

Els Opuscles del CREI

---

núm. **37**

septembre 2014

**Previsions  
probabilístiques  
en economia  
i polítiques  
públiques**

**Barbara Rossi**



**CREI** 

Centre de Recerca  
en Economia Internacional

# Previsions probabilístiques en economia i polítiques públiques\*

Barbara Rossi

El Centre de Recerca en Economia Internacional (CREI) és una institució de recerca constituïda com a consorci integrat per la Universitat Pompeu Fabra i la Generalitat de Catalunya. La seva seu és al campus de la Universitat Pompeu Fabra, a Barcelona.

L'objectiu del CREI és promoure la recerca en economia internacional i macroeconomia amb els estàndards acadèmics més alts.

*Els Opuscles del Crei* volen ser els instruments de difusió de la recerca del CREI en l'àmbit no acadèmic. Cada *Opuscle* recull, per a un públic general, les conclusions i observacions de treballs publicats, o en vies de publicació, a les revistes especialitzades. En el respecte a la llibertat intel·lectual, es fa constar que les opinions expressades en *Els Opuscles del CREI* són responsabilitat dels seus autors.

Versions en pdf d'aquest i tots els altres *Opuscles del CREI* es poden descarregar de:  
[www.crei.cat/opuscles.php](http://www.crei.cat/opuscles.php)

## Consell editorial

Antonio Ciccone (editor)  
Jordi Galí  
Teresa Garcia-Milà  
Jaume Ventura

*Editat per: CREI*  
*Universitat Pompeu Fabra*  
*Ramon Trias Fargas, 25-27 08005 Barcelona*  
*Tel. 93 542 28 26*

© CREI, 2014  
© d'aquesta edició: Barbara Rossi

*Traducció de l'anglès: Adrià Morron Salmeron*  
*Disseny: Fons Gràfic*  
*Impressió: Masanas Gràfiques*  
*ISSN: 1137 - 7828*  
*Dipòsit legal: DL B 20174-2014*

## 1. Una introducció a l'elaboració de pronòstics

### 1.1 Per què cal fer pronòstics?

Com podem predir el futur des de la Ciència Econòmica? Com podem mesurar la incertesa que envolta el futur de l'activitat econòmica? Com podem determinar si estem mesurant adequadament la nostra ignorància sobre el futur?

Si volem elaborar plans i contribuir al disseny i la implementació de polítiques econòmiques, necessitem predir i valorar l'activitat econòmica del futur. Cada dia, els bancs centrals, les universitats, els investigadors, els consumidors, les empreses i els agents professionals elaboren pronòstics, els estudien i els valoren. Els bancs centrals basen les seves decisions sobre la política monetària en l'anàlisi de les trajectòries més probables que poden seguir les variables macroeconòmiques clau, com la inflació, la producció o els tipus de canvi, entre d'altres. Les institucions de recerca com el

Fons Monetari Internacional o el Banc Mundial fan recomanacions basant-se tant en els valors actuals com en els pronòstics sobre els valors futurs de les principals variables macroeconòmiques. Els consumidors planifiquen les seves decisions d'estalvi i despesa basant-se en els seus pronòstics sobre el tipus d'interès i la seva renda futura. Les empreses trien preus i estratègies comercials a partir de les seves previsions de vendes, i n'ajusten l'estoc en funció dels costos futurs de les matèries primeres. Les empreses financeres realitzen intercanvis basant-se en les seves previsions sobre el valor dels actius. Els exportadors i els importadors escullen les seves compres/vendes basant-se tant en el tipus de canvi actual com en el tipus de canvi que esperen en el futur. Diversos bancs centrals (com el Banc Central Europeu, la Reserva Federal de St. Louis, i de Filadèlfia o el Fons Monetari Internacional) mantenen bases de dades amb enquestes fetes a analistes professionals amb les quals refinen els seus propis pronòstics sobre les variables macroeconòmiques.

Ara bé, fer pronòstics sobre el futur no és fàcil. L'objectiu d'aquest opuscle és ressenyar el paper de les previsions probabilístiques posant èmfasi sobre com poden ajudar als economistes i legisladors. En primer lloc, revisarem els conceptes bàsics de l'elaboració de pronòstics. També discutirem de quina manera s'han fet tradicionalment i com es poden avaluar. A continuació discutirem les diferències entre la previsió probabilística i els pronòstics de mitjana tradicionals. Finalment, veurem com podem fer una previsió probabilística i com la podem avaluar. Paral·lelament, presentarem un exemple pràctic en el qual pronosticarem el producte interior brut (PIB) real dels EUA per tal d'il·lustrar la metodologia i podrem extreure conclusions sobre la nostra capacitat de predir el creixement del producte.

Per simplificar-ne l'exposició, basarem l'exemple empíric en un model autoregressiu en forma reduïda. De tota manera, també es poden obtenir previsions probabilístiques sense tenir un model (per exemple, amb enquestes de pronòstics, en les que els individus proporcionen les seves previsions probabilístiques a partir dels seus propis raonaments; la Reserva Federal de Filadèlfia és una de les institucions que realitza aquest tipus d'enquestes) o a partir d'un model estructural (com els models d'equilibri general, dinàmic i estocàstic [DSGE, en anglès]; per exemple, vegeu Rossi i Sekhposyan, 2014b). És important remarcar que els mètodes que veurem en aquest opuscle es poden utilitzar tant si les previsions probabilístiques provenen d'un model en forma reduïda com si s'han obtingut a partir d'un model estructural o d'una enquesta.

## **1.2 El càlcul tradicional dels pronòstics: un exemple**

Considerem el cas d'un banc central que vol pronosticar el creixement futur del PIB real. Disposar de pronòstics fiables és fonamental per saber cap a on es dirigeix l'economia, per conèixer-ne les implicacions sobre la inflació i, per tant, per la presa de decisions sobre política monetària per part del banc central.

Els pronòstics basats en models són aquells que s'obtenen a partir d'un model econòmic de referència. Per exemple, el personal del banc central recull periòdicament informació sobre diverses variables macroeconòmiques, o predictors, que històricament s'han considerat relacionades amb el creixement futur de l'economia. En l'argot professional, aquestes variables s'anomenen indicadors avançats. A continuació, es mesura de la manera més acurada possible la relació entre els indicadors avançats i el creixement de l'economia mitjançant l'estimació d'un model estructural.

ral o d'un model estadístic. Finalment, l'estimació d'aquest model serveix per obtenir un pronòstic sobre el creixement futur de l'economia.

Els pronòstics es poden presentar de diverses maneres. Per exemple, poden ser "pronòstics puntuals", és a dir, pronòstics sobre el valor esperat de la variable d'interès (o variable objectiu) en el futur, com els que considerarem en aquesta secció; o poden ser pronòstics sobre tots els valors que pot prendre la variable objectiu amb una mesura sobre la probabilitat de cadascun, és a dir, "previsions probabilístiques". Els pronòstics puntuals i les previsions probabilístiques estan relacionades: en concret, el pronòstic puntual és la mitjana de la previsió probabilística; en termes més generals, les previsions probabilístiques ens proporcionen informació sobre tots els quantils del pronòstic. Per exemple, les previsions probabilístiques es poden emprar per calcular els intervals de confiança del pronòstic, és a dir, l'interval que hauria de contenir (amb una probabilitat donada) el valor futur de la variable.

A continuació, i per tal de definir diversos termes, repassarem com s'obtenen i avaluen els pronòstics puntuals a la pràctica. A la següent secció veurem com podem obtenir i avaluar previsions probabilístiques.

Pel nostre exemple farem servir un model estadístic clàssic: el model autoregressiu (AR). Definim el creixement del producte al període "i" com a  $y_i$ . El model AR ve donat per:

$$(AR) \quad y_i = \alpha + \beta y_{i-1} + e_i, \quad i=1,2,\dots,t$$

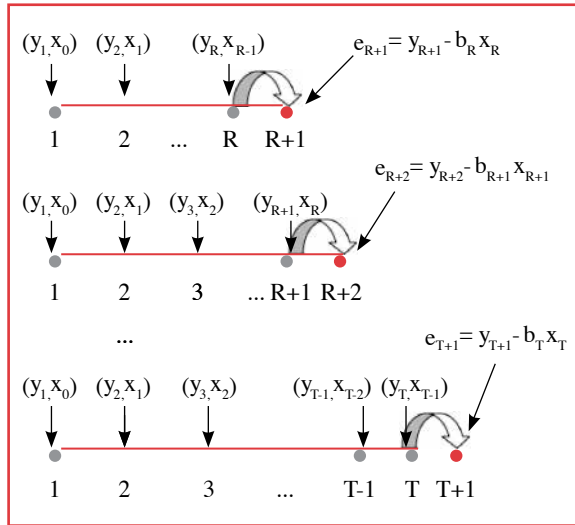
on  $e_i$  és el terme d'error que mesura la discrepància entre el model i les dades reals. Tot i que podem observar el creixement del producte, els paràmetres de la relació ( $\alpha$  i  $\beta$ ) ens són desconeguts: en un punt del temps  $t$ , l'investigador els

haurà d'estimar a partir de les observacions actuals i passades del creixement del producte.

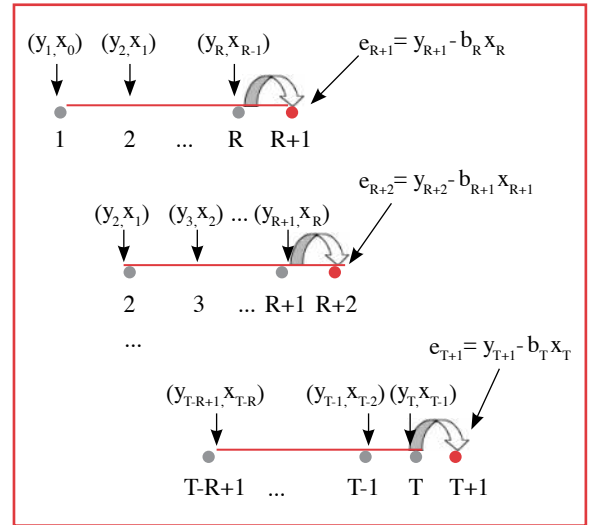
Definim els valors estimats de  $\alpha$  i  $\beta$  a la data  $t$  com a  $a_t$  i  $b_t$ , respectivament. Suposem que aquests valors els hem obtingut fent servir totes les dades disponibles en el moment de fer la predicció, és a dir, fent servir observacions des de la data 1 fins a la data  $t$ . Amb aquest supòsit, a mesura que passi el temps reestimarem els paràmetres de manera recursiva. El pronòstic sobre  $y_{t+1}$  que farem basant-nos en la informació disponible a la data  $t$  serà, senzillament,  $f_{t+1|t} = a_t + b_t y_t$ . D'aquesta manera, anirem generant nous pronòstics a mesura que passi el temps, per  $t=R,\dots,T$ .

El Gràfic 1(a) il·lustra com s'obtenen els pronòstics a la pràctica en un exercici de pseudo-predicció fora de la mostra. Aquest exercici ens permet obtenir una base de dades amb pronòstics sobre valors futurs que podrem avaluar quan els comparem amb la realització real de la variable. Suposem que l'investigador comença a fer pronòstics a la data  $R$  i que disposa d'una mostra amb  $T+1$  observacions<sup>1</sup>. L'investigador divideix la seva mostra en dues parts: la primera, que conté les observacions des de la data 1 fins a la data  $R$  ( $R < T+1$ ), es fa servir com la primera mostra per l'estimació; la segona, que conté les  $P$  observacions restants des de  $R+1$  fins a  $T+1$ , es fa servir per obtenir i avaluar els pronòstics. És a dir, amb aquest exercici representem una situació en la qual l'investigador comença a fer pronòstics a la data  $R$  i repliquem el que l'investigador fa a temps real a mesura que obté noves dades. A la data  $R$ , l'investigador estima el model fent servir les observacions d'1 a  $R$ , i el seu pronòstic per  $R+1$  és  $f_{R+1|R} = a_R + b_R y_R$ . Al cap d'un període, a la data  $R+1$ , l'investigador actualitzarà la seva base de dades i, per tant, reestimarà els paràmetres fent servir observacions des del període 1 fins al període  $R+1$ , amb els quals elaborarà un nou pronòstic sobre el creixement

**Gràfic 1(a). Esquema d'estimació recursiva**



**Gràfic 1(b). Esquema d'estimació mòbil**



de l'economia per a  $R+2$ . L'investigador seguirà aquest procés fins a arribar a la data  $T$ . En aquest punt, reestimarà els paràmetres emprant la base de dades que conté observacions des d'1 fins a  $T$ , amb els quals farà un pronòstic per a  $T+1$ . Aquest procés d'estimació, que consisteix a reestimar els paràmetres de manera recursiva a mesura que es disposa de noves dades, s'anomena "recursiu".

Sovint, tanmateix, els paràmetres vertaders canvien amb el pas del temps. Per aquest motiu, l'investigador pot creure convenient assignar una ponderació major a les dades més recents. Una manera senzilla de fer-ho és emprar únicament les  $R$  observacions més recents en el procés d'estimació. En aquest cas, quan ens trobem a la data  $R$  el procés és idèntic a l'anterior. Ara bé, a la data  $R+1$  l'investigador estimarà els paràmetres fent servir dades pels períodes 2 a  $R+1$ , amb els quals es farà un pronòstic pel període  $R+2$ . D'aquesta manera, en arribar a la data  $T$ , l'investigador reestimarà els paràmetres emprant dades des de  $T-R+1$  fins a  $T$ ,

amb els quals farà un pronòstic per a  $T+1$ . Els pronòstics basats en aquest procediment s'anomenen "pronòstics mòbils" (per exemple, vegeu West, 1996).

El Gràfic 1 reflecteix les diferències entre els pronòstics recursius i mòbils. El Gràfic 1(a) mostra l'esquema d'estimació recursiva, mentre que el Gràfic 1(b) mostra l'esquema d'estimació mòbil.

Podríem treballar amb models més complicats que l'AR, o podríem emprar models estructurals com els DSGE, però en qualsevol cas la construcció dels pronòstics seria anàloga. Per exemple, podríem complementar el nostre model amb variables econòmiques addicionals de la següent manera:

$$y_i = \alpha + \beta y_{i-1} + \xi S_{i-1} + e_i, \quad i=1,2,\dots,t$$

on  $S_{i-1}$  representa el valor d'una variable econòmica addicional a la data  $(i-1)$ .

També podríem elaborar pronòstics per horitzons temporals més llunyans. Emprant un model AR senzill, l'investigador estimaria la següent regressió:

$$y_i = \alpha + \beta y_{i-b} + e_i, \quad i=1,2,\dots,t$$

on definim els valors estimats per  $\alpha$  i  $\beta$  al període  $t$  com a  $a_t$  i  $b_t$ , respectivament. En aquest cas, tenim  $t=R, R+1, \dots, T+b$ . El pronòstic per  $y_{t+b}$  a partir de la informació disponible a la data  $t$  serà, senzillament,  $f_{t+b|t} = a_t + b_t y_t$ .

### 1.3 L'avaluació tradicional dels pronòstics

En termes generals, hi ha dues maneres d'avaluar els pronòstics. La primera manera és "absoluta": agafem els pronòstics d'un model i comprovem si satisfan un seguit de propietats "desitjables". Per exemple, és desitjable que els pronòstics no estiguin esbiaixats, és a dir, que de mitjana els pronòstics s'acostin als valors reals que pren la variable d'interès. Típicament, per veure si aquesta propietat es satisfà comprovarem si la mitjana dels errors del pronòstic és igual a zero. En aquest cas, tot i que de vegades pronostiquem un valor superior o inferior al real, la mitjana del nostre pronòstic és bona perquè els errors a l'alça es cancel·len amb els errors a la baixa.

Definim l'error del pronòstic un període enllà com a  $e_{t+1|t} = y_{t+1} - f_{t+1|t}$ . La manera típica de comprovar que el pronòstic no estigui esbiaixat és estimar l'error del pronòstic com a funció d'una constant. És a dir, l'investigador estima la següent regressió:

$$e_{t+1|t} = \theta_1 + u_{t+1,t}$$

on  $u_{t+1,t}$  és el terme d'error de la regressió. A continuació, es contrasta si  $\theta_1$  és significativament diferent de zero. Si el test rebutja que  $\theta_1$  sigui igual a zero, aleshores el pronòstic està esbiaixat.

Una altra propietat desitjable és que l'error del pronòstic no pugui ésser predit a partir d'informació de la qual disposàvem en el moment de fer la predicció. De fet, si ens trobéssim en aquest cas, l'investigador hauria hagut d'incloure la informació addicional al model per tal de perfeccionar el pronòstic. El test que s'encarrega de comprovar-ho s'anomena "test sobre la racionalitat del pronòstic". Aquest test es realitza de la següent manera: suposem que  $z_t$  és una variable que hem omès al model "AR", però sospitem que podria haver contribuït a millorar el pronòstic. En aquest cas, l'investigador ha d'estimar la següent regressió:

$$e_{t+1|t} = \theta_1 + \theta_2 z_t + u_{t+1,t}$$

on  $u_{t+1,t}$  és el terme d'error de la regressió. Un cop s'han estimat els paràmetres, cal contrastar el grau de significança de  $\theta_1$  i  $\theta_2$  per tal de saber si de mitjana l'error de pronòstic és igual a zero i, alhora, no està correlacionat amb el predictor addicional. Si el test no rebutja que  $\theta_1$  i  $\theta_2$  siguin igual a zero, aleshores diem que el pronòstic és racional<sup>3</sup>.

Cal adonar-se que l'error vertader del pronòstic no el podem observar, només podem estimar-lo. La literatura ha mostrat que els investigadors han de tenir aquesta observació en compte. En concret, cal corregir l'estimació dels errors estàndard de manera que incorporin l'error que s'arrossega de l'estimació dels paràmetres. West i McCracken (1998) descriuen detalladament com fer aquesta correcció.

La segona manera d'avaluar els pronòstics consisteix a comparar diversos models de predicció. Aquest mètode avalua la capacitat de predicció "relativa" dels models. En aquest cas, l'investigador treballa amb dos o més models, no només amb un. L'objectiu d'aquest mètode és avaluar la semblança de la capacitat predictiva dels models, que es calcula a partir d'una funció de pèrdues que és

escollida per l'investigador. La funció de pèrdues que s'empra sovint a la literatura és la mitjana del quadrat de l'error de pronòstic (MQEP), amb la qual l'investigador compara els models en base a la mitjana relativa dels errors (elevats al quadrat).

La MQEP d'un model és defineix de la següent manera:

$$\text{MQEP} = P^{-1} \sum_{t=R}^T e_{t+1|t}^2$$

on el sumatori ( $\Sigma$ ) va de  $t=R$  a  $T$ . Per tant, l'investigador calcula la diferència entre les MQEPs dels dos models. Si la discrepància no és diferent de zero, cal concloure que la capacitat predictiva dels models és semblant.

Per avaluar si la capacitat predictiva de dos models és semblant, l'investigador contrasta si la diferència de MQEPs és zero (en valor esperat) mitjançant un contrast de  $t$ . Aquest test sovint s'anomena el test de Diebold i Mariano (1995) i West (1996). De nou, cal tenir en compte la incertesa que arrosseguem de l'estimació dels paràmetres, tal com descriu West (1996). Vegeu Diebold (2014) per una descripció recent de l'ús d'aquests tests.

Si s'empra aquest mètode, cal tenir en compte que la comparació de models a partir de les seves MQEPs relatives pot ser problemàtica si un dels models és un cas particular de l'altre<sup>4</sup>. Clark i McCracken (2001), entre d'altres, descriuen mètodes alternatius per comparar la capacitat predictiva dels models en aquests casos.

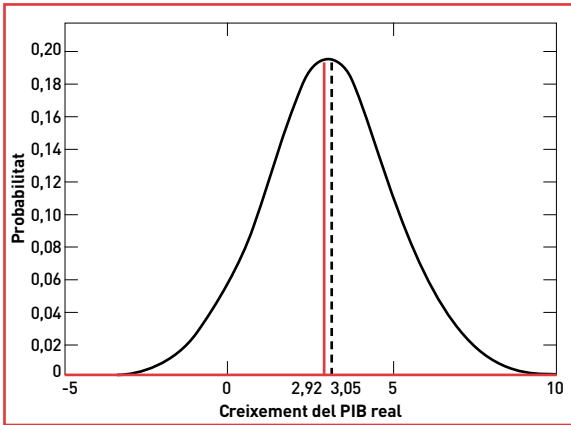
## 2. Previsions probabilístiques

### 2.1 Què són les previsions probabilístiques?

Fa relativament poc temps que els bancs centrals i altres institucions s'han adonat de la importància de calcular i transmetre la incertesa que envolta les seves previsions econòmiques. De fet, la nostra definició prèvia de pronòstic (pronòstic puntual) mesura la tendència mitjana de la variable objectiu  $y$ , o el millor pronòstic possible. Ara bé, aquest pronòstic és una estimació i, per tant, és incert. És important quantificar aquest grau d'incertesa per tal de transmetre el "grau de confiança" que l'investigador té en la precisió del seu pronòstic.

Les previsions probabilístiques són un mètode per transmetre el grau d'incertesa que hi ha al voltant dels pronòstics puntuals. Les previsions probabilístiques resumeixen la informació sobre la distribució estimada del pronòstic. Per exemple, en el model AR més senzill que hem vist abans, l'investigador estableix un seguit de supòsits sobre el terme d'error,  $e_t$ , i a partir d'aquests supòsits pot derivar una previsió probabilística. Sovint, suposem que el terme d'error segueix una distribució normal. Aleshores, si el pronòstic no està esbiaixat, el valor esperat del terme d'error serà igual a zero. Per obtenir una aproximació a la variància vertadera (i desconeguda) del terme d'error, l'investigador pot fer servir la variància estimada dels residus de la regressió, que s'obtenen com a  $y_i - a_i - b_i y_{i-1}$ , per  $i=1, 2, \dots, t$ . Amb aquesta informació, pot obtenir la previsió probabilística de la següent manera. Subjecte a la informació disponible a la data  $t$ , el pronòstic  $f_{t+1|t}$  segueix una distribució normal amb valor esperat  $a_t + b_t y_t$ . La seva variància s'aproxima a la variància dels residus de la regressió.

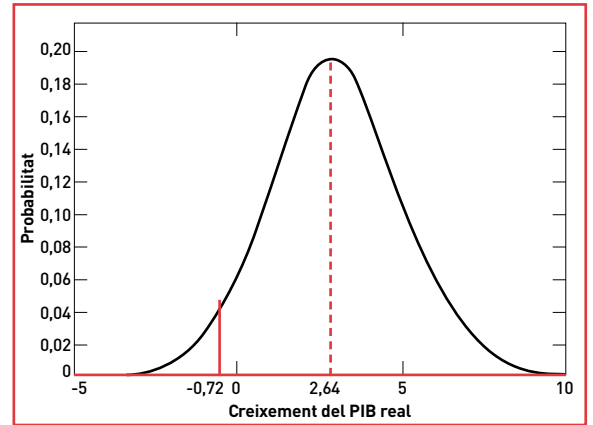
**Gràfic 2(a).** Previsió probabilística del creixement anualitzat del PIB real dels EUA un trimestre enllà, elaborada el 2004Q2 (sota el supòsit de normalitat)



Per tal de visualitzar i clarificar el concepte de previsió probabilística, el Gràfic 2(a) presenta una previsió probabilística pel tercer trimestre del 2004 feta durant l'anterior trimestre amb el model auto-regressiu de l'equació (AR). L'eix OX descriu els valors que pot prendre el creixement del PIB real el proper trimestre<sup>5</sup> i l'eix OY descriu la probabilitat que cada valor corresponent s'acabi realitzant. Segons el model, la mitjana de la taxa de creixement del PIB real pel tercer trimestre de 2004 hauria hagut d'ésser del 3,05%, tal com mostra la línia discontinua. La previsió probabilística està centrada en aquest valor i segueix una distribució normal. La línia contínua ens indica que la taxa de creixement del PIB real que es va observar a la realitat va ser del 2,92%. Noteu que el valor observat és molt proper al pronòstic que hem fet.

El Gràfic 2(b) mostra la previsió probabilística pel segon trimestre de 2008 feta el trimestre anterior a partir del mateix model<sup>6</sup>. Segons el model, la mitjana de la taxa de creixement del PIB real hauria hagut d'ésser del 2,64%. De nou, la pre-

**Gràfic 2(b).** Previsió probabilística del creixement anualitzat del PIB real dels EUA un trimestre enllà, elaborada el 2008Q1 (sota el supòsit de normalitat)

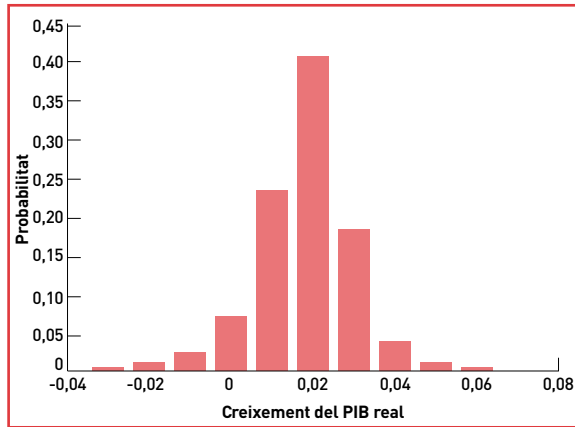


visió probabilística està centrada en aquest valor i segueix una distribució normal. Observeu que la incertesa al voltant de la mitjana és molt gran. El valor que es va observar a la realitat va ser del -0,72%, tal com indica la línia vertical contínua. Sens dubte, l'escenari observat s'havia considerat, ex ante, un escenari molt poc probable. De fet, podem calcular la probabilitat ex ante d'observar una taxa de creixement menor o igual a -0,72% a partir de la previsió probabilística, la qual cosa ens dona una probabilitat del 4%.

Tot i que és freqüent derivar la previsió probabilística a partir dels supòsits sobre la distribució del terme d'error, aquesta no és l'única manera de fer-ho. Una altra manera d'obtenir previsions probabilístiques és a partir d'enquestes sobre pronòstics. En aquest cas, les respostes a l'enquesta ens donaran de manera directa la distribució probabilística del pronòstic. Els quantils d'aquesta distribució provenen de preguntar directament als enquestats quina és la probabilitat que ells assignen a cada possible conjunt de valors per la vari-



**Gràfic 2(c). Previsió probabilística del creixement anualitzat del PIB real dels EUA pel proper any, elaborada el 2008Q1 (a partir de l'Enquesta d'Analistes Professionals)**



able objectiu. Per exemple, l'enquesta pot preguntar quina és la probabilitat que la inflació estigui entre el 0% i l'1% d'aquí a un any; o quina és la probabilitat que estigui entre l'1% i el 2%, etcètera. Normalment, aquestes enquestes contenen la previsió probabilística de cada enquestat i/o la distribució mitjana entre tots els enquestats.

El Gràfic 2(c) mostra les previsions probabilístiques de l'Enquesta d'Analistes Professionals (EAP)<sup>7</sup> fetes el 2008Q1 de cara al 2009. Les dades provenen de la Reserva Federal de Filadèlfia. Aquest gràfic no es pot comparar directament amb els gràfics 2(a-b) perquè aquesta base de dades recull previsions de cara a l'any següent (2009)<sup>8</sup>. En qualsevol cas, el nostre objectiu no és comparar les diverses distribucions sinó senzillament il·lustrar com es poden construir a partir de metodologies diferents. El Gràfic 2(c) mostra que la previsió probabilística de l'EAP assigna una probabilitat elevada (40%) a una taxa de creixement al voltant del 2%. De nou, el valor que es va observar

a la realitat va ser molt diferent, en concret un -2%, i l'escenari que es va produir era considerat, ex ante, com a molt improbable pels analistes, donat que li assignaven una probabilitat de l'1%.

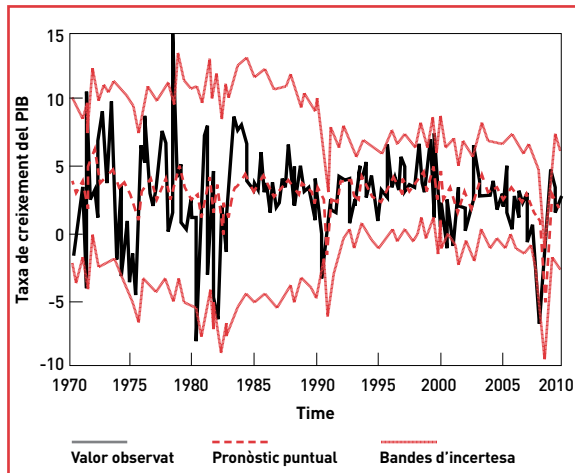
## 2.2 L'ús actual de les previsions probabilístiques a la Ciència Econòmica i l'elaboració de pronòstics i polítiques

L'anàlisi i l'avaluació dels riscos macroeconòmics ens proporcionen una aplicació natural per les previsions probabilístiques. Per exemple, abans de cada reunió del Comitè Federal del Mercat Obert, la Reserva Federal de Nova York complementa la seva predicció sobre la trajectòria de les principals variables macroeconòmiques (l'anomenat "pronòstic modal") amb una avaluació dels riscos que l'envolten (Alessi [et al.], 2014). L'avaluació de la incertesa es basa en les probabilitats dels escenaris més prominents i es comprova fins a quin punt les prediccions depenen dels supòsits subjacents al pronòstic modal.

També podem crear una distribució de pronòstics mitjançant la simulació del comportament de l'economia en diversos escenaris alternatius. Un cop tinguem aquesta distribució, podem avaluar la precisió dels pronòstics modals i esbrinar si el risc de sobreestimar l'activitat econòmica és superior o inferior al risc de subestimar-la.

Normalment, als bancs centrals les previsions probabilístiques es basen en la projecció d'un determinat escenari amb un determinat comportament de les variables clau, entre les quals hi ha el tipus d'interès que fixa el propi banc central. La idea és analitzar com canvien les previsions quan canvia l'escenari projectat per l'instrument de política monetària, és a dir, pel tipus d'interès. Per avaluar les conseqüències de les diverses alternatives de política monetària, l'analista ha de comparar els pronòstics i les previsions probabilístiques associ-

**Gràfic 3(a). Pronòstic del creixement anualitzat pel PIB real dels EUA un trimestre enllà, la seva incertesa i les observacions ex post**



ades amb els diversos escenaris. Aquesta comparació proporcionarà la informació rellevant que ha d'orientar les decisions sobre la política monetària.

El Gràfic 3(a) mostra el pronòstic sobre el creixement anualitzat del PIB real dels EUA un trimestre enllà, juntament amb la incertesa que l'envolta i els valors observats ex post a la realitat. El model és el model AR que hem presentat abans. Els pronòstics els hem obtingut mitjançant un esquema d'estimació mòbil amb una finestra de 10 anys. La línia contínua representa el creixement del PIB observat, la línia discontinua representa el pronòstic fet amb un trimestre d'antelació i les bandes exteriors representen la incertesa al voltant d'aquest pronòstic (es poden interpretar com l'interval de confiança del 95% provinent de l'estimació mòbil de la variància dels residus).

Aquest gràfic mostra diverses observacions interessants. En primer lloc, la volatilitat del creixement del PIB era molt més elevada abans de 1984.

De fet, el període entre 1984 i la crisi financera de 2007-2008 s'anomenà la “Gran Moderació”, a causa de la disminució de la volatilitat que es va observar després de 1984. Recordem que la mesura de la incertesa al voltant del pronòstic s'obté amb una finestra mòbil de 10 anys. Tot i que aquesta mesura es pot obtenir a temps real, el seu ajustament als canvis de l'entorn no deixa de ser lent. En segon lloc, el gràfic permet observar clarament la crisi financera de 2007-2008, que ve marcada per una disminució substancial del creixement. En tercer lloc, cal observar que el nostre pronòstic no és capaç de predir aquesta caiguda del PIB associada amb la crisi, la qual cosa és coherent amb l'anàlisi del Gràfic 2(b). Tot i que l'interval d'incertesa és força ample, no ho és prou per arribar a incloure el valor que va prendre la taxa de creixement a la realitat. Això significa tant que aquesta caiguda del PIB no era possible de predir a partir del model AR com que la probabilitat que s'assignava ex ante a aquest escenari era menor del 5%. De totes maneres, veiem que després de la caiguda del PIB els pronòstics es van actualitzar ràpidament i van millorar la seva capacitat de predicció. D'altra banda, la nostra mesura d'incertesa sí que inclou la recessió de 1984 (i les recessions dels anys 1970, causades pels xocs al preu del petroli). En darrer lloc, cal observar que el pronòstic va lleugerament endarrerit respecte a les dades reals. Això és una característica típica dels models basats en els valors passats de les variables, que és el cas del nostre model, perquè els és difícil predir els punts de canvi de tendència.

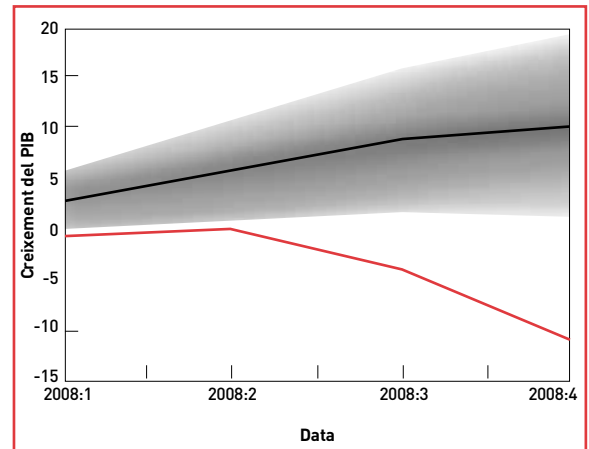
Cal observar que la incertesa que representem al gràfic és tal que l'interval inclou la realització futura amb una probabilitat del 95%. Per tant, aquest interval correspon als quantils 2,5 i 97,5 de la distribució. Podríem haver representat uns altres quantils de la distribució, o en podríem haver incorporat uns quants més. Ara bé, si representéssim massa quantils el gràfic seria difícil de llegir. Per

tal de presentar informació per diversos quantils de la previsió probabilística en un mateix gràfic, els investigadors normalment fan servir un gràfic de ventall.

El Banc d'Anglaterra ha estat el pioner entre els bancs centrals en l'ús de previsions probabilístiques i, especialment, de gràfics de ventall. Per tal de facilitar la comunicació de l'objectiu d'inflació al públic, el Banc d'Anglaterra va decidir publicar tant el pronòstic puntual sobre la inflació com el ventall d'altres valors d'inflació que consideraven probables. Per exemple, el Banc d'Anglaterra representa el conjunt de valors d'inflació als quals assigna una probabilitat del 90% amb una àrea ombrejada. També presenta els valors que tenen probabilitats del 80%, 70%, i així seguit fins al 10% amb altres àrees ombrejades. Els valors que corresponen als marges d'aquestes àrees representen els decils de la funció de distribució de la previsió probabilística per la inflació. Les àrees es pinten progressivament amb colors més clars, de manera que els colors més foscos estan associats a valors més probables (els valors d'inflació amb probabilitat del 90%) i els colors més clars estan associats amb l'àrea que representa els valors més incerts (els valors amb probabilitat del 10%). Donat que podem produir previsions probabilístiques per diverses dates futures, s'acostuma a representar cada àrea com a funció de l'horitzó temporal de la predicció. Normalment, a mesura que l'horitzó temporal augmenta, la incertesa també ho fa (donat que és més difícil predir de manera acurada el futur més llunyà), de manera que les àrees s'eixamplen i el gràfic s'assembla a un ventall desplegat (aquesta imatge és la que li dona el nom de "gràfic de ventall").

El Gràfic 3(b) presenta un gràfic de ventall pels pronòstics fets el 2007:Q4 de cara als quatre trimestres de 2008. La línia de color vermell representa les observacions de la taxa de creixement

**Gràfic 3(b). Gràfic de ventall pel creixement anualitzat acumulat del PIB real del EUA**



acumulada des de 2008:Q1; l'àrea ombrejada representa els decils de la distribució dels pronòstics al voltant de la seva mitjana, que està representada per una línia contínua de color negre. El decil 9 correspon a l'àrea més clara i el decil 1 correspon a l'àrea més fosca. Podem veure que abans de la crisi financera el model autoregressiu pronosticava una taxa de creixement positiva i, per tant, les observacions reals cauen fora dels quantils predits pel model.

### 3. L'avaluació de les previsions probabilístiques

Donada la importància que tenen les previsions probabilístiques per tal d'informar sobre la incertesa que envolta els pronòstics puntuals, és fonamental poder-les avaluar per saber si les hem especificat correctament. Si l'especificació no és correcta, la mesura d'incertesa que ens mostra una previsió probabilística és incorrecta.

En concret, podem avaluar les previsions probabilístiques segons les dues categories de les quals ja hem parlat abans, és a dir, podem avaluar-les en termes de la seva capacitat predictiva “absoluta” o en termes de la seva capacitat predictiva “relativa”.

Hi ha diverses maneres d'avaluar si l'especificació de la previsió probabilística és correcta. Un dels mètodes més comuns consisteix a fer servir transformacions integrals de probabilitat<sup>9</sup>. Vegeu Corradi i Swanson (2006b) per una descripció detallada del mètode.

### 3.1 Descripció dels mètodes i la seva implementació

Diebold, Gunther i Tay (1998) i Diebold, Tay i Wallis (1999) van ser els primers a fer servir transformacions integrals de probabilitat per avaluar les previsions probabilístiques. La transformació integral de probabilitat (TIP) consisteix a avaluar la funció de distribució acumulada amb el valor que ha pres a la realitat la variable objectiu. D'aquesta manera, la TIP mesura la probabilitat d'observar un valor menor que el valor real que s'ha produït, on la probabilitat la mesurem amb la nostra previsió probabilística.

Un dels resultats importants de la literatura es remunta a Diebold [et al.], (1998). En aquest article es demostra que la TIP es distribueix de manera uniforme, independent i idèntica si la previsió probabilística s'ha especificat correctament. Per tant, Diebold [et al.], (1998) ens proposen que contrastem si l'especificació de la previsió probabilística és correcta a través de contrastar si la TIP es distribueix de manera uniforme i independent.

### 3.2 Uniformitat

La propietat d'uniformitat es satisfà quan la probabilitat que el valor realitzat sigui major (menor) que el valor pronosticat és la mateixa (de mitjana al llarg del temps) tant si considerem realitzacions de valors elevats com si considerem realitzacions de valors baixos per la variable sobre la qual fem pronòstics.

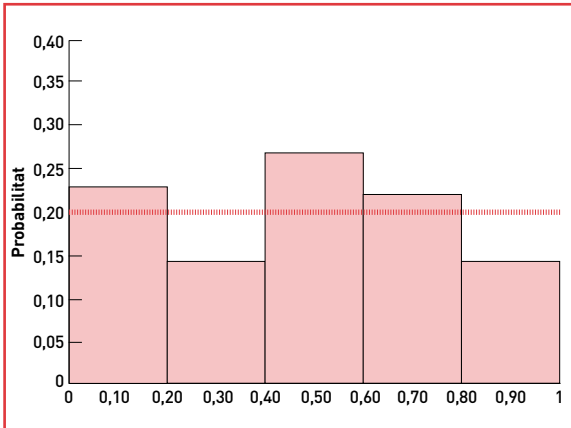
Per tal de contrastar si es satisfà la propietat d'uniformitat podem representar la distribució empírica de la TIP (o el seu histograma). La distribució empírica de les dades que segueixen una distribució uniforme té la forma d'un rectangle. Per tant, com menys s'assembla aquesta distribució a un rectangle, més forta serà l'evidència en contra de l'especificació que hem escollit per obtenir la previsió probabilística.

El Gràfic 4 ens mostra la distribució empírica de la TIP associada a les previsions probabilístiques pel següent trimestre obtingudes a partir del model AR. Podem veure que la distribució s'assembla força a la distribució uniforme<sup>10</sup>, la qual cosa ens suggereix que hem especificat la previsió probabilística correctament.

També podríem contrastar la uniformitat amb mètodes més sofisticats. Per exemple, Diebold [et al.], (1998) descriuen com implementar contrastos més tradicionals per la hipòtesi d'uniformitat (com, per exemple, contrastos de l'estil dels tests de Cramer-von Mises i de Kolmogrov).

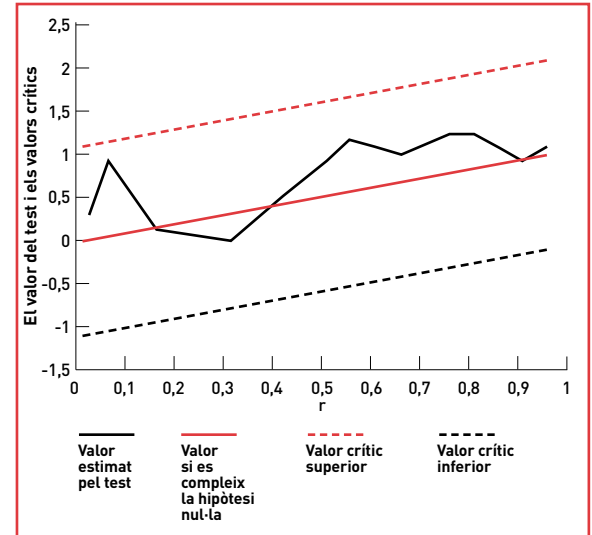
Quin és el grau de semblança entre la funció de distribució empírica i la distribució (uniforme) teòrica? Donat que estimem la funció de distribució empírica de la TIP a partir de les dades, cal tenir en compte l'error d'estimació a l'hora de comparar la distribució empírica amb la distribució teòrica. Entre els mètodes per contrastar la hipòtesi d'uni-

**Gràfic 4. Distribució empírica de la TIP per la previsió probabilística del creixement anualitzat del PIB real dels EUA pel proper trimestre a partir del model AR (sota el supòsit de normalitat)**



format hi destaquen els tests proposats per Corradi i Swanson (2006a) i per Rossi i Sekhposyan (2014b). Els dos mètodes tenen l'avantatge de tenir en compte l'error provinent de l'estimació dels paràmetres. Els dos articles s'assemblen en el sentit que els dos es concentren en el rol de la funció de distribució acumulada empírica de la TIP. Si les TIP fossin uniformes, la seva funció de distribució acumulada empírica s'assemblaria a una línia de 45 graus. Ara bé, la diferència entre Corradi i Swanson (2006a) i Rossi i Sekhposyan (2014b) rau en la manera en què tracten la incertesa provinent de l'estimació dels paràmetres: el primer article permet l'ús d'una finestra molt gran per l'estimació, mentre que al segon es treballa amb una finestra de mida constant. El primer mètode és més adequat quan el propòsit de l'investigador és avaluar la previsió probabilística com si els paràmetres s'haguessin estimat de manera precisa<sup>11</sup>. En canvi, el segon mètode és més adequat en situacions en les quals els investigadors no creuen que puguin estimar els paràmetres de manera pre-

**Gràfic 5. Funció de distribució empírica de les TIP per les pronòstics un trimestre enllà sobre el creixement anualitzat del PIB dels EUA a partir del model AR (basat en el supòsit de normalitat) i intervals pel test sobre la correcció de l'especificació**



cisa, donat que la mostra amb la qual treballen és finita, i per tant volen saber si l'especificació de la previsió probabilística és correcta quan s'avalua amb els paràmetres estimats (en comptes d'avaluar-la amb els paràmetres vertaders de la població).

Si apliquem el test de Rossi i Sekhposyan (2014b) a les dades, no podem rebutjar la hipòtesi nul·la que l'especificació de la previsió probabilística que hem obtingut a partir del model AR i del supòsit de normalitat sigui correcta. El Gràfic 5 mostra els resultats de manera detallada. En aquest gràfic hi trobem la funció de distribució acumulada empírica que hem estimat a partir de les dades (la línia contínua negra-fosca). També hi trobem la línia de 45 graus, que representa la funció de distribució acumulada d'una distribució uniforme

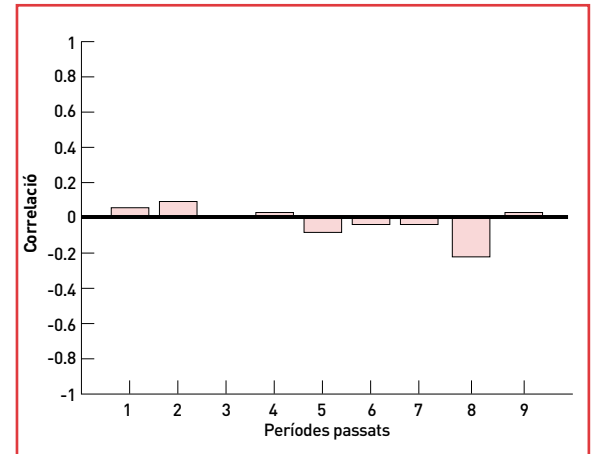
(la línia contínua vermella-clara), juntament amb l'interval de confiança basat en l'estadístic de Rossi i Sekhposyan (2014b) (línies discontinúes). Donat que la funció de distribució empírica es troba dins de l'interval de confiança, podem concloure que la distribució normal és una bona manera d'obtenir una aproximació per la previsió probabilística<sup>12</sup>.

### 3.3 Independència

El fet que trobem evidència a favor de la uniformitat de les TIP significa que, de mitjana, l'especificació de la distribució incondicional és correcta. Ara bé, tot i que no puguem rebutjar la hipòtesi d'uniformitat, és possible que la decisió de rebutjar o no rebutjar aquesta hipòtesi no sigui aleatòria al llarg del temps, la qual cosa qüestionaria la independència de les TIP. D'aquesta manera, si trobéssim que les TIP no són independents tindríem evidència en contra de la nostra especificació per la previsió probabilística.

Diebold [et al.], (1998) ens proposen contrastar la independència de les TIP a partir de contrastos de 'no correlació'<sup>13</sup>. El Gràfic 6 mostra la funció de correlació empírica de les TIP, o correlograma. Aquest gràfic presenta la correlació entre la TIP derivada del pronòstic del creixement del PIB i la TIP corresponent a una data del passat; el moment del passat està representat a l'eix OX i la correlació està representada a l'eix OY. Si per tots els moments del passat la correlació és propera a zero, les TIP no estan serialment correlacionades i ho interpretem com a evidència a favor de la nostra especificació per la previsió probabilística<sup>14</sup>. La correlació serial per les TIP separades per només un trimestre és de 0,0689, per les que estan separades per dos trimestres és de 0,1075, per les que estan separades per tres trimestres és de 0,0064, etcètera. Per tant, la correlació és força petita, la qual cosa ens suggereix que l'especificació provinent del supòsit de normalitat és correcta.

**Gràfic 6. El correlograma de les TIP pel pronòstic sobre el creixement anualitzat del PIB dels EUA pel proper trimestre derivat del model AR (sota el supòsit de normalitat)**



### 3.4 Distribució idèntica

El resultat de Diebold [et al.], (1998) implica que, si l'especificació és correcta, la TIP es distribueix de manera uniforme, independent i idèntica. Tanmateix, Diebold [et al.], (1998) només proposen contrastos d'hipòtesi per les dues primeres propietats. Rossi i Sekhposyan (2013) ens proposen contrastar la tercera propietat, és a dir, si la TIP es distribueix de manera idèntica.

El test proposat per Rossi i Sekhposyan (2013) és útil pel següent motiu: tots els contrastos que hem vist fins ara només són vàlids si les dades són estables al llarg del temps. Ara bé, les dades macroeconòmiques estan subjectes a canvis i a la inestabilitat. Per exemple, s'ha reconegut àmpliament que la capacitat de diverses variables macroeconòmiques per predir la inflació i el creixement de l'economia ha canviat al llarg del temps (vegeu,

per exemple, Stock i Watson, 1996, i Rossi, 2013). També sabem que la política monetària ha anat canviant amb el pas del temps (vegeu, per exemple, Clarida, Galí i Gertler, 2000). Per tant, és possible que el model que prefereixen utilitzar els bancs centrals no estigui correctament especificat en algunes submostres, tot i que sí que ho estigui en d'altres. Aquests canvis al llarg del temps invaliden els mètodes tradicionals. Rossi i Sekhposyan (2013) ens proposen contrastar en diverses submostres l'especificació que considerem correcta, de manera que la seva anàlisi és capaç de detectar problemes amb l'especificació, fins i tot si només es produeixen en submostres de les dades<sup>15</sup>.

### 3.5 L'avaluació del rendiment relatiu de les previsions probabilístiques

Amisano i Giacomini (2007) i Diks, Panchenkob i van Dijk (2011) ens proposen una manera d'avaluar si dos models alternatius de la previsió probabilística són prou semblants (o si estan a una distància semblant de la distribució vertadera de la variable objectiu). El mètode d'Amisano i Giacomini (2007) és semblant, en esperit, als contrastos que avaluen la capacitat relativa de predicció dels models, tot i que en comptes de comparar les MQEP dels models aquest mètode compara (el logaritme de) la funció de densitat associada a la previsió probabilística de cada model. En concret, ens proposa fer un contrast de t amb la diferència de (el logaritme de) les funcions de densitat<sup>16</sup>.

## 4. Conclusions

En aquest opuscle hem fet una ressenya sobre les previsions probabilístiques. Per començar, hem descrit com construir pronòstics i, en concret, hem discutit els esquemes d'estimació recursiva i mòbil. A continuació, hem realitzat una descripció detallada sobre com calcular previsions probabilístiques i quins són els seus avantatges respecte als pronòstics (puntuals) tradicionals. Finalment, hem vist diversos tests que ens permeten avaluar la qualitat dels pronòstics puntuals i de les previsions probabilístiques i que, per tant, permeten als investigadors jutjar quina és l'especificació més adequada per cada anàlisi.

Al llarg de tot l'opuscle hem il·lustrat els conceptes amb un exemple en el qual hem construït pronòstics sobre el creixement del PIB real dels EUA a partir d'un model autoregressiu i el supòsit de normalitat. També hem mostrat fins a quin punt és difícil predir el creixement real de l'economia quan ens trobem enmig de circumstàncies tan especials com una crisi financera, i hem vist que un simple model AR amb un terme d'error normal ens ofereix un bon marc per fer pronòstics.

Tot i que el nostre exemple es basava en un model AR amb una distribució normal, podríem aplicar la mateixa anàlisi a altres models, altres variables macroeconòmiques i altres tipus de distribucions. Rossi i Sekhposyan (2014a) avaluen les funcions de densitat condicionals normals que estan associades a una previsió probabilística pel creixement de la producció i per la inflació dels EUA. Per fer-ho, utilitzen diversos models de predicció que empen un gran nombre de predictors macroeconòmics. A la seva anàlisi, els autors troben que per la majoria de models (models autoregressius, models de factors, models VAR Bayesian) cal rebutjar el supòsit de normalitat, si més

no en algunes dimensions. Tanmateix, els autors mostren que la funció de densitat normal pot ser una bona aproximació per diverses combinacions de funcions de densitat associades a la previsió probabilística<sup>17</sup>.

Una tasca important que cal emprendre en el futur és la millora de la capacitat de detectar amb prou antelació els canvis de tendència de les variables, és a dir, aquelles situacions especials en les quals el comportament de les dades canvia sobtadament. En concret, cal estudiar com podem emprar les eines disponibles per tal de detectar problemes en l'especificació dels pronòstics puntuals i de les previsions probabilístiques i com ens poden ajudar a millorar els models per fer prediccions.

## Notes

(\*) *Agraïments. Agraeixo a Tatevik Sekhposyan i Gergely Gáncs els seus comentaris. Part de la recerca descrita en aquest opuscle ha estat finançada per la Beca Marie Curie 303434 de la Comissió Europea.*

(1) *La notació prové de West (1996).*

(2) *Aquests tipus de pronòstics s'anomenen "pronòstics directes", perquè s'obtenen directament dels paràmetres que acabem d'estimar. En contraposició, els "pronòstics iteratius" provenen d'estimar l'equació (AR) i iterar-la de manera recursiva fins a obtenir el pronòstic per una data h períodes enllà com a  $f_{t+h|t} = a_t h + b_t^h y_t$ . És a dir, els pronòstics directes s'obtenen directament del model estimat sense transformar els paràmetres estimats, mentre que els pronòstics iteratius hi apliquen una transformació. Vegeu Marcellino, Stock i Watson (2006) per una comparació entre els pronòstics iteratius i els directes.*

(3) *Cal observar que avaluem el biaix de l'error de predicció i la seva correlació amb el predictor addicional de manera conjunta.*

(4) *Una manera d'obtenir un model com a cas particular d'un altre és imposar restriccions sobre els paràmetres. Per exemple, el model AR,  $y_i = \alpha + \beta y_{i-1} + e_i$ , és un cas particular del model  $y_i = \alpha + \beta y_{i-1} + \zeta S_{i-1} + e_i$ .*

(5) *Les dades provenen de la base de dades econòmiques de la Reserva Federal de St. Louis. La referència mnemònica és rgdp@us.*

(6) *Observeu que el primer trimestre de 2008 és un període associat a la darrera crisi financera.*

(7) *En anglès, la Survey of Professional Forecasters (SPF).*

(8) *Tot i que les previsions es van fer el 2008Q1, l'horitzó de les previsions és diferent perquè en aquesta enquesta es pregunta sobre la taxa de creixement anual pel 2009.*

(9) *Hi ha mètodes alternatius, com la regla de puntuació logarítmica, entre altres regles de puntuació.*

(10) *La funció de distribució de la distribució uniforme està representada per la línia de punts.*

(11) *És a dir, quan no rebutgem la hipòtesi nul·la que l'especificació de la previsió probabilística sigui correcta quan l'avaluem amb el (pseudoveritader) paràmetre poblacional.*

(12) *El valor del test de 'tipus sup' de Rossi i Sekhposyan (2014b) és de 0,82 pels pronòstics pel proper trimestre i de 1,13 pels pronòstics sobre el quart trimestre enllà. El valor del test de 'tipus mitjana' de Rossi i Sekhposyan (2014b) és de 0,15 pels pronòstics pel proper trimestre i de 0,25 pels pronòstics sobre el quart trimestre enllà. Cap d'aquests estadístics és significatiu.*



(13) Donat que la independència implica correlació zero, si trobem algun tipus de correlació ho podem interpretar com a evidència en contra de la independència. Ara bé, no trobar una correlació diferent de zero no és equivalent a trobar evidència a favor de la independència de les TIP: independència implica correlació zero, però no viceversa.

(14) Donat que independència implica correlació zero, però correlació zero no implica independència, la interpretació correcta és la següent: el test no proporciona prou evidència empírica contra la hipòtesi que la nostra especificació sigui correcta.

(15) Hi ha diversos contrastos alternatius, entre els quals destaquem el de Berkowitz (2001). Berkowitz (2001) proposa treballar amb la normal inversa de la TIP. Si la TIP segueix una distribució uniforme, aleshores la seva normal inversa segueix una distribució normal. Per tant, Berkowitz (2001) ens proposa estimar un model autoregressiu per la normal inversa de la TIP i aleshores contrastar si la mitjana és igual a zero, la variància és igual a  $u$  i la correlació és igual a zero. L'avantatge del mètode de Berkowitz (2001) és que podem implementar el seu contrast amb un test de raó de versemblança. D'altra banda, el mètode de Berkowitz (2001) es basa en contrastar hipòtesis sobre diversos moments de la funció de distribució empírica. És a dir, si estímem un procés autoregressiu de primer ordre per la TIP, el seu mètode només serà capaç de fer contrastos d'hipòtesis pels dos primers moments (la mitjana i la variància) i per l'autocorrelació de primer ordre, però no podrà contrastar hipòtesis sobre els altres moments. El treball de Diebold [et al.], (1998), en canvi, tracta sobre tota la funció de distribució i, per tant, considera tots els moments de la distribució de manera simultània. Tot i que podríem implementar el test de Berkowitz (2001) pels altres moments de la distribució (com la asimetria, la curtosi, etcètera), la precisió del test disminuirà a mesura que incrementem el nombre de moments a contrastar, donat que la mostra és finita. Si implementem el test de Berkowitz (2001) al nostre exemple del model AR amb termes d'error normals, l'evidència ens fa rebutjar la hipòtesi que la nostra especificació per la mitjana sigui correcta, tot i que no podem rebutjar la hipòtesi que la nostra especificació sigui correcta en termes de la correlació serial. Quan contrastem totes les hipòtesis conjuntament (és a dir, per la mitjana, la variància i l'absència de correlació serial), el test no rebutja la hipòtesi que l'especificació sigui correcta (fent servir els valors crítics estàndard).

(16) El seu test és lleugerament més general perquè permet que l'investigador assigni un pes major a les regions de la previsió probabilística que ell vulgui. Per exemple, l'investigador pot estar més interessat a comparar la capacitat predictiva dels models pels esdeveniments més improbables, és a dir, a les cues de la distribució.

(17) Entre altres treballs empírics sobre l'estimació i avaluació de previsions probabilístiques, podem destacar els de Clark (2011), Garratt [et al.], (2003), Jore, Mitchell i Vabey, (2010), Manzan i Zerom (2009), Mitchell i Wallis (2011) i el de Clements i Smith (2000).

## Bibliografia

Alessi, L., E. Ghysels, L. Onorante, R. Peach i S. Potter (2014), "Central bank macroeconomic forecasting during the global financial crisis: The European Central Bank and the Federal Reserve Bank of New York experiences", *Journal of Business and Economic Statistics*, de propera publicació.

Amisano, G. i R. Giacomini (2007), "Comparing density forecasts via weighted likelihood ratio tests", *Journal of Business and Economic Statistics*, 25(2), 177-190.

Berkowitz, J. (2001), "Testing density forecasts, with applications to risk management", *Journal of Business and Economic Statistics*, 19, 465-474.

Clarida, R., J. Galí, i M. Gertler (2000), "Monetary policy rules and macroeconomic stability: evidence and some theory", *Quarterly Journal of Economics*, 115, 147-180.

Clark, T.E. (2011), "Real-time density forecasts from bayesian vector autoregressions with stochastic volatility", *Journal of Business and Economic Statistics*, 29(3), 327-341.

Clark, T. E. i M. W. McCracken (2001), "Tests of equal forecast accuracy and encompassing for nested models", *Journal of Econometrics*, 105, 85-110.

Clements, M. P. i J. Smith (2000), "Evaluating the forecast densities of linear and non-linear models: applications to output growth and unemployment", *Journal of Forecasting*, 19, 255-276.

Corradi, V. i N. R. Swanson (2006a), "Bootstrap conditional distribution tests in the presence of dynamic misspecification", *Journal of Econometrics*, 133, 779-806.

Corradi, V. i N. R. Swanson (2006b), "Predictive density evaluation", a G. Elliott, C. Granger i A. Timmermann (eds.), *Handbook of Economic Forecasting*, Elsevier, 197-284.

Diks, C., V. Panchenkob i D. van Dijk (2011), "Likelihood-based scoring rules for comparing density forecasts in tails", *Journal of Econometrics*, 163, 215-230.

Diebold, F. X. (2014), "Comparing predictive accuracy, twenty years later: a personal perspective on the use and abuse of Diebold-Mariano tests", *Journal of Business and Economic Statistics*, de propera publicació.

Diebold, F. X., T. A. Gunther i A. S. Tay (1998), "Evaluating density forecasts with applications to financial risk management", *International Economic Review*, 39(4), 863-883.

Diebold, F. X. i R. Mariano (1995), "Comparing predictive accuracy", *Journal of Business Economics and Statistics*, 13, 253-263.

Diebold F. X., A. S. Tay i K. F. Wallis (1999), "Evaluating density forecasts of inflation: the survey of professional forecasters", a Engle R. F. i H. White (eds.), *Cointegration, Causality, and Forecasting: A Festschrift in Honour of Clive W.J. Granger*, Oxford University Press, 76-90.

Garratt, A., K. Lee, M. H. Pesaran i M. H. Shin (2003), "Forecast uncertainties in macroeconomic modeling; an application to the U.K. economy", *Journal of the American Statistical Association*, 98, 829-838.

Jore, A. S., J. Mitchell i S. P. Vahey (2010), "Combining forecast densities from VARs with uncertain instabilities," *Journal of Applied Econometrics*, 25, 621-634.

Manzan, S. i D. Zerom (2009), "Are macroeconomic variables useful for forecasting the distribution of U.S. inflation?" MPRA Paper 14387, University Library of Munich.

Marcellino, M., J. H. Stock i M. W. Watson (2006), "A comparison of direct and iterated multistep AR methods for forecasting macroeconomic time series", *Journal of Econometrics*, 135, 499-526.

Mitchell, J. i K. Wallis. (2011), "Evaluating density forecasts: forecast combinations, model mixtures, calibration and sharpness," *Journal of Applied Econometrics*, 26, 1023-1040.

Rossi, B. (2013), "Advances in forecasting under instabilities", a G. Elliott i A. Timmermann (eds.), *Handbook of Economic Forecasting*, Volum 2, Elsevier-North Holland Publications, 1203-1324.

Rossi, B. i T. Sekhposyan (2013), "Conditional predictive density evaluation in the presence of instabilities", *Journal of Econometrics*, 177(2), 199-212.

Rossi, B. i T. Sekhposyan (2014a), "Evaluating predictive densities of US output growth and inflation in a large macroeconomic data set", *International Journal of Forecasting*, de propera publicació.

Rossi, B. i T. Sekhposyan (2014b), "Alternative tests for correct specification of conditional forecast densities", *mimeo*.

Stock, J. H. i M. W. Watson (1996), "Evidence on structural stability in macro-economic time series relations," *Journal of Business and Economic Statistics*, 14, 11-30.

West, K. D. (1996), "Asymptotic inference about predictive ability," *Econometrica*, 64, 1067-1084.

West, K. D. i M. W. McCracken (1998), "Regression-based tests of predictive ability," *International Economic Review*, 39, 817-84

## Títols publicats

---

- 1. Una reflexió sobre l'atur a Espanya**  
Ramon Marimon (juny 97)
  - 2. Reduir l'atur: a qualsevol preu?**  
Fabrizio Zilibotti (desembre 97)
  - 3. Impuestos sobre el capital i el treball, activitat macroeconòmica i redistribució**  
Albert Marcat (novembre 98)
  - 4. El prestador de darrera instància en l'entorn financer actual**  
Xavier Freixas (novembre 99)
  - 5. Per què creix el sector públic? El paper del desenvolupament econòmic, el comerç i la democràcia**  
Carles Boix (novembre 99)
  - 6. Gerontocràcia i Seguretat Social**  
Xavier Sala-i-Martin (juliol 2000)
  - 7. La viabilitat política de la reforma del mercat laboral**  
Gilles Saint-Paul (desembre 2000)
  - 8. Contribueixen les polítiques de la Unió Europea a estimular el creixement i a reduir les desigualtats regionals?**  
Fabio Canova (maig 2001)
  - 9. Efectes d'aglomeració a Europa i als EUA**  
Antonio Ciccone (setembre 2001)
  - 10. Polarització econòmica a la conca mediterrània**  
Joan Esteban (maig 2002)
  - 11. Com inverteixen la seva riquesa les economies domèstiques?**  
Miquel Faig (octubre 2002)
  - 12. Efectes macroeconòmics i distributius de la Seguretat Social**  
Luisa Fuster (abril 2003)
  - 13. Educar la intuïció: Un repte pel segle XXI**  
Robin M. Hogarth (setembre 2003)
  - 14. Els controls de capital a l'Europa de la postguerra**  
Hans-Joachim Voth (abril 2004)
  - 15. La fiscalitat dels intermediaris financers**  
Ramon Caminal (setembre 2004)
  - 16. Preparats per prendre riscos? Evidència experimental sobre l'aversió i l'atracció al risc**  
Antoni Bosch-Domènech / Joaquim Silvestre i Benach (novembre 2005)
  - 17. Xarxes socials i mercat laboral**  
Antoni Calvo-Armengol (gener 2006)
  - 18. Els efectes de la protecció laboral a Europa i als Estats Units**  
Adriana D. Kugler (febrer 2007)
  - 19. Creixement urbà desordenat: Causes i conseqüències**  
Diego Puga (gener 2008)
  - 20. El creixement a llarg termini a l'Europa Occidental, 1830-2000: fets i problemes**  
Albert Carreras i Xavier Tafunell (juny 2008)
  - 21. Com superar la fallida de coordinació en empreses i organitzacions: evidència experimental**  
Jordi Brandts (març 2009)
  - 22. L'assignació ineficient del talent**  
José V. Rodríguez Mora (maig 2009)
  - 23. Complementarietats en les estratègies d'innovació i el vincle amb la ciència**  
Bruno Cassiman (setembre 2009)
  - 24. Mecanismes senzills per resoldre conflictes d'interès i compartir els guanys**  
David Pérez-Castrillo (novembre 2009)
  - 25. Transferència de les innovacions universitàries**  
Inés Macho-Stadler (gener 2010)
  - 26. Costos i conflictes d'acomiadament, i el funcionament del mercat de treball**  
Maia Güell (juny 2010)
  - 27. Desigualtat i progressivitat fiscal**  
Juan Carlos Conesa (octubre 2010)
  - 28. Economia de la felicitat**  
Ada Ferrer-i-Carbonell (maig 2011)
  - 29. Triar escola a Espanya: teoria i evidència**  
Caterina Calsamiglia (setembre 2011)
  - 30. La responsabilitat social corporativa i el benestar social. Com promoure estratègies empresarials socialment responsables**  
Juan-José Ganuza (març 2012)
  - 31. L'efectivitat de l'ajuda internacional: de la perspectiva macroeconòmica a l'avaluació experimental**  
José G. Montalvo / Marta Reynal-Querol (juny 2012)
  - 32. Política fiscal a la Unió Monetària Europea**  
Evi Pappa (setembre 2012)
  - 33. L'efecte de les imperfeccions en el mercat de capital en les decisions empresarials i les fluctuacions econòmiques**  
Andrea Caggese (novembre 2012)
  - 34. Globalització, tecnologia i desigualtat**  
Gino Gancia (abril 2013)
  - 35. Cicles de crèdit i risc sistemàtic**  
José-Luis Peydró (desembre 2013)
  - 36. L'impacte de la immigració en el mercat de treball**  
Albrecht Glitz (juny 2014)
  - 37. Previsions probabilístiques en economia i polítiques públiques**  
Barbara Rossi (setembre 2014)
-



## Barbara Rossi

Barbara Rossi és Professora ICREA d'economia a la Universitat Pompeu Fabra. Anteriorment ha estat Professora del departament d'economia de la Universitat de Duke, després d'obtenir el seu Ph.D. en Economia a la Universitat de Princeton (2001). És *Research Fellow* del CEPR, membre del CEPR Business Cycle Dating Committee i directora de la International Association of Applied

Econometrics. És editora associada del *Journal of Business and Economic Statistics*, del *Journal of Economic Dynamics and Control*, i del *Journal of Applied Econometrics*.

Les seves àrees de recerca són l'econometria de les sèries temporals, les finances internacionals aplicades i la macroeconomia. La seva recerca actual se centra en previsions i econometria. La seva recerca s'ha publicat a la *Review of Economic Studies*, el *Quarterly Journal of Economics*, el *Journal of Business and Economic Statistics*, l'*International Economic Review*, l'*Econometric Theory*, el *Journal of Applied Econometrics*, el *Journal of Money, Credit and Banking*, el *Journal of Econometrics*, la *Review of Economics and Statistics*, i el *Macroeconomic Dynamics*. Ha presentat els resultats de la seva recerca a diferents conferències professionals i *meetings*, com els SED *meetings*, l'Econometric Society *Meetings*, els Joint Statistical *Meetings*, la NBER-NSF Time Series Conference, els NBER, i els AEA *meetings*.

Ha rebut dues beques de la National Science Foundation, i recentment ha estat convidada a escriure un capítol sobre "Advances in Forecasting under Model Instabilities" pel *Handbook of Economic Forecasting* (Elsevier-North Holland eds.), un capítol sobre "Forecasting in Macroeconomics" pel *Handbook of Research Methods and Applications in Empirical Macroeconomics*, i un article pel *Journal of Economic Literature*.

  
**CREI**   
Centre de Recerca  
en Economia Internacional

Academic unit of the  
barcelona   
graduate school of economics

Ramon Trias Fargas, 25-27 - 08005 Barcelona  
Tel: 93 542 13 88 - Fax: 93 542 28 26  
E-mail: [crei@crei.cat](mailto:crei@crei.cat)  
<http://www.crei.cat>



Universitat  
Pompeu Fabra  
Barcelona



Generalitat  
de Catalunya