

Estimación de modelos de aprendizaje y de expectativas racionales usando datos de encuestas sobre inflación

Arturo Ormeño

Universidad de Amsterdam

XXIX Encuentro de Economistas - BCRP
12-14 Octubre, 2011

Introducción

- En este trabajo estimo un modelo dinámico de equilibrio general utilizando datos de encuestas sobre inflación esperada.

Introducción

- En este trabajo estimo un modelo dinámico de equilibrio general utilizando datos de encuestas sobre inflación esperada.
 - En particular, utilizo el modelo desarrollado por Smets y Wouters (2007), **modelo SW**
 - Evalúo dos formas alternativas de modelar expectativas:

Introducción

- En este trabajo estimo un modelo dinámico de equilibrio general utilizando datos de encuestas sobre inflación esperada.
 - En particular, utilizo el modelo desarrollado por Smets y Wouters (2007), **modelo SW**
 - Evalúo dos formas alternativas de modelar expectativas:
 - la Hipótesis de Expectativas Racionales (**ER**).

Introducción

- En este trabajo estimo un modelo dinámico de equilibrio general utilizando datos de encuestas sobre inflación esperada.
 - En particular, utilizo el modelo desarrollado por Smets y Wouters (2007), **modelo SW**
 - Evalúo dos formas alternativas de modelar expectativas:
 - la Hipótesis de Expectativas Racionales (**ER**).
 - el supuesto de Aprendizaje (**Learning**).

Introducción

- En este trabajo estimo un modelo dinámico de equilibrio general utilizando datos de encuestas sobre inflación esperada.
 - En particular, utilizo el modelo desarrollado por Smets y Wouters (2007), **modelo SW**
 - Evalúo dos formas alternativas de modelar expectativas:
 - la Hipótesis de Expectativas Racionales (**ER**).
 - el supuesto de Aprendizaje (**Learning**).
- ¿Por qué considerar estas dos alternativas, ER y *learning*?

Motivación: la Hipótesis de Expectativas Racionales

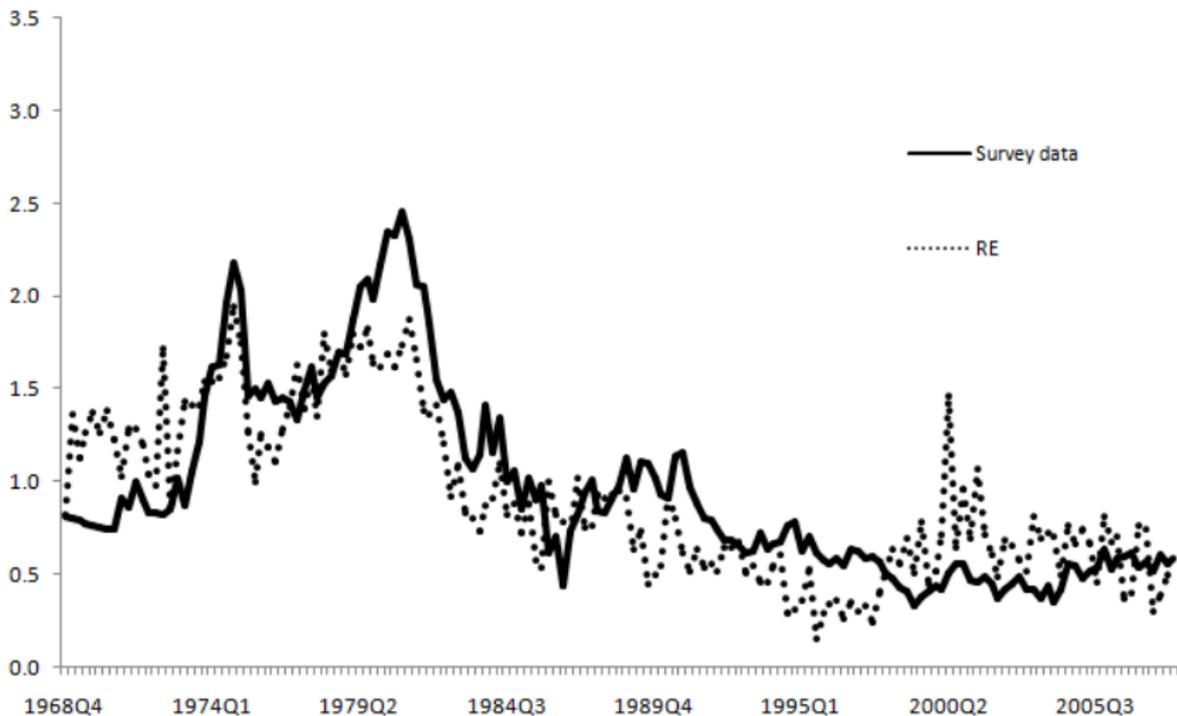
- La Hipótesis de Expectativas Racionales es ampliamente utilizada en macroeconomía.
- Implica que los agentes tienen información perfecta acerca de como funciona la economía (modelo + shocks).
- Cuando se asume ER, el modelo SW hace un buen trabajo describiendo la evolución de la inflación en los EE.UU. Sin embargo, ...

Motivación: la Hipótesis de Expectativas Racionales

- La Hipótesis de Expectativas Racionales es ampliamente utilizada en macroeconomía.
- Implica que los agentes tienen información perfecta acerca de como funciona la economía (modelo + shocks).
- Cuando se asume ER, el modelo SW hace un buen trabajo describiendo la evolución de la inflación en los EE.UU. Sin embargo, ...
- ...la serie de expectativas de inflación obtenida del modelo no describe correctamente la evolución de las expectativas recolectadas por encuestas.

Motivación: la Hipótesis de Expectativas Racionales

Inflación esperada proveniente del modelo SW y de encuestas



Motivación: el supuesto de aprendizaje (*learning*)

- Learning: los agentes tiene información imperfecta acerca de como la economía funciona.
 - Sus expectativas son generadas utilizando modelos de predicción que reflejan su entendimiento de la economía.

Motivación: el supuesto de aprendizaje (*learning*)

- Learning: los agentes tiene información imperfecta acerca de como la economía funciona.
 - Sus expectativas son generadas utilizando modelos de predicción que reflejan su entendimiento de la economía.
 - Estos modelos de predicción son estimados utilizando información histórica y reestimados cada vez que nueva información es obtenida.

Motivación: el supuesto de aprendizaje (*learning*)

- Learning: los agentes tiene información imperfecta acerca de como la economía funciona.
 - Sus expectativas son generadas utilizando modelos de predicción que reflejan su entendimiento de la economía.
 - Estos modelos de predicción son estimados utilizando información histórica y reestimados cada vez que nueva información es obtenida.
- Learning se ha popularizado porque en general mejora la capacidad de los modelos dinámicos de equilibrio general (DSGE) en describir series macroeconómicas.

Motivación: el supuesto de aprendizaje (*learning*)

- Crítica al uso de *learning*: arbitrariedad en la selección del modelo de predicción.
- Bajo el supuesto de *learning*, al estimación del modelo SW genera diferentes resultados dependiendo del modelo de predicción utilizado (Slobodyan and Wouters, 2009).

Contribución

En este trabajo, las expectativas de inflación son utilizadas para:

- 1 Determinar que modelo de predicción de inflación los agentes utilizan (en el caso de *learning*).

Contribución

En este trabajo, las expectativas de inflación son utilizadas para:

- 1 Determinar que modelo de predicción de inflación los agentes utilizan (en el caso de *learning*).
- 2 Evaluar bajo cual de estos dos supuestos, ER o *learning*, el modelo de SW explica mejor los datos macro.

Contribución

En este trabajo, las expectativas de inflación son utilizadas para:

- 1 Determinar que modelo de predicción de inflación los agentes utilizan (en el caso de *learning*).
- 2 Evaluar bajo cual de estos dos supuestos, ER o *learning*, el modelo de SW explica mejor los datos macro.
- 3 Determinar si el uso de expectativas de inflación afecta las estimaciones de los parametros del modelo.

Estructura de la presentación

1. Modelo y expectativas

El modelo

- Representación del modelo:

$$\Theta_0 \tilde{E}_t Y_{t+1} + \Theta_1 Y_t + \Theta_2 Y_{t-1} + \Psi e_t = 0 \quad (1)$$

$$e_t = \Gamma e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

- Y y e son vectores que contienen las variables endógenas y exógenas, respectivamente. ε es un vector de perturbaciones *iid*.
- $\tilde{E}_t(\cdot)$ es el operador de expectativas. Estas pueden ser racionales, $E_t(\cdot)$, o provenir de un proceso de aprendizaje, $\hat{E}_t(\cdot)$.

Solución bajo Learning

- Las expectativas son generadas usando modelos de predicción (forma reducida):

$$\hat{E}_t Y_{t+1} = \beta'_{t-1} X_t \quad (5)$$

$$X_t \subset [1 \quad Y_t \quad e_t]'$$

- Los modelos de predicción son estimados utilizando información histórica y actualizadas con nueva información. Estos son estimados usando mínimos cuadrados ponderados:

$$\beta_t = \beta_{t-1} + g R_t^{-1} X_t (Y_t - \beta'_{t-1} X_{t-1})' \quad (6)$$

$$R_t = R_{t-1} + g (X_{t-1} X'_{t-1} - R_{t-1}) \quad (7)$$

- La solución del modelo estructural bajo learning:

$$Y_t = \Phi_{0,t-1}^L + \Phi_{1,t-1}^L Y_{t-1} + \Phi_{2,t-1}^L e_{t-1} + \Phi_{3,t-1}^L \varepsilon_t \quad (8)$$

Ecuaciones de medida

- La estimación del modelo requiere relacionar los datos macroeconómicos con las variables del modelo:

$$W_t = \Lambda_0 + \Lambda_1 Y_t, \quad (9)$$

W_t es un vector datos macroeconómicos.

- Cuando la información de encuestas sobre inflación es incluida, el previo set de ecuaciones se incrementa en la siguiente forma:

$$W_{t,t+1}^s = \Lambda_2 + \Lambda_3 \tilde{E}_t Y_{t+1} + \zeta_t, \quad (10)$$

donde $W_{t,t+1}^s$ representa las expectativas de inflación recolectada por las encuestas y ζ_t es una perturbación *iid*.

Datos y técnica de estimación

- Expectativas de inflación proviene de la Encuesta a Analistas Económicos (*Survey of Professional Forecasters*).
- Indicadores macroeconómicos: crecimiento real del PBI, consumo, inversión, salarios; horas trabajadas, deflactor del PBI, y la tasa de interés de la FED (FFR).
- Datos trimestrales para el periodo 1968-2008 (EE.UU.).
- Estimación Bayesiana.

Estructura de la presentación

3. Resultados

Resultados

- ¿Qué modelo de predicción los agentes utilizan para generar sus expectativas de inflación (en el caso de *learning*)?

Resultados

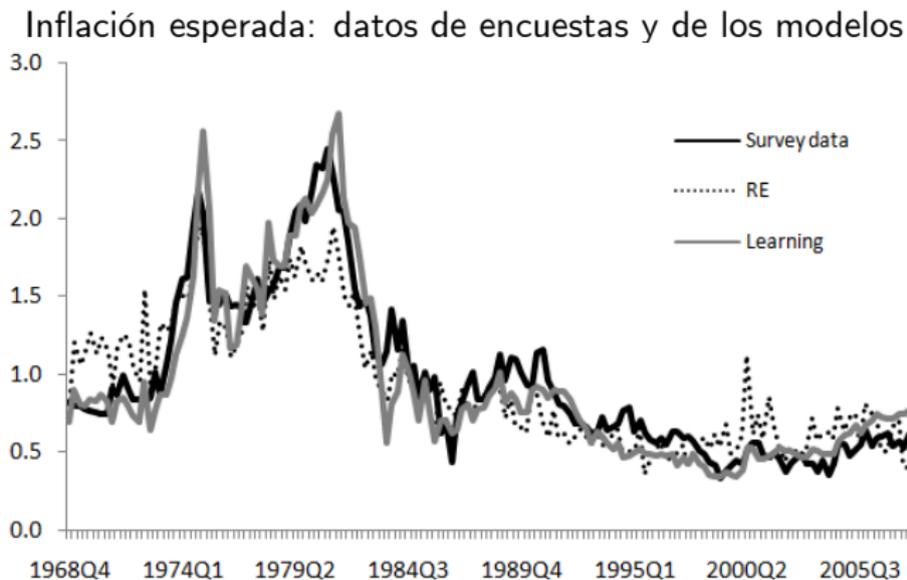
- El modelo SW describe mejor los datos bajo el supuesto de *learning* que bajo el de ER.

Análisis del grado de ajuste del modelo

	Datos excluyendo encuestas (1)	Datos incluyendo encuestas (2)
ER	-146.78	-19.14
Learning	-142.82	45.22

Resultados

- En particular, *learning* provee de una mejor descripción de los datos de expectativas de inflación que ER.



Resultados

- ¿Cómo el uso de las expectativas de inflación afecta la estimación de los parámetros del modelo?

Resultados

- El uso de las expectativas de inflación afecta la importancia relativa de los factores detrás de la persistencia de la inflación.

Modelo SW: parámetros estimados

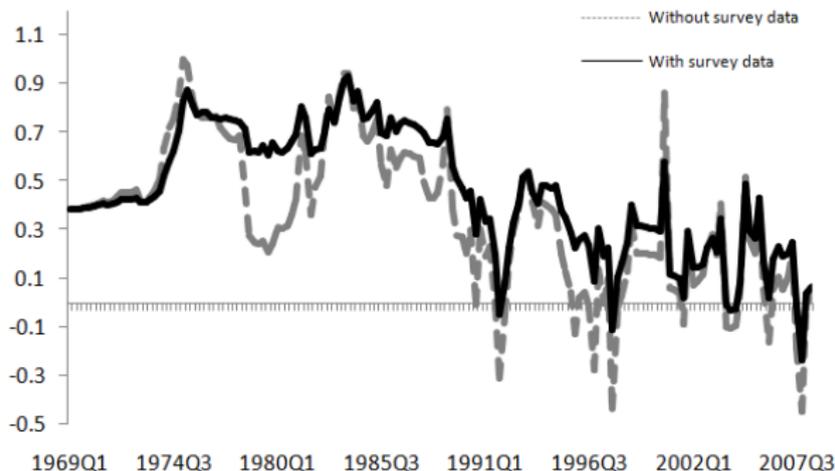
		ER		Learning	
		Media	Std.	Media	Std.
SIN datos de Encuestas	Rigides precios	0.648	0.044	0.481	0.035
	Indexación precios	0.327	0.155	0.544	0.108
	Aut. Mark-up precios	0.448	0.195	0.140	0.070
	Parametro aprendizaje			0.188	0.014
Con datos de encuestas	Rigides precios	0.629	0.058	0.480	0.035
	Indexación precios	0.052	0.025	0.515	0.119
	Aut. Mark-up precios	0.726	0.078	0.173	0.087
	Parametro aprendizaje			0.141	0.009

Resultados

- La reducción del parametro de aprendizaje para la inflación, de 0.188 a 0.141 tiene las siguientes repercusiones:
 1. la percepción acerca del grado de persistencia de la inflación empieza a reducirse a mediados de los 80s (no antes).

Resultados

Percepción del grado de persistencia en la inflación



- Notar: el modelo de predicción de la inflación es el siguiente:

$$dIP_t = \beta_{0,t-1} + \beta_{1,t-1} dIP_{t-1}$$

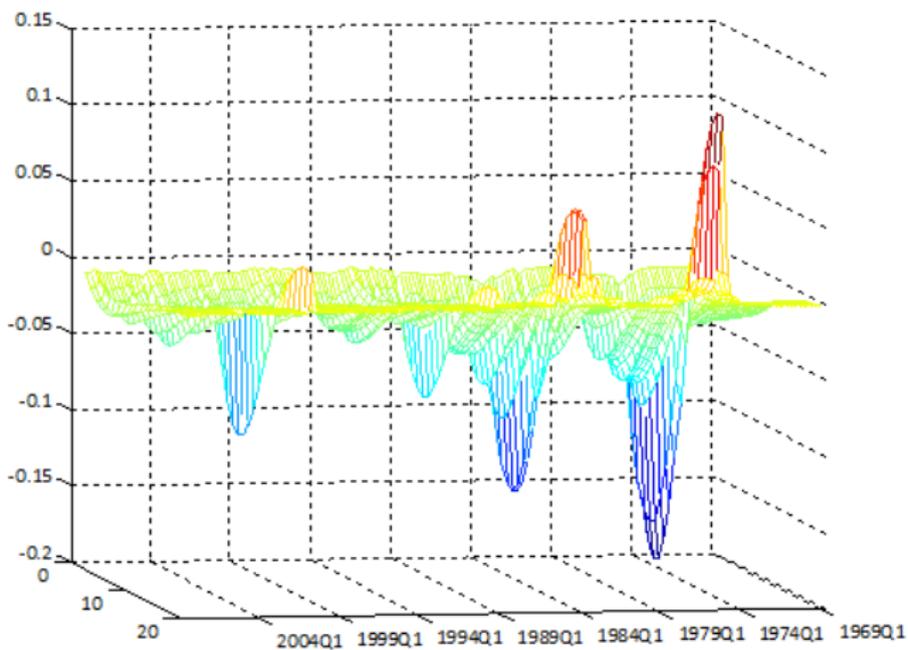
Resultados

- La reducción del parametro de aprendizaje para la inflación, de 0.188 a 0.141 tiene las siguientes repercusiones:
 1. la percepción acerca del grado de persistencia de la inflación empieza a reducirse a mediados de los 80s (no antes).
 2. la inflación reacciona de manera más fuerte y persistente a shocks estructurales a finales de los 70s y a principios de los 80s.

▶ Graph Speed of Learning

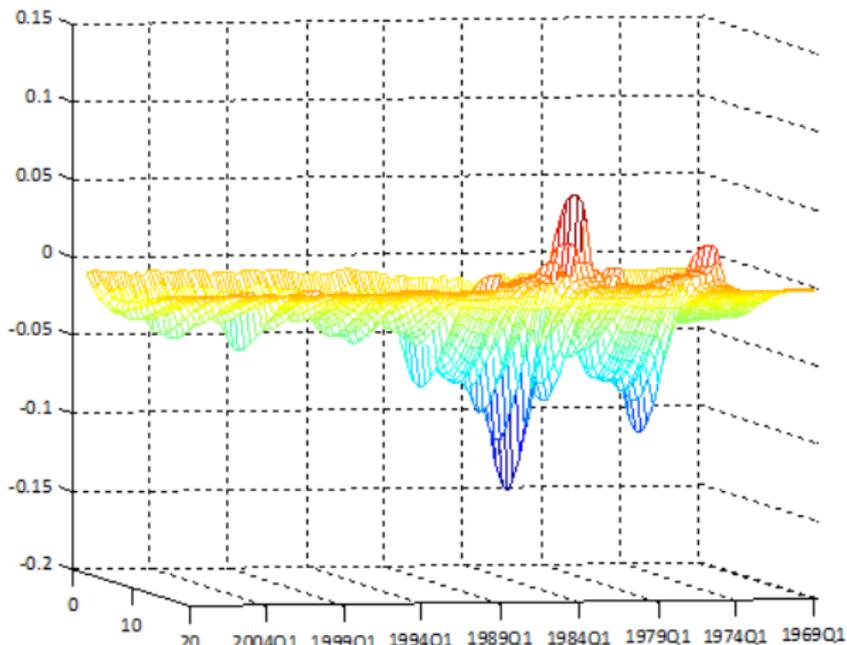
FIRs bajo learning: shock de política monetaria

Respuesta de la inflación a un shock de pol. monetaria, SIN data de expectativas



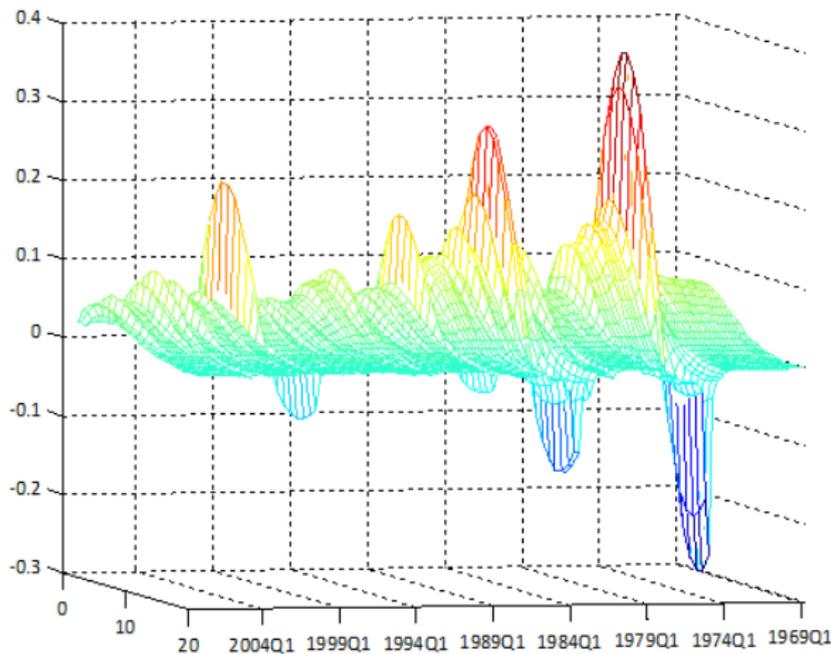
FIRs bajo learning: shock de política monetaria

Respuesta de la inflación a un shock de pol. monetaria, CON data de expectativas



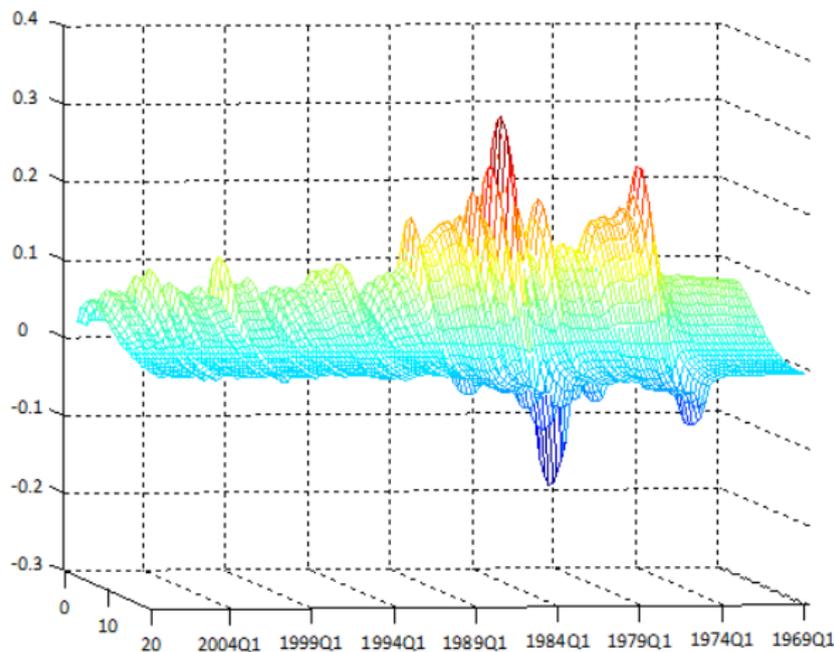
FIRs bajo learning: shock al mark-up salarial

Respuesta de la inflación a un shock al mark-up salarial, SIN data de expectativas



FIRs bajo learning: shock al mark-up salarial

Respuesta de la inflación a un shock al mark-up salarial, CON data de expectativas



Estructura de la presentación

4. Conclusiones

Conclusiones

El uso de información de expectativas de inflación es útil en los siguientes aspectos:

- 1 Provee soporte a la selección de determinados modelos de predicción (en el caso de *learning*).

Conclusiones

El uso de información de expectativas de inflación es útil en los siguientes aspectos:

- 1 Provee soporte a la selección de determinados modelos de predicción (en el caso de *learning*).
- 2 El poder predictivo del modelo SW puede ser significativamente mejorado cuando se emplea información de expectativas y un proceso de aprendizaje (*learning*) en la formación de las mismas.

Conclusiones

El uso de información de expectativas de inflación es útil en los siguientes aspectos:

- 1 Provee soporte a la selección de determinados modelos de predicción (en el caso de *learning*).
- 2 El poder predictivo del modelo SW puede ser significativamente mejorado cuando se emplea información de expectativas y un proceso de aprendizaje (*learning*) en la formación de las mismas.
- 3 Afecta la estimación de algunos parámetros relacionados a la dinámica de inflación.

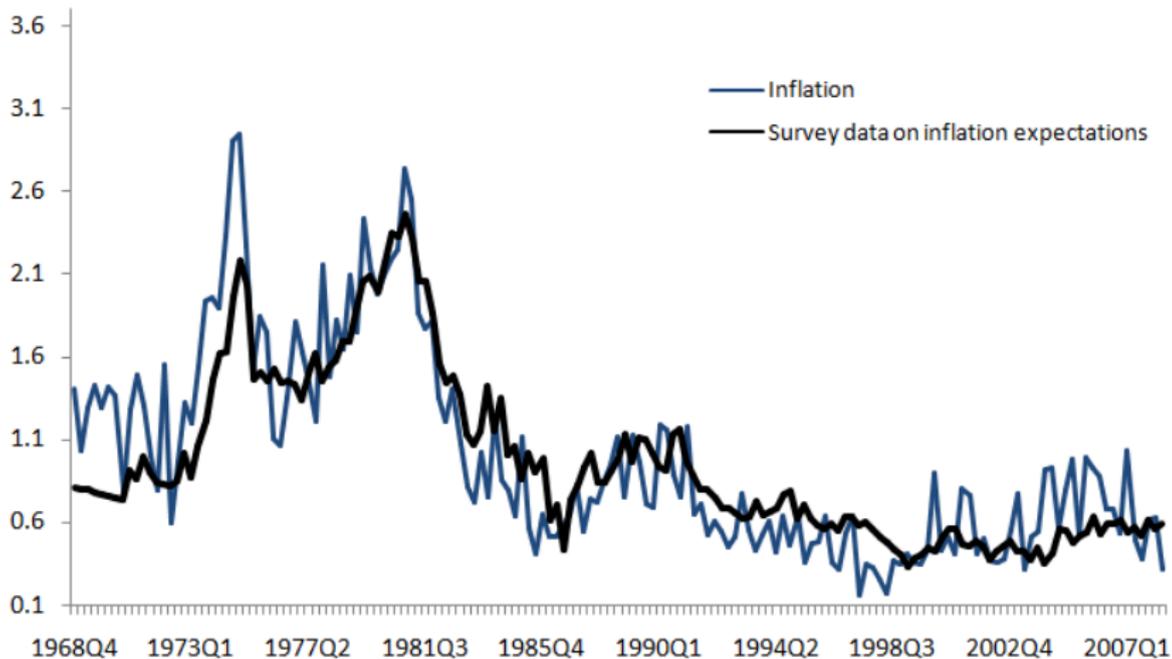
Conclusiones

El uso de información de expectativas de inflación es útil en los siguientes aspectos:

- 1 Provee soporte a la selección de determinados modelos de predicción (en el caso de *learning*).
- 2 El poder predictivo del modelo SW puede ser significativamente mejorado cuando se emplea información de expectativas y un proceso de aprendizaje (*learning*) en la formación de las mismas.
- 3 Afecta la estimación de algunos parámetros relacionados a la dinámica de inflación.
- 4 Reduce parte de la excesiva variabilidad de los coeficientes del modelo de predicción de la inflación (con repercusiones en la evolución de las Funciones de Impulso-Respuesta).

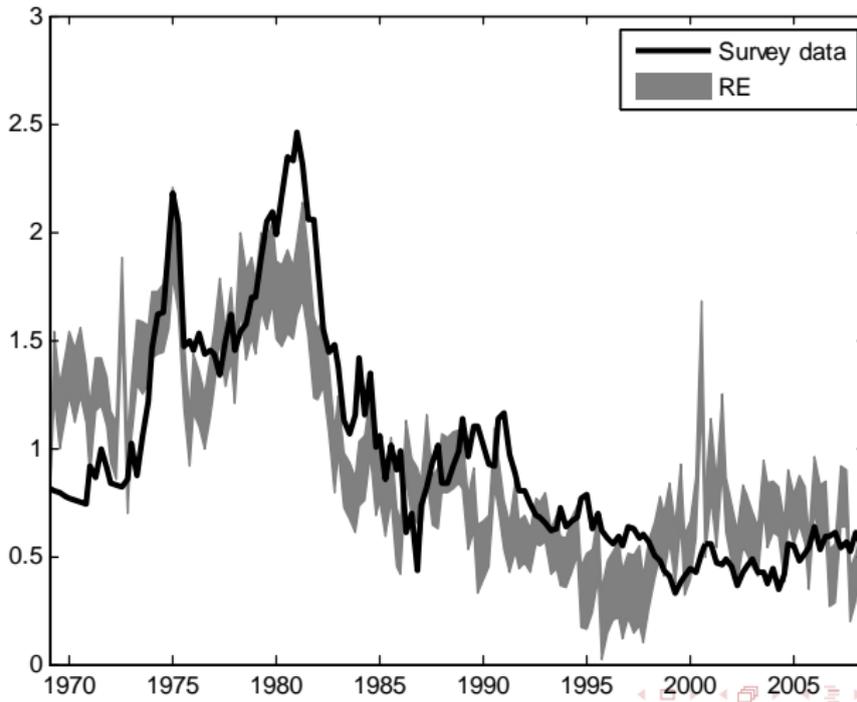
Graph of inflation and survey data on inflation expectations

Inflation and survey expectations, complete sample



Motivation: why considering *the RE hypothesis*?

Inflation expectations: survey data and model-implied expectations RE



The model

- Dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model by Smets and Wouters (AER 2007).
- Agents in the economy are households and firms.
- Prices and wages are re-optimized at random intervals as in Calvo (1983). When not, they are partially indexed to past inflation.
- Real frictions: investment adjustment and capital utilization cost, and habit formation in consumption.
- Empirical monetary policy reaction: interest rate responds to inflation and output growth.
- Stochastic part of the model described by 7 persistent exogenous shocks.

Estimation procedure

- Bayesian estimation procedure to estimate the posterior distributions of 36 parameters.
- Prior distributions same as in Smets and Wouters (2007).
Additionally, prior distributions of:
 - Gain parameters: $uniform(0, 1)$
 - Standard deviation of measurement error in expectations: $inv.gamma(0.1, 2.0)$

▶ Priors SW2007

Forecasting model for inflation

- The selection procedure consists on the following steps:
 - 1 Estimation of linear models for inflation where the regressors consist of all possible combinations of the series employed in the estimation of the DSGE model.
 - Assumption: agents have the same information as the econometrician (me).
 - 2 Rank these models according to the similarities between the one-period-ahead inflation forecast series obtained by each of them and the survey data on inflation expectations.
 - I use constant-gain least squares and consider different values of the gain parameter and initial conditions.

▶ [Back to Forecasting Models](#)

Forecasting model for inflation

Forecasting models that best match survey expectations

Complete sample

Period: 1968Q4 - 2008Q2

Presample: 1950Q1 - 1968Q3

Rank	Model	Gain	MSE
1	dIP	0.125	0.0294
2	dIP lHours	0.113	0.0300
3	dIP dlCons	0.100	0.0302
4	dIP dlCons lHours	0.125	0.0303
5	dIP dIGDP	0.125	0.0315

MSE of the forecast error with survey data on inflation

expectations (SPF). In percentage and nonannualized

dIP = inflation; lHours = ln hours worked; dlCons = consump. growth;

dIGDP = GDP growth. Regression is: $dIP_t = \text{intercept} + \text{model}_{t-1}$

▶ Back to Forecasting Models

Results

- The best forecasting models are "small" models with high rate of discounting past information:

$$dIP_t = \beta_{0,t-1} + \beta_{1,t-1} dIP_{t-1}$$

$$dIP_t = \beta_{0,t-1} + \beta_{1,t-1} dIP_{t-1} + \beta_{2,t-1} IHours_{t-1}$$

$$dIP_t = \beta_{0,t-1} + \beta_{1,t-1} dIP_{t-1} + \beta_{2,t-1} dICons_{t-1}$$

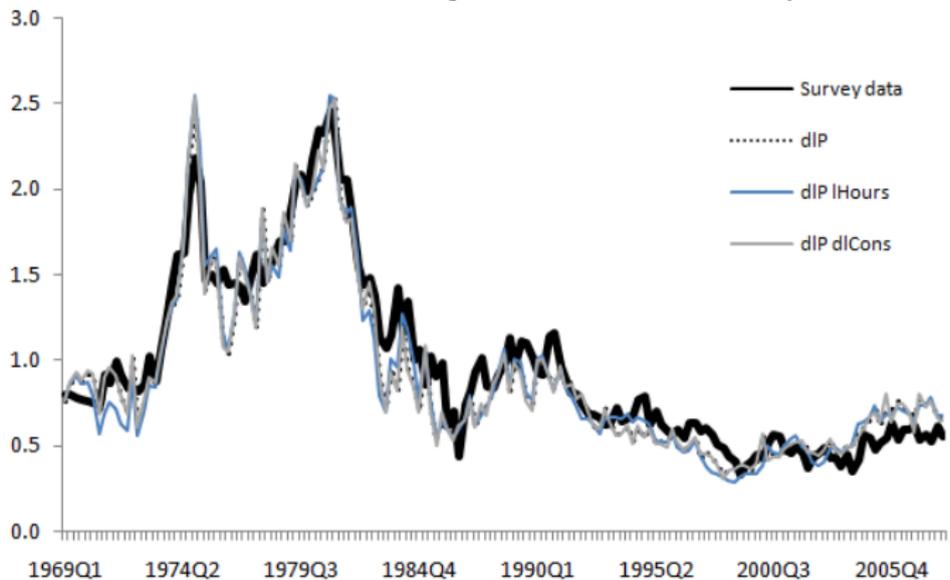
...

where dIP , $IHours$ and $dICons$ represent inflation, log of worked hours and growth rate of real consumption, respectively.

- Gain-parameter of the best models are between 0.10 and 0.13.

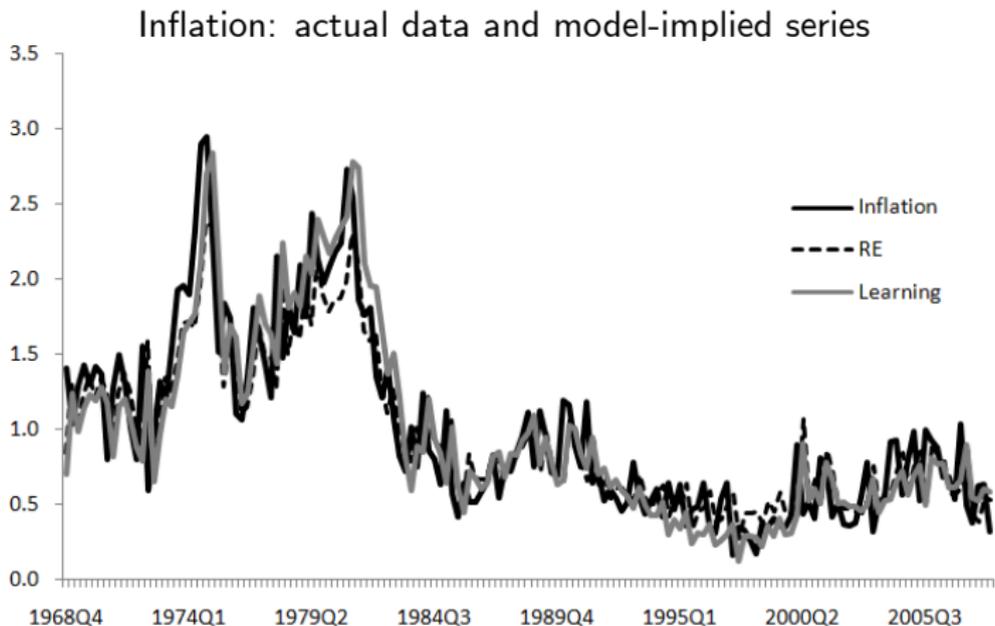
Forecasting model for inflation

Inflation forecasts and survey data on inflation expectations



Fitting inflation

- Notice that learning and RE solutions fit similarly the series of inflation



In-sample RMSE

	RE			Learning		
	Without survey data	With survey data	(3)=(1)-(2)	Without survey data	With survey data	(6)=(4)-(5)
	(1)	(2)		(4)	(5)	
CONSUMPTION	0.566	0.571	-0.005	0.580	0.578	0.002
INVESTMENT	1.885	1.875	0.010	1.883	1.890	-0.006
WAGE	0.574	0.577	-0.003	0.598	0.597	0.001
INFLATION	0.305	0.297	0.008	0.304	0.302	0.002
GDP	0.714	0.715	-0.001	0.717	0.715	0.001
FEDFUNDS	0.259	0.257	0.002	0.265	0.256	0.009
HOURS	0.522	0.518	0.004	0.516	0.518	-0.001
INFLATION _{exp}	0.319	0.252	0.067	0.241	0.188	0.053

Prior distributions (1)

	Distribution	Mean	Std.
Share of capital in production	Normal	0.30	0.05
Inv. Elasticity of Intertemporal substitution	Normal	1.50	0.38
Fix cost in production	Normal	1.25	0.13
Adjust cost of investment	Normal	4.00	1.50
Habits in consumption	Beta	0.70	0.10
Wage stickiness	Beta	0.50	0.10
inv. Elast. labor supply	Normal	2.00	0.75
Price stickiness	Beta	0.50	0.10
Wage indexation	Beta	0.50	0.15
Price indexation	Beta	0.50	0.15
Capital utilization elasticity	Beta	0.50	0.15
Taylor rule: response to inflation	Normal	1.50	0.25
Taylor rule: response to lagged interest rate	Beta	0.75	0.10
Taylor rule: response to changes in output	Normal	0.13	0.05
Trend growth rate	Normal	0.40	0.10
Steady state of inflation	Gamma	0.63	0.10
Steady state of hours worked	Normal	0.00	2.00
Steady state of nominal int rate	Gamma	1.15	0.30

Prior distributions (2)

	Distribution	Mean	Std.
Autocorrelation coef. Price Mk up shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Wage Mk up shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Product. Shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Risk premium shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Government shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Investment-Specific shock	Beta	0.50	0.20
Autocorrelation coef. Monet policy shock	Beta	0.50	0.20
Correlation Government and productivity shocks	Normal	0.50	0.25
Std Price Mk up innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Wage Mk up innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Product. Innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Risk premium innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Government innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Inv. Specific innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Std. Monet policy innovation	Inv. Gamma	0.10	2.00
Gain - no inflation	Uniform	0.00	0.30
Gain - inflation	Uniform	0.00	0.30
Std. measurement error on expectations	Inv. Gamma	0.10	2.00

Posterior distributions (1)

	WITHOUT survey data				WITH survey data			
	RE		Learning		RE		Learning	
	Median	Std.	Median	Std.	Median	Std.	Median	Std.
Share of K in production	0.182	0.017	0.191	0.016	0.174	0.016	0.186	0.017
Inv. Elast. Intertp. Sust.	1.173	0.097	1.242	0.114	1.176	0.096	1.307	0.117
Fix cost product.	1.577	0.075	1.661	0.070	1.521	0.079	1.641	0.075
Adj.cost inv.	6.100	1.032	7.000	1.142	4.110	0.961	6.735	0.988
Habits	0.818	0.028	0.814	0.034	0.757	0.039	0.802	0.029
Wage stickiness	0.554	0.045	0.547	0.049	0.468	0.043	0.563	0.049
Elast. labor supply	2.211	0.588	2.484	0.656	2.161	0.517	2.450	0.589
Price stickiness	0.648	0.044	0.481	0.035	0.629	0.058	0.480	0.035
Wage indexation	0.482	0.131	0.314	0.107	0.442	0.124	0.319	0.107
Price indexation	0.327	0.155	0.544	0.108	0.052	0.025	0.515	0.119
Cap. Utiliz. Elast.	0.652	0.108	0.657	0.111	0.685	0.103	0.642	0.104
TR: inflation	1.666	0.130	1.396	0.116	1.711	0.114	1.398	0.104
TR: lag interest rate	0.760	0.028	0.763	0.028	0.706	0.030	0.777	0.029
TR: change in output	0.199	0.046	0.203	0.046	0.187	0.044	0.210	0.047
aut. Price Mk up shock	0.448	0.195	0.140	0.070	0.726	0.078	0.173	0.087
aut. Wage Mk up shock	0.958	0.021	0.950	0.020	0.964	0.009	0.943	0.019
aut. Product. Shock	0.960	0.010	0.969	0.009	0.957	0.009	0.970	0.009

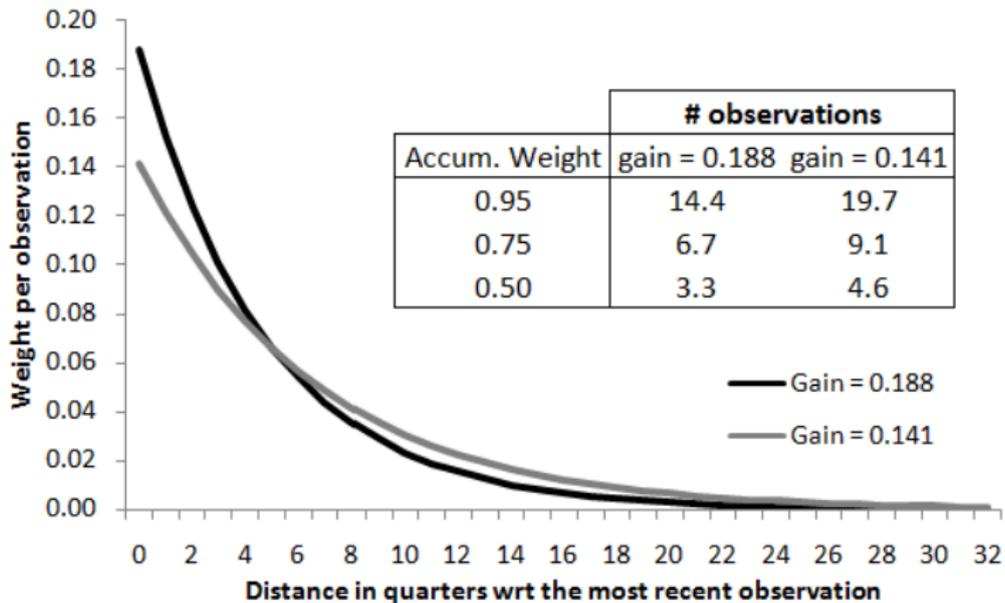
Posterior distributions (2)

	WITHOUT survey data				WITH survey data			
	RE		Learning		RE		Learning	
	Median	Std.	Median	Std.	Median	Std.	Median	Std.
aut. Risk premium	0.124	0.061	0.163	0.080	0.173	0.079	0.162	0.070
aut. Government shock	0.992	0.004	0.994	0.003	0.991	0.004	0.992	0.004
aut. Inv. Specific shock	0.846	0.040	0.846	0.041	0.885	0.032	0.851	0.039
aut. Monet policy shock	0.216	0.063	0.212	0.064	0.259	0.066	0.178	0.068
Corr. Gov & product sks	0.586	0.080	0.586	0.083	0.577	0.083	0.593	0.085
std. Price Mk up shock	0.145	0.026	0.213	0.017	0.112	0.013	0.204	0.014
std. Wage Mk up shock	0.184	0.029	0.219	0.028	0.234	0.034	0.209	0.028
std. Product. Shock	0.456	0.029	0.445	0.026	0.464	0.032	0.449	0.030
std. Risk premium	0.247	0.021	0.241	0.024	0.235	0.023	0.241	0.023
std. Government shock	0.490	0.030	0.495	0.028	0.486	0.027	0.497	0.029
std. Inv. Specific shock	0.340	0.034	0.335	0.039	0.359	0.043	0.343	0.032
std. Monet policy shock	0.267	0.016	0.257	0.017	0.284	0.018	0.256	0.016
Gain - others			0.031	0.042			0.019	0.031
Gain - inflation			0.188	0.014			0.141	0.009
Measurement exp error					0.265	0.016	0.176	0.010
Log Mg. Likelihood	-146.8		-142.8		-19.1		45.2	

▶ Back to presentation

Speed of learning

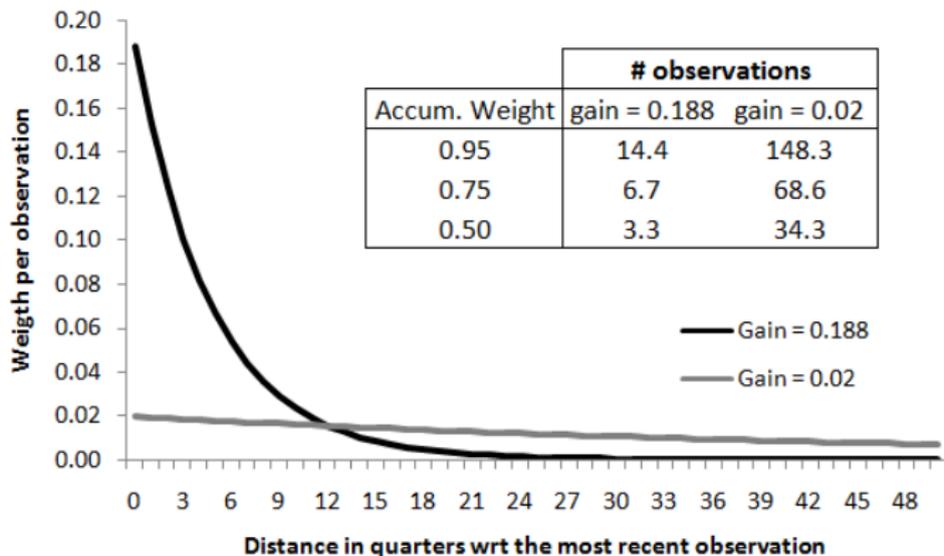
Quarterly weights of the CG-LS



Speed of learning

- High speed of learning (0.188) in comparison to other studies estimates (around 0.02; Milani 2007, Slobodyan and Wouters 2009)

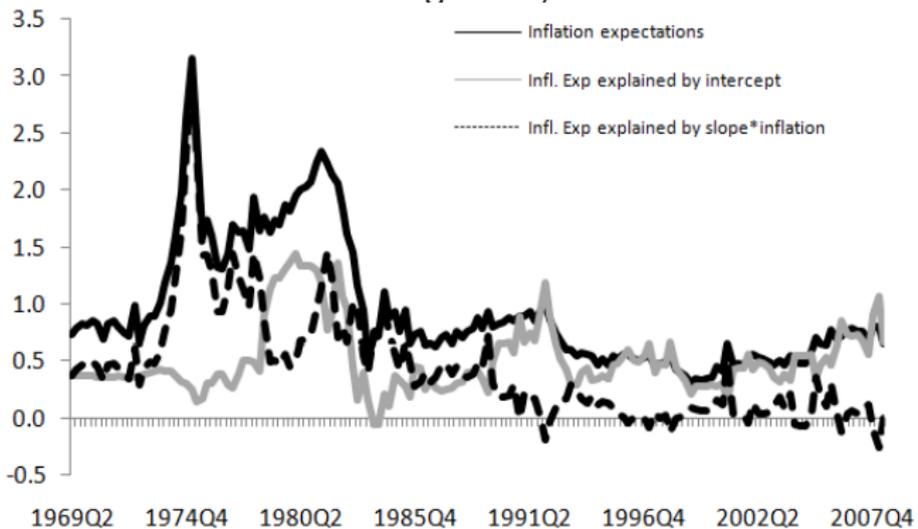
Quarterly weights of the CG-LS



Impact of survey data in learning estimates

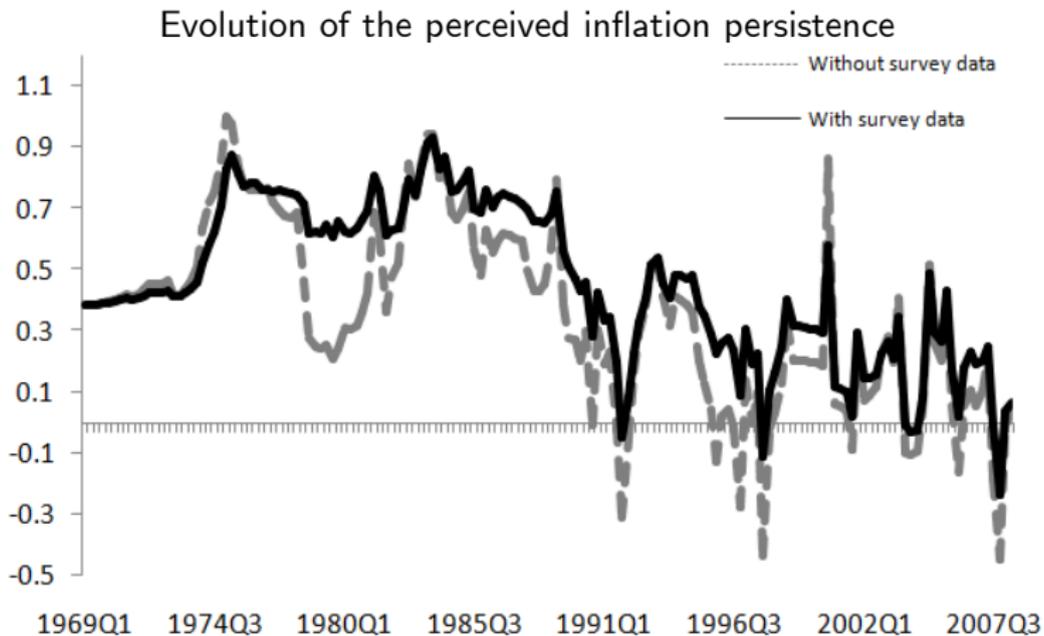
- However, this is not the case when survey data is absent.

Composition of inflation expectations under learning
Not using survey data



Impact of survey data in learning estimates

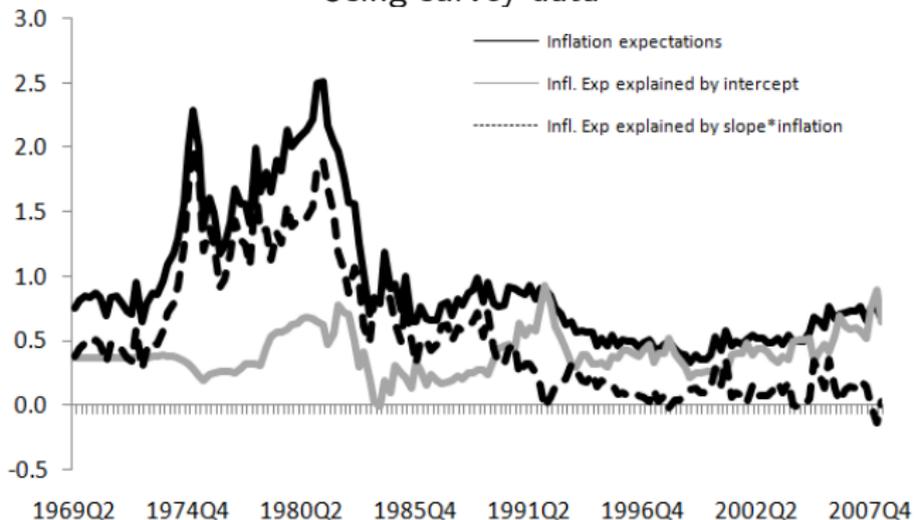
1. Survey data support a prolonged reduction of perceived inflation persistence during the 80s.



Impact of survey data in learning estimates

2. Inflation expectations are closely related to the evolution of the perceived persistence up to the beginnings of the 90s.

Composition of inflation expectations under learning
Using survey data



Impact of survey data in learning estimates

-
-
3. The addition of survey data reduces some of the time-variability of the IRFs, letting most of the stronger and more persistent responses of inflation be concentrated in the 70s and beginnings of the 80s.