

# La crisis hipotecaria colombiana de los años noventa: evaluación y lecciones.

Juan Esteban Carranza

Departamento de Economía, Universidad Icesi

Septiembre 28, 2010

Esta presentación está basada en dos artículos en curso:

- “An empirical characterization of mortgage default in Colombia between 1997 and 2004” (con Dairo Estrada, Banco de la República)
- “Estimating dynamic models with aggregate shocks and an application to mortgage default in Colombia” (con Salvador Navarro, Universidad de Wisconsin)

# Motivación

- Durante la segunda mitad de la década de los 90, Colombia experimentó una profunda crisis económica y financiera que tuvo como foco el mercado hipotecario.
- Muchas cosas ocurrieron simultáneamente: los saldos de los hipotecas que estaban indexados explotaron; el ingreso cayó; los precios de los bienes raíces cayeron.
- Queremos saber qué incidencia tuvo cada factor en la crisis. Especialmente nos interesa saber qué efecto tuvieron las medidas de política.

# ¿Qué hacemos?

# ¿Qué hacemos?

- Construimos un modelo económico de comportamiento que incorpora las características relevantes del problema.

## ¿Qué hacemos?

- Construimos un modelo económico de comportamiento que incorpora las características relevantes del problema.
- Desarrollamos un marco metodológico que permite la estimación de la “estructura” del modelo de comportamiento usando una muestra aleatoria de deudores e historias de pago.

## ¿Qué hacemos?

- Construimos un modelo económico de comportamiento que incorpora las características relevantes del problema.
- Desarrollamos un marco metodológico que permite la estimación de la “estructura” del modelo de comportamiento usando una muestra aleatoria de deudores e historias de pago.
- Usamos el modelo estimado para simular políticas “contrafactuales”. Es decir, podemos simular el comportamiento de “default” en un mundo hipotético en el que se adoptaron políticas distintas a las observadas.

# El mercado hipotecario en Colombia a finales del siglo XX



## El mercado hipotecario en Colombia a finales del siglo XX

- Desde los setentas, el mercado hipotecario en Colombia estaba basado en el sistema UPAC que era un sistema diseñado para canalizar recursos hacia la financiación de vivienda de largo plazo.

# El mercado hipotecario en Colombia a finales del siglo XX

- Desde los setentas, el mercado hipotecario en Colombia estaba basado en el sistema UPAC que era un sistema diseñado para canalizar recursos hacia la financiación de vivienda de largo plazo.
- Los bancos hipotecarios tenían el monopolio de las cuentas de ahorro (depósitos a la vista ) y sólo podían prestar recursos para el sector de la construcción en forma de hipotecas.

# El mercado hipotecario en Colombia a finales del siglo XX

- Desde los setentas, el mercado hipotecario en Colombia estaba basado en el sistema UPAC que era un sistema diseñado para canalizar recursos hacia la financiación de vivienda de largo plazo.
- Los bancos hipotecarios tenían el monopolio de las cuentas de ahorro (depósitos a la vista ) y sólo podían prestar recursos para el sector de la construcción en forma de hipotecas.
- Las hipotecas estaban denominadas en UPAC que era una unidad de medida cuyo valor variaba cada mes de acuerdo a una tasa que reflejaba la inflación (corrección monetaria). De esta manera se protegían bancos y deudores contra los cambios de precios.

# El mercado hipotecario en Colombia a finales del siglo XX

- Desde los setentas, el mercado hipotecario en Colombia estaba basado en el sistema UPAC que era un sistema diseñado para canalizar recursos hacia la financiación de vivienda de largo plazo.
- Los bancos hipotecarios tenían el monopolio de las cuentas de ahorro (depósitos a la vista ) y sólo podían prestar recursos para el sector de la construcción en forma de hipotecas.
- Las hipotecas estaban denominadas en UPAC que era una unidad de medida cuyo valor variaba cada mes de acuerdo a una tasa que reflejaba la inflación (corrección monetaria). De esta manera se protegían bancos y deudores contra los cambios de precios.
- Adicionalmente, los deudores debían pagar una tasa de interés fija sobre el saldo en UPAC. Esta tasa de interés no era específica a cada deudor.

# El desarrollo de la crisis

## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.

## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.
- Para compensar a los bancos hipotecarios por los costos de competir por liquidez con otras entidades financieras, se decide amarrar la corrección monetaria a la tasa de interés de captación.

## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.
- Para compensar a los bancos hipotecarios por los costos de competir por liquidez con otras entidades financieras, se decide amarrar la corrección monetaria a la tasa de interés de captación.
- Esto significaba que cuando la tasa de interés estuviera muy por encima de la tasa de inflación, estos incrementos se trasladarían al saldo de la deuda (capitalización de intereses).



## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.
- Para compensar a los bancos hipotecarios por los costos de competir por liquidez con otras entidades financieras, se decide amarrar la corrección monetaria a la tasa de interés de captación.
- Esto significaba que cuando la tasa de interés estuviera muy por encima de la tasa de inflación, estos incrementos se trasladarían al saldo de la deuda (capitalización de intereses).
- Entre 1998 y 1999 el peso se vio expuesto sorpresivamente a un ataque motivado por eventos internacionales.

## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.
- Para compensar a los bancos hipotecarios por los costos de competir por liquidez con otras entidades financieras, se decide amarrar la corrección monetaria a la tasa de interés de captación.
- Esto significaba que cuando la tasa de interés estuviera muy por encima de la tasa de inflación, estos incrementos se trasladarían al saldo de la deuda (capitalización de intereses).
- Entre 1998 y 1999 el peso se vio expuesto sorpresivamente a un ataque motivado por eventos internacionales.
- El banco central (al igual que la mayoría de las autoridades monetarias latinoamericanas) decide defender la tasa de cambio a como de lugar. La tasa de interés sube a niveles exorbitantes.

## El desarrollo de la crisis

- A principios de los 90 se inicia un proceso de liberalización financiera. Se permite a otras entidades financieras ofrecer cuentas de ahorro.
- Para compensar a los bancos hipotecarios por los costos de competir por liquidez con otras entidades financieras, se decide amarrar la corrección monetaria a la tasa de interés de captación.
- Esto significaba que cuando la tasa de interés estuviera muy por encima de la tasa de inflación, estos incrementos se trasladarían al saldo de la deuda (capitalización de intereses).
- Entre 1998 y 1999 el peso se vio expuesto sorpresivamente a un ataque motivado por eventos internacionales.
- El banco central (al igual que la mayoría de las autoridades monetarias latinoamericanas) decide defender la tasa de cambio a como de lugar. La tasa de interés sube a niveles exorbitantes.
- Los saldos hipotecarios se disparan. Caen los precios de los bienes raíces. Cae el ingreso. La crisis de “default” se desata.

## Descripción de los datos (base de datos principal, primeros trimestres de cada año)

Trimestre	Número de creditos	Creditos vigentes	Tasa de default	Precio Promedio 1	Precio Promedio 2	Precio/ Saldo
1998 : 1	1435	1366	2.64 %	73.97	73.04	48.58 %
1999 : 1	2486	2153	5.29 %	65.05	63.07	57.80 %
2000 : 1	2486	1738	5.70 %	50.72	60.75	61.57 %
2001 : 1	2486	1532	2.15 %	60.29	73.96	46.35 %
2002 : 1	2486	1404	1.50 %	56.83	68.17	48.86 %
2003 : 1	2486	1321	1.29 %	63.46	74.80	40.71 %
2004 : 1	2486	1279	0.78 %	65.94	78.06	35.38 %

# Default hipotecario como un “optimal stopping problem”

# Default hipotecario como un “optimal stopping problem”

Modelamos el problema de un deudor típico como un problema dinámico de elección discreta.

- Hacer “default” genera un pago de  $W(\tilde{S}_{i,t})$  y el problema termina.

# Default hipotecario como un “optimal stopping problem”

Modelamos el problema de un deudor típico como un problema dinámico de elección discreta.

- Hacer “default” genera un pago de  $W(\tilde{S}_{i,t})$  y el problema termina.
- **No** hacer default genera un pago de  $\tilde{u}(\tilde{S}_{i,t})$  más el valor esperado de continuar  $\beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right]$ .

donde  $\tilde{S}_{i,t}$  es el conjunto de variables que afectan la utilidad del deudor y  $E \left[ \tilde{V}_{i,t+1} \right]$  es el valor de la opción de poder hacer “default” en el futuro, el cual se descuenta a una tasa  $\beta$ .

El valor de la opción se puede computar recursivamente de:

$$\tilde{V}(\tilde{S}_{i,t}) = \max_{d,nd} \left\{ W(\tilde{S}_{i,t}), \tilde{u}(\tilde{S}_{i,t}) + \beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right] \right\}$$

*d*: default

*nd*: no hacer default



El valor de la opción se puede computar recursivamente de:

$$\tilde{V}(\tilde{S}_{i,t}) = \max_{d,nd} \left\{ W(\tilde{S}_{i,t}), \tilde{u}(\tilde{S}_{i,t}) + \beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right] \right\}$$

*d*: default

*nd*: no hacer default

$\tilde{u}(\tilde{S}_{i,t})$ : utilidad de permanecer en la casa sin hacer “default” durante un periodo

El valor de la opción se puede computar recursivamente de:

$$\tilde{V}(\tilde{S}_{i,t}) = \max_{d,nd} \left\{ W(\tilde{S}_{i,t}), \tilde{u}(\tilde{S}_{i,t}) + \beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right] \right\}$$

*d*: default

*nd*: no hacer default

$\tilde{u}(\tilde{S}_{i,t})$ : utilidad de permanecer en la casa sin hacer “default” durante un periodo

$W(\tilde{S}_{i,t})$ : el valor de hacer “default”, que conduce a escenarios que no modelamos.

- Este modelo resalta que las decisiones de “default” dependen de las expectativas que tienen los deudores respecto a lo que va a suceder en el futuro.

- Este modelo resalta que las decisiones de “default” dependen de las expectativas que tienen los deudores respecto a lo que va a suceder en el futuro.
- Dependiendo del flujo de utilidad que genera el contrato hipotecario y de la evolución esperada de las variables relevantes, un deudor puede decidir no hacer “default”, inclusive si el precio del inmueble cae muy por debajo del saldo de la deuda.

El modelo implica que la probabilidad de que un individuo NO haga default es:

$$Pr_{i,t} = Prob \left[ \tilde{u}(\tilde{S}_{i,t}) - W(\tilde{S}_{i,t}) + \beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right] > 0 \right]$$

asumiremos que:

$$\tilde{u}(\tilde{S}_{i,t}) - W(\tilde{S}_{i,t}) = \zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \bar{\varepsilon}_{i,t}$$

donde:  $y_{i,t}$ : ingreso del hogar (no observado)

$b_{i,t}$ : saldo

$L_{i,t}$ : periodos restantes

$\bar{\pi}_{i,t}$ : precio estimado de la casa

$\bar{\varepsilon}_{i,t}$ : otros factores no observados

El vector de estados esta dado por:

$$\tilde{S}_{i,t} = \{\bar{\pi}_{i,t}, y_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, \bar{\varepsilon}_{i,t}\}$$

El vector de estados esta dado por:

$$\tilde{S}_{i,t} = \{\bar{\pi}_{i,t}, y_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, \bar{\varepsilon}_{i,t}\}$$

Asumiremos ademas que  $\tilde{S}$  es Markoviano.

El vector de estados esta dado por:

$$\tilde{S}_{i,t} = \{\bar{\pi}_{i,t}, y_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, \bar{\varepsilon}_{i,t}\}$$

Asumiremos ademas que  $\tilde{S}$  es Markoviano.

El valor del problema, parametrizado:

$$\tilde{V}(\tilde{S}_{i,t}) =$$

$$\text{máx} \left\{ 0, \zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \bar{\varepsilon}_{i,t} + \beta E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,t+1}) | \tilde{S}_{i,t} \right] \right\}$$

$$E \left[ \tilde{V}(\tilde{S}_{i,T_i+1}) | \tilde{S}_{i,T_i} \right] = 0$$



Descomponemos el error en tres partes:

$$\bar{\epsilon}_{i,t} = \xi_t + \mu_i + \epsilon_{i,t}$$

donde:

- $\xi_t$  es un choque agregado no observado.
- $\mu_i$  es una variable individual que refleja la preferencia subjetiva a hacer “default”. Puede ser interpretado como una medida de la aversión al riesgo.
- $\epsilon_{i,t}$  es un error aleatorio *iid* que sigue una distribución logit.

El modelo genera probabilidades predichas de no hacer default muy parecidas a una probabilidad logit estándar:

$$Pr_{i,t}(\bar{\pi}_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, y_{i,t}, \mu_i, \xi_t) = \frac{e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}{1 + e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}$$

El modelo genera probabilidades predichas de no hacer default muy parecidas a una probabilidad logit estándar:

$$Pr_{i,t}(\bar{\pi}_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, y_{i,t}, \mu_i, \xi_t) = \frac{e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}{1 + e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}$$

- Es decir, las decisiones de default dependen de variables observadas: el saldo de la hipoteca, el número de periodos restantes en la hipoteca y el precio estimado del inmueble.

El modelo genera probabilidades predichas de no hacer default muy parecidas a una probabilidad logit estándar:

$$Pr_{i,t}(\bar{\pi}_{i,t}, b_{i,t}, L_{i,t}, y_{i,t}, \mu_i, \xi_t) = \frac{e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}{1 + e^{\zeta_0 + \zeta_1 \bar{\pi}_{i,t} + \zeta_2 y_{i,t} + \zeta_3 b_{i,t} + \zeta_4 L_{i,t} + \xi_t + \mu_i + \beta E \tilde{V}_{i,t+1}}}$$

- Es decir, las decisiones de default dependen de variables observadas: el saldo de la hipoteca, el número de periodos restantes en la hipoteca y el precio estimado del inmueble.
- Y dependen de otras variables no observadas o difíciles de computar: el ingreso, la aversión al riesgo, los choques agregados y el valor de la opción. Estas variables son el origen de nuestro problema técnico.

# Los problemas técnicos

# Los problemas técnicos

- Desarrollamos una tecnica novedosa (pero computacionalmente intensa) para computar el valor de la opcion de hacer “default” en el futuro a lo largo del algoritmo de estimacion, a pesar de no observar los choques agregados.

## Los problemas técnicos

- Desarrollamos una tecnica novedosa (pero computacionalmente intensa) para computar el valor de la opcion de hacer “default” en el futuro a lo largo del algoritmo de estimacion, a pesar de no observar los choques agregados.
- Asumimos que las preferencias subjetivas de hacer o no “default”, estan correlacionadas con el apalancamiento del crédito (LTV).

## Los problemas técnicos

- Desarrollamos una tecnica novedosa (pero computacionalmente intensa) para computar el valor de la opcion de hacer “default” en el futuro a lo largo del algoritmo de estimacion, a pesar de no observar los choques agregados.
- Asumimos que las preferencias subjetivas de hacer o no “default”, estan correlacionadas con el apalancamiento del crédito (LTV).
- No observamos el ingreso de los hogares a lo largo del tiempo. Simulamos el ingreso de la encuesta nacional de hogares que cada año contiene una pregunta sobre deudas de creditos de vivienda.



## Resultados: Modelos sin ingreso

Coefficient	Model I		Model II	
	Est. (s.e.)	Marginal	Est. (s.e.)	Marginal
$\zeta_1$ (Price)	0.061 ( 0.005 )	0.011	0.061 ( 0.005 )	0.011
$\zeta_2$ (Balance)	-0.328 ( 0.027 )	-0.015	-0.329 ( 0.025 )	-0.016
$\zeta_3$ (Term)	-0.015 ( 0.002 )	-0.003	-0.015 ( 0.002 )	-0.003
$\zeta_4$ (Equity)			-0.101 ( 0.059 )	
$\zeta_5$ (Income)				
$\alpha_0$	0.539 ( 0.005 )		0.539 ( 0.005 )	
$\alpha_1$	0.003 ( 0.002 )		0.004 ( 0.004 )	
$\alpha_2$	0.036 ( 0.001 )		0.036 ( 0.001 )	
$\rho_0$	-1.321 ( 0.231 )		-1.309 ( 0.223 )	
$\rho_1$	-0.896 ( 0.156 )		-0.895 ( 0.154 )	
$\rho_1$	0.249 ( 0.065 )		0.281 ( 0.067 )	
$var(\mu)$	1.964		1.977	

## Resultados: Modelos con ingreso

Coefficient	Model III		Model IV		Marginal
	Est. (s.e.)		Est. (s.e.)		
$\zeta_1$ (Price)	0.049 ( 0.004 )	0.010	0.049 ( 0.004 )		0.010
$\zeta_2$ (Balance)	-0.355 ( 0.025 )	-0.017	-0.355 ( 0.025 )		-0.018
$\zeta_3$ (Term)	-0.015 ( 0.002 )	-0.005	-0.015 ( 0.002 )		-0.005
$\zeta_4$ (Equity)			-0.168 ( 0.132 )		
$\zeta_5$ (Income)	0.001 ( 0.000 )	0.001	0.001 ( 0.000 )		0.001
$\alpha_0$	0.539 ( 0.005 )		0.539 ( 0.005 )		
$\alpha_1$	0.004 ( 0.005 )		0.004 ( 0.003 )		
$\alpha_2$	0.036 ( 0.001 )		0.036 ( 0.001 )		
$\rho_0$	-0.040 ( 0.023 )		-0.041 ( 0.024 )		
$\rho_1$	0.128 ( 0.068 )		0.160 ( 0.078 )		
$\rho_1$	0.001 ( 0.001 )		0.001 ( 0.001 )		
$var(\mu)$	1.850		1.871		

# Resultados

# Resultados

- El precio y el saldo son los factores mas importantes en la determinacion del “default” hipotecario (esto no es sorprendente); el ingreso es económicamente irrelevante.

# Resultados

- El precio y el saldo son los factores mas importantes en la determinacion del “default” hipotecario (esto no es sorprendente); el ingreso es económicamente irrelevante.
- En los modelos sin ingreso, los choques agregados capturan el efecto no observado del ingreso. Al incluir el ingreso no cambian los parametros estructurales, pero si la transicion de los choques agregados.

# Resultados

- El precio y el saldo son los factores mas importantes en la determinacion del “default” hipotecario (esto no es sorprendente); el ingreso es económicamente irrelevante.
- En los modelos sin ingreso, los choques agregados capturan el efecto no observado del ingreso. Al incluir el ingreso no cambian los parametros estructurales, pero si la transicion de los choques agregados.
- En los modelos sin ingreso, los deudores parecen muy pesimistas, quiza sobre su ingreso. Una vez controlamos por la variacion en el ingreso, las expectativas son mas estables.

Simulación contrafactual: ¿qué habría pasado si el UPAC hubiera estado atado a la inflación en vez de la tasa de interés?

## Simulación contrafactual: ¿qué habría pasado si el UPAC hubiera estado atado a la inflación en vez de la tasa de interés?

Simulamos el comportamiento de los deudores en nuestra muestra asumiendo que la evolución de los saldos reales sigue la siguiente regla:

$$b_{i,t+1} = b_{i,t} - b_{i,t}/L_{i,t} = b_{i,t}(1 - 1/L_{i,t}) \quad (1)$$



## Simulación contrafactual: ¿qué habría pasado si el UPAC hubiera estado atado a la inflación en vez de la tasa de interés?

Simulamos el comportamiento de los deudores en nuestra muestra asumiendo que la evolución de los saldos reales sigue la siguiente regla:

$$b_{i,t+1} = b_{i,t} - b_{i,t}/L_{i,t} = b_{i,t}(1 - 1/L_{i,t}) \quad (1)$$

Hacemos dos simulaciones:

Computamos el comportamiento de los deudores en una muestra simulada de nuestros deudores sobre los 30 periodos de la muestra.

## Simulación contrafactual: ¿qué habría pasado si el UPAC hubiera estado atado a la inflación en vez de la tasa de interés?

Simulamos el comportamiento de los deudores en nuestra muestra asumiendo que la evolución de los saldos reales sigue la siguiente regla:

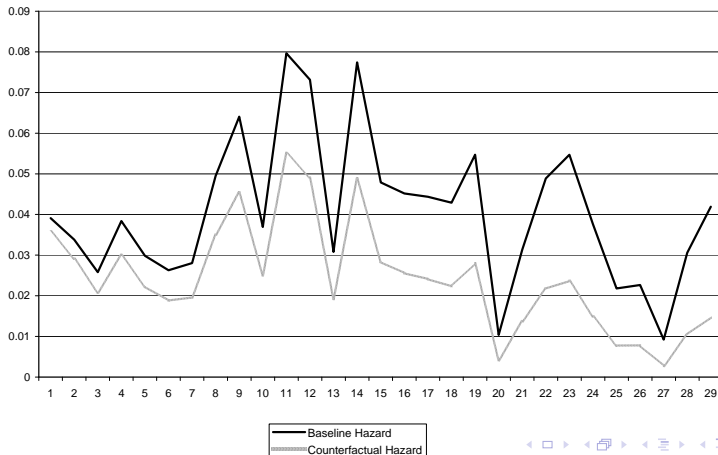
$$b_{i,t+1} = b_{i,t} - b_{i,t}/L_{i,t} = b_{i,t}(1 - 1/L_{i,t}) \quad (1)$$

Hacemos dos simulaciones:

Computamos el comportamiento de los deudores en una muestra simulada de nuestros deudores sobre los 30 periodos de la muestra. Simulamos el impacto del anuncio de la política en cualquier momento  $t$  sobre el default en ese mismo periodo. La predicción de un modelo estándar sería que el efecto es nulo, pues un anuncio no cambia ninguna variable, solo las expectativas.

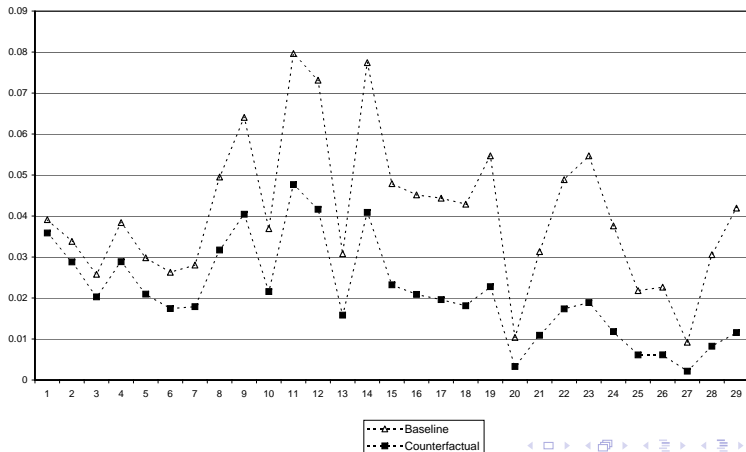
# Tasa simulada y “contrafactual” de default

Figure 1: Simulated and counterfactual default



# Tasa simulada y “contrafactual” de default tras anuncio

Figure 2: Effect of policy announcement at t



## Algunas conclusiones

- Nuestro modelo simulado implica que la indexación de los saldos hipotecarios con la tasa de interés fue responsable de por lo menos el 20% del default observado. Este es un resultado de equilibrio parcial que no tiene potenciales ramificaciones de equilibrio general.

## Algunas conclusiones

- Nuestro modelo simulado implica que la indexación de los saldos hipotecarios con la tasa de interés fue responsable de por lo menos el 20% del default observado. Este es un resultado de equilibrio parcial que no tiene potenciales ramificaciones de equilibrio general.
- Tener en cuenta las cosas que no observamos y el componente dinámico del problema es importante para esclarecer la relación subyacente entre las variables observadas y el comportamiento observado. Por ejemplo, el default es afectado por la evolución esperada de las variables de estado. Este puede cambiar inclusive cuando no hay cambios contemporáneos en las variables de estado. Evaluar esto sólo es posible con un modelo económico completo.

## Algunas conclusiones

- Nuestro modelo simulado implica que la indexación de los saldos hipotecarios con la tasa de interés fue responsable de por lo menos el 20% del default observado. Este es un resultado de equilibrio parcial que no tiene potenciales ramificaciones de equilibrio general.
- Tener en cuenta las cosas que no observamos y el componente dinámico del problema es importante para esclarecer la relación subyacente entre las variables observadas y el comportamiento observado. Por ejemplo, el default es afectado por la evolución esperada de las variables de estado. Este puede cambiar inclusive cuando no hay cambios contemporáneos en las variables de estado. Evaluar esto sólo es posible con un modelo económico completo.
- Actualmente, el gobierno tiene en marcha un programa de subsidios a la tasa de las hipotecas (que es equivalente a un programa de tasa ajustable que llevó al colapso a un sector del mercado hipotecario en Estados Unidos). El programa vence en siete años ¿es esto la semilla de una crisis?

## Detalles metodológicos: supuestos de estimación

Heterogeneidad individual:

$$LTV_i = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_i + \nu_i$$

$\mu \sim$  "mixture" de tres distribuciones normales con vectores de valores esperados  $\bar{\mu}$ , varianzas  $\sigma_\mu^2$  y probabilidades  $w$ .

$$\nu_i \sim N(0, \alpha_2^2)$$

Distribución condicional del ingreso:

$$y \sim G_t^Y(Y|b/L) \text{ (obtenida de la encuesta de hogares)}$$

Transición de las variables de estado observadas, condicionadas en su supervivencia, las cuales se pueden estimar directamente:

$$\log(b_{it+1}) = \rho_0^b + \rho_1^b \log(b_{it}) + \prod_{l=2}^4 \rho_l^b L_{i,t}^l + \omega_{it}^b$$

$$\log(b_{it+1}) = \rho_0^b + \rho_1^b \log(b_{it}) + \omega_{it}^b$$

$$\log(\pi_{it+1}) = \rho_0^\pi + \rho_1^\pi \log(\pi_{it}) + \omega_{it}^\pi$$

$$\log(y_{it+1}) = \rho_0^y + \rho_1^y \log(y_{it}) + \omega_{it}^y$$

Transición de los choques agregados:

$$\xi_{t+1} = \rho_0^\xi + \rho_1^\xi \xi_t + \rho_2^\xi \omega_t^\xi \text{ where } \omega_t^\xi \sim iid N(0, 1)$$



## Detalles metodológicos (continuacion)

Estimamos  $\theta = \{\zeta, \sigma, \alpha, \rho^\xi\}$  maximizando the funcion de verosimilitud:

$$\mathcal{L}(\theta) = \prod_{i \in N} \int \left[ \prod_t P_{i,t}^{d_{i,t}} \left(1 - P_{i,t}^{(1-d_{i,t})}\right) d\Phi(\nu) \right] dG_t^Y(Y|K) d\Phi^\mu(\mu_i; \sigma^0)$$

- Maximizamos la verosimilitud sobre todo el espacio de parametros.
- Las integrales con respecto a la heterogeneidad individual se computan con metodos de cuadratura.
- Las integrales con respecto a los errores de las transiciones estimadas usando muestreo de los errores estimados.
- Los valores de la opcion se computan por induccion desde el ultimo periodo de la hipoteca usando interpolacion multilinear.