreestima la prociclicidad de la productividad

En el modelo, la productividad es casi perfectamente procíclica porque el shock tecnológico mueve todo. En los datos, la correlación es mucho más débil.

Puzzles del Mercado Laboral

1. Elasticidad de Frisch:

- Modelo necesita: $\varepsilon \geq 2$
- Datos micro sugieren: $\varepsilon \approx 0.1 - 0.5$
- Hansen (1985) resuelve parcialmente con margen extensivo

2. Shocks tecnológicos:

- ¿Realmente vemos cambios grandes en tecnología cada trimestre?
- El residuo de Solow puede capturar errores de medición, no tecnología

3. Correlación salario-empleo:

- En el modelo: alta y positiva
- En los datos: débil (≈ 0.12)
- Sugiere que hay shocks de demanda además de oferta

Atención

Estas limitaciones motivaron el desarrollo del modelo **Nuevo Keynesiano** (siguiente unidad): mismo framework DSGE pero con rigideces nominales y competencia imperfecta.

Evaluando la Contribución del RBC

El legado del RBC:

1. **Revolución metodológica:** Todos los modelos macro ahora son DSGE con agentes optimizadores
2. **Benchmark:** El RBC es el punto de partida; los modelos NK agregan fricciones encima
3. **Calibración:** Metodología para evaluar cuantitativamente los modelos
4. **Convergencia:** Keynesianos y clásicos ahora usan el mismo framework; difieren en las fricciones que agregan

El Mensaje Central

Aun si los shocks tecnológicos no son la única fuente de fluctuaciones, el RBC demostró que un modelo de equilibrio general puede replicar muchas características de los ciclos económicos. Esta es la base sobre la cual se construye la macroeconomía moderna.

Sección 6

Calibración y Evaluación Empírica

Calibración de Parámetros

Calibracion del Modelo RBC (Prescott 1986)

Parametro	Valor	Descripcion	Fuente
β	0.99	Factor de descuento (trim.)	$r = 4\%$ anual
α	0.36	Participacion del capital	Cuentas nacionales
δ	0.025	Tasa de depreciacion (trim.)	Stock de capital
ρ_z	0.95	Persistencia tecnologica	Residuo de Solow
σ_ε	0.007	Volatilidad del shock	Residuo de Solow
\bar{h}	1/3	Horas trabajadas en EE	Encuestas de uso del tiempo
ψ	Calibrado	Peso del ocio	Consistente con \bar{h}

Metodología de Calibración (Prescott, 1986)

El proceso:

1. Asignar valores a parámetros usando datos micro/macro y teoría
2. Resolver el modelo numéricamente
3. Simular la economía con shocks aleatorios
4. Comparar momentos simulados vs. datos reales
5. Si no coinciden, los desajustes sugieren mejoras al modelo

Fuentes de calibración:

- $\beta = 0.99$: tasa de interés real $\approx 4\%$ anual
- $\alpha = 0.36$: participación del capital en PIB
- $\delta = 0.025$: depreciación $\approx 10\%$ anual
- $\rho = 0.95$: estimado del residuo de Solow
- $\sigma_\varepsilon = 0.007$: volatilidad del residuo
- $\bar{h} = 1/3$: encuestas de uso del tiempo

Solución del Modelo: Método de Blanchard-Kahn

Estrategia:

1. Log-linearizar alrededor del EE
2. Escribir como: $A\mathbb{E}_t[X_{t+1}] = BX_t$
3. Eigendescomposición de $G = A^{-1}B$
4. Separar eigenvalores estables/inestables

Eigenvalores del modelo:

- $\lambda_1 = 0.950$ (tecnología)
- $\lambda_2 = 0.954$ (capital)
- $\lambda_3 = 1.059$ (consumo – inestable)

BK: 2 estables, 1 inestable ✓

Policy function:

$$\hat{c}_t = P_k \hat{k}_t + P_z \hat{z}_t$$

Transición de estados:

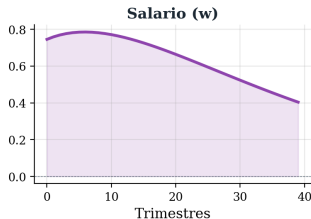
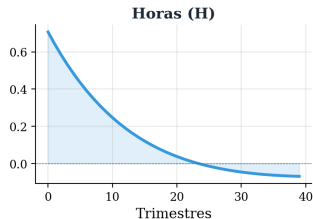
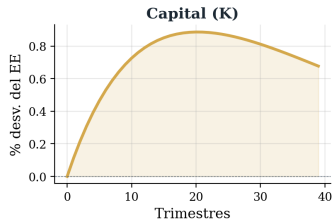
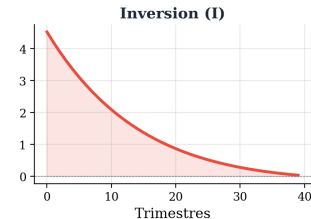
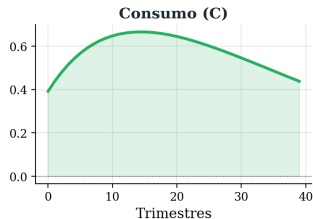
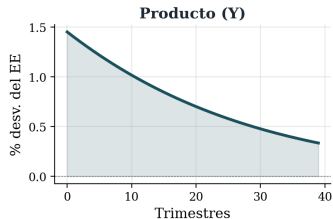
$$\begin{pmatrix} \hat{k}_{t+1} \\ \hat{z}_{t+1} \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} \hat{k}_t \\ \hat{z}_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \varepsilon_{t+1} \end{pmatrix}$$

Resultado Clave

La solución determina cómo responde cada variable a los estados (capital acumulado y nivel de tecnología).

IRFs: Shock Tecnológico Positivo (+1%)

Funciones Impulso-Respuesta: Shock Tecnológico (+1%)



Interpretación de las IRFs

Shock tecnológico positivo (+1 %):

- **Producto:** sube inmediatamente, decae lentamente (sostenido por capital acumulado)
- **Consumo:** sube menos que Y (suavización Euler)
- **Inversión:** respuesta fuerte y volátil (absorbe la fluctuación que C suaviza)
- **Capital:** respuesta retardada, forma de joroba (se acumula gradualmente)
- **Horas:** suben por mayor salario (sustitución intertemporal)

Intuición

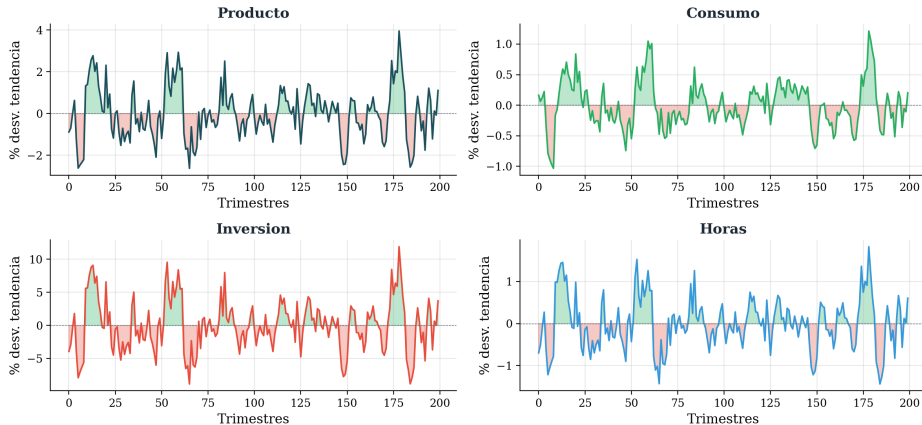
El capital actúa como **mecanismo de propagación interna**: transforma un shock transitorio de productividad en fluctuaciones persistentes de todas las variables. Aun después de que A_t vuelve al EE, K sigue alto.

Persistencia

Los eigenvalores estables (0.95, 0.95) determinan la velocidad de retorno al EE (≈ 14 trim.).

Simulación del Modelo RBC

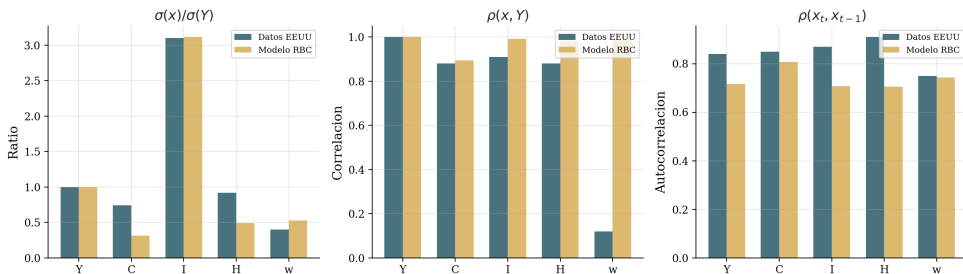
Simulación del Modelo RBC (HP-filtrado)



Series simuladas HP-filtradas. Nótese la mayor volatilidad de la inversión y el comovimiento positivo.

Comparación: Modelo vs. Datos

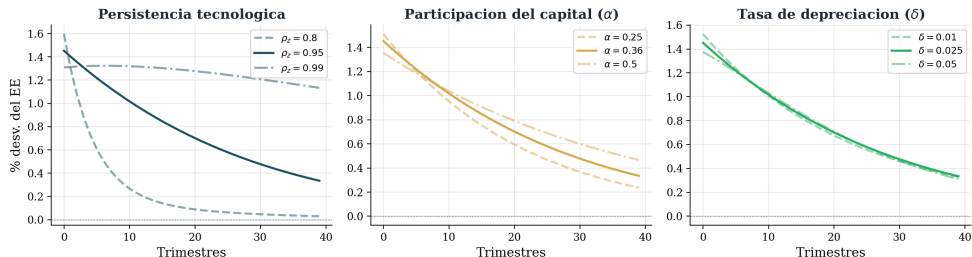
Comparacion: Modelo RBC vs Datos EEUU



El modelo replica bien la volatilidad relativa de la inversión, pero subestima la del consumo y las correlaciones con el producto.

Análisis de Sensibilidad

Analisis de Sensibilidad: Respuesta del Producto



La persistencia del shock (ρ_z) es el parámetro más influyente en la dinámica del producto.

Implementación en Python: Modelo Completo

Resolver el modelo RBC via Blanchard-Kahn

```
1 class RBCModel:
2     def __init__(self, beta=0.99, alpha=0.36,
3                 delta=0.025, rho_z=0.95):
4         self.compute_steady_state()
5         self.log_linearize()      # -> matrices A, B
6         self.solve_bk()          # -> P, M
7
8     def solve_bk(self):
9         G = np.linalg.solve(self.A, self.B)
10        eigenvalues, V = np.linalg.eig(G)
11        idx = np.argsort(np.abs(eigenvalues))
12        eigenvalues, V = eigenvalues[idx], V[:,idx]
13        # Policy: c_hat = P @ [k_hat, z_hat]
14        V_ss, V_cs = V[:n_s,:n_s], V[n_s:,:n_s]
15        P = V_cs @ np.linalg.inv(V_ss)
16        # Transition: s_{t+1} = M @ s_t
17        M = G[:n_s,:n_s] + G[:n_s,n_s:] @ P
```

Python: Simulación de IRFs y Momentos

Calcular IRFs y comparar con datos

```
1  # IRFs: shock tecnologico +1%
2  states = np.zeros((T, 2))
3  states[0] = [0, 0.01]  # z_hat = 1%
4  for t in range(T):
5      c_hat[t] = P @ states[t]
6      h_hat[t] = (1/Om)*(states[t,1]
7                  + alpha*states[t,0] - c_hat[t])
8      y_hat[t] = states[t,1] + alpha*states[t,0] \
9                  + (1-alpha)*h_hat[t]
10     if t < T-1:
11         states[t+1] = M @ states[t]
12
13  # Momentos: simular + HP filter + comparar
14  sim = model.simulate(T=5000)
15  for var in sim:
16      _, cycle = hp_filter(sim[var])
17      print(f"{var}: std={np.std(cycle):.3f}")
```


Resumen de la Unidad ---

Conceptos clave:

1. Hechos estilizados: volatilidad, persistencia, comovimiento
2. Modelo RBC: shocks tecnológicos como motor
3. Sustitución intertemporal del trabajo
4. Equivalencia Ricardiana
5. Limitaciones: elasticidad de Frisch, productividad procíclica
6. Calibración y evaluación empírica

Para la próxima unidad:

- Modelo Nuevo Keynesiano
- Rigideces nominales y competencia imperfecta
- Política monetaria óptima

Recursos:

- Script Python: `rbc_model.py`
- Romer, Capítulo 5
- Kydland y Prescott (1982)
- Prescott (1986)

Gracias

Preguntas?

briam.guerrero@intec.edu.do