

Performance of Artificial Neural Networks in Forecasting Costa Rican Inflation

Manfred Esquivel M.

III Foro de Investigadores de Bancos Centrales de
países miembros del CMCA

27 de agosto de 2009

Motivación

- Proceso generador de datos de series como inflación es complejo. Potencial relación no lineal entre inflación y sus determinantes.
- Tendencia a relativo pobre desempeño en pronóstico de modelos como Curva de Phillips ¿Será la linealidad que se impone en la estimación?
- Existe abundante literatura: Modelos no lineales \geq Modelos lineales.
 - En Costa Rica Solera (2005) reporta similares resultados. Set de información monetarista → Pronóstico de LP
 - La ventaja relativa de modelos no lineales crece cuando las series están sujetas a quiebres estructurales.
- ¿Por qué no tratar de mejorar el pronóstico de modelos como Curva de Phillips (que explican inflación de corto plazo) permitiendo relaciones no lineales entre sus componentes?

Objetivo

- Evaluar si para diferentes sets de información, las RNA mejoran significativamente el pronóstico de inflación que se obtiene de métodos lineales.
 - Discriminar, entre varios métodos, cuál genera una arquitectura de red óptima para cada modelo y horizonte de pronóstico.

Esquema metodológico

Curva de Phillips

- RNA (sistemática)
- RNA (*Thick model*)
- Lineal

Títulos fiscales

- RNA (Sistemática)
- RNA (*Thick model*)
- Lineal

Monetario

- RNA (Sistemático)
- RNA (*Thick model*)
- RNA (Solera 2005)
- Lineal

Modelos lineales de inflación

Curva de Phillips

$$\pi_t = \beta_1 E_t(\pi_{t+i}) + \beta_2 Y_{t-6}^b$$

Modelo de títulos
fiscales

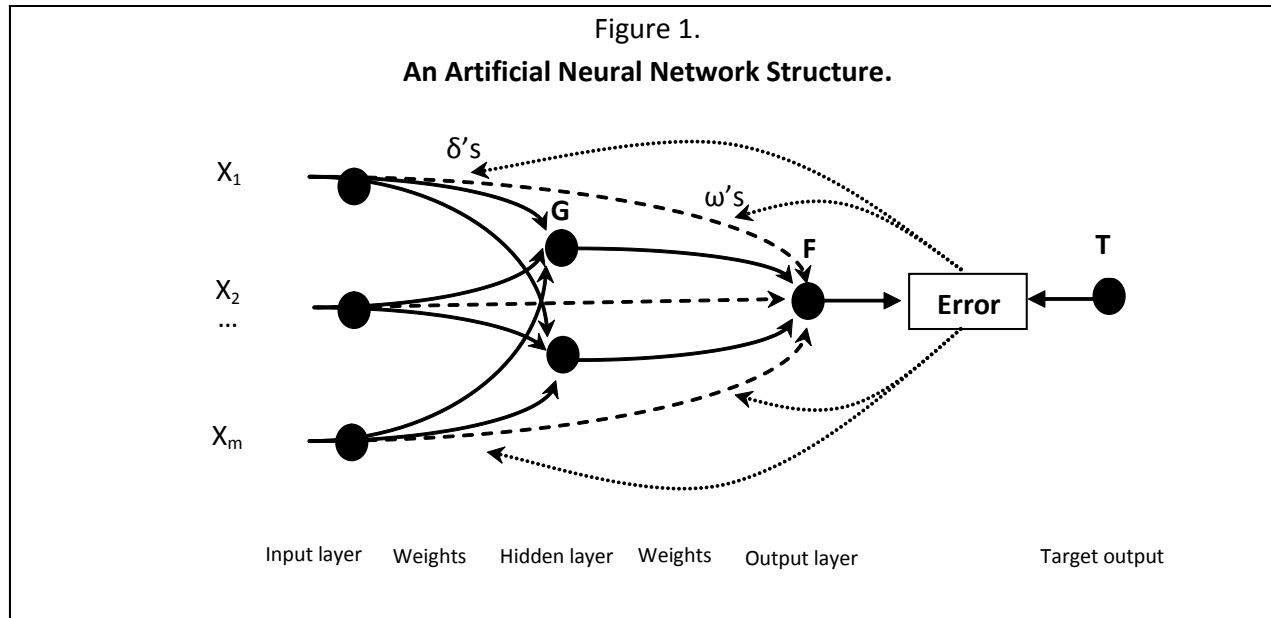
$$\pi_t = \alpha_1 \pi_{t-1} + \alpha_2 TF_{t-1}$$

Modelo
Monetario
(Solera 2005)

$$\pi_t = \delta_1 \pi_{t-1} + \sum_{i=1}^8 \delta_i M1_{t-i}$$



Estructura de una RNA



The network in the figure is modeled with m input units (X), two hidden neurons (G) in a single hidden layer and one output vector (F). δ 's and ω 's are the hidden and output vector weights respectively. Dotted lines going directly from the X 's to the output vector represent the optional setting of direct (linear) connections.

- *Entrenamiento* de la red: Lectura de X y $Y \rightarrow$ genera aleatoriamente δ y $\omega \rightarrow \text{ECM} \rightarrow$ en dirección del gradiente negativo de ECM genera un nuevo ser δ y $\omega \rightarrow \text{ECM} \rightarrow \dots$ cuantas veces se desee o hasta cierto nivel de ECM
- *Dada suficiente complejidad (muchos nodos y muchas iteraciones) una red podría aproximar cualquier función arbitrariamente bien...* Hornik, Stinchcombe y White (1989)
 - El aprendizaje puede volverse lento
 - No se garantiza un buen ajuste fuera de muestra

¿Qué arquitectura de Red elegir?

- ¿Cuántos nodos o “capas escondidas” (Q)?
- ¿Dejar o no conexiones directas?
 - Influye en la complejidad de las relaciones entre variables.
 - En general la precisión del ajuste se incrementa con Q hasta un máximo, y luego disminuye.
- ¿Qué tanto debe dejarse entrenar a la Red (Z)?
 - Un sobreentrenamiento de la Red puede producir un muy buen ajuste dentro pero un muy mal desempeño fuera de muestra (*over-fitting*).

Opciones de elección de Red

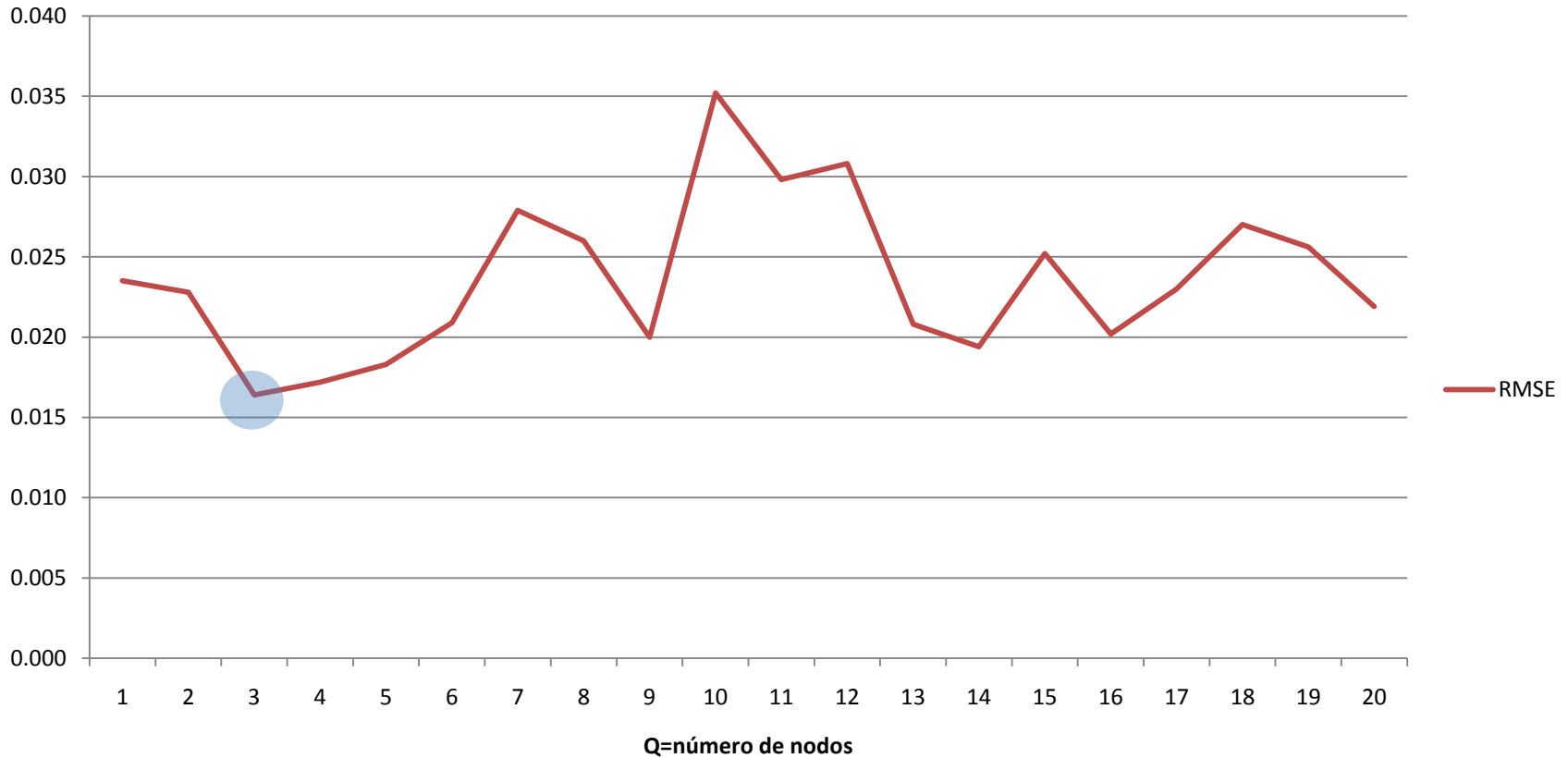
- **Libre:** Fijar Q y *entrenar* la red hasta alcanzar cierto criterio de convergencia dentro de muestra. (R^2 , número determinado de iteraciones o lo que suceda primero). Solera (2005).
- **Sistemática.**
- **Modelo denso (*thick model*) o pronóstico recortado (*trimmed forecast*).**

Elección sistemática de Red

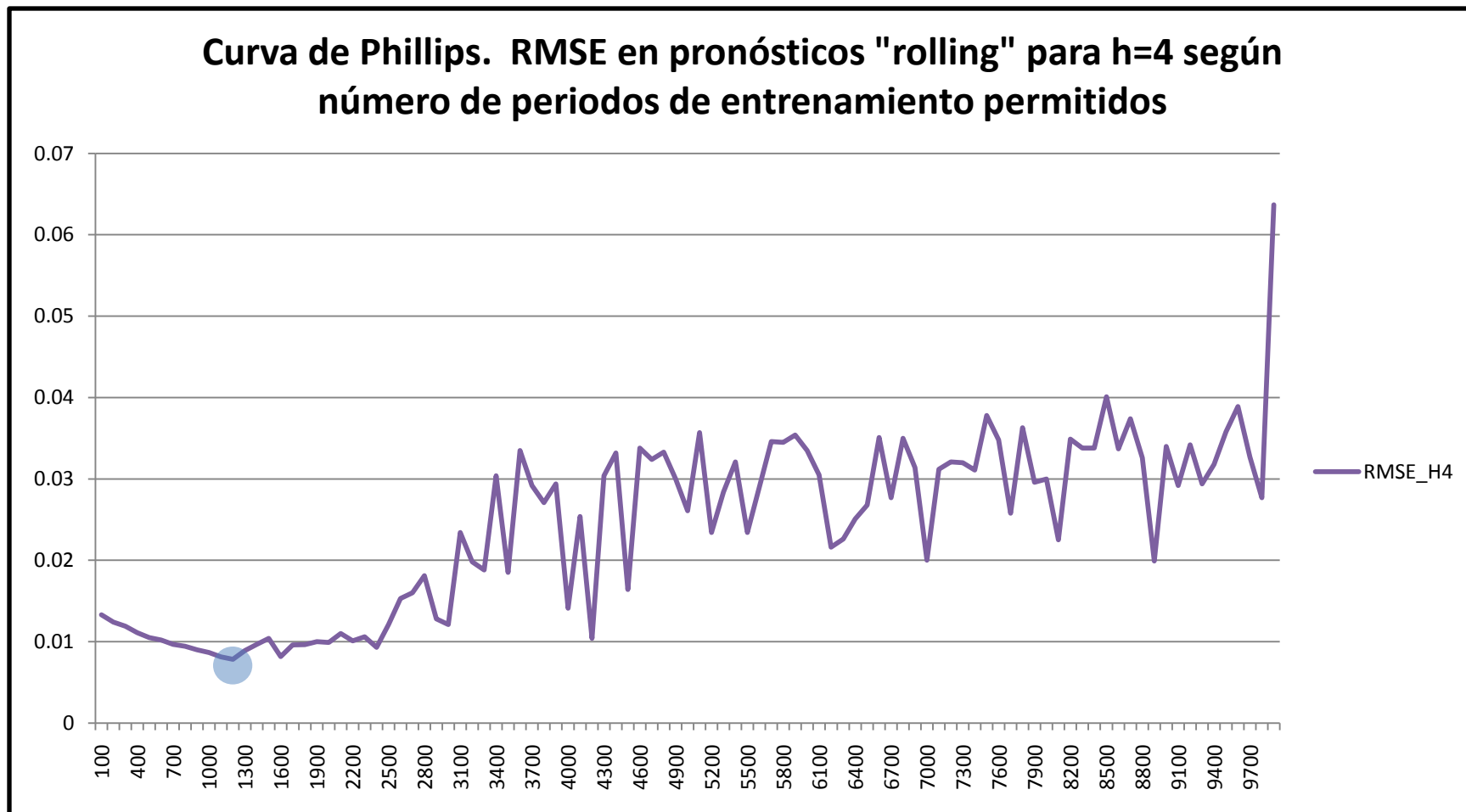
- Elección de Q:
 - Moshiri y Cameron (2000) recomiendan subirlo hasta donde RMSE se minimice dentro de muestra. No dicen algo respecto a Z.
 - McNeils y McAdam (2004) usan “thick models”. Tomar varias Redes con diferente Q y obtener una media recortad de los pronósticos (trimmed mean).
- Elección de Z:
 - Nakamura (2005), sin entrar en la discusión sobre Q, recomienda iterar (entrenar la red) hasta que la RMSE fuera de muestra pare de decrecer. “Early stopping”.
- En el trabajo se propone combinar las propuestas de Moshiri y Cameron (2000) y de Nakamura (2005).
 - Elegir Q según desempeño dentro de muestra.
 - Iterar hasta que RMSE fuera de muestra deja de decrecer.

Ejemplo de elección de Q

Curva de Phillips. RMSE dentro de muestra según Q



Ejemplo de elección de Z

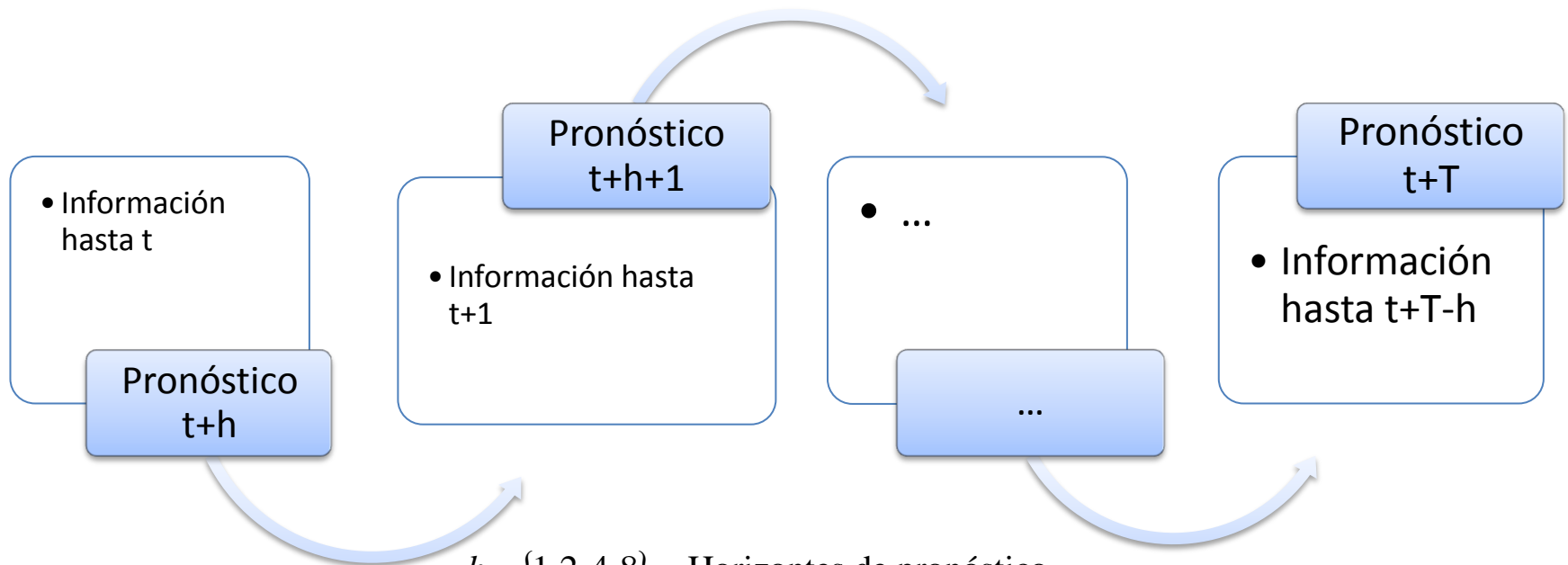


Trimmed Forecast.

Granger y Jeon (2004); McNeils y McAdam (2004)

- i. Estimar varias redes con diferentes Q .
- ii. Ordenar, para cada periodo, los valores pronosticados y extraer el $\alpha\%$ más bajo y más alto.
- iii. Promediar los $(1 - 2\alpha\%)$ valores restantes.

Estrategia de pronóstico



$h = \{1, 2, 4, 8\}$ = Horizontes de pronóstico

$t+T=2008Q4$. Última observación disponible

¿Es mejor un pronóstico que otro? $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Diebold y Mariano (1995)} \\ \textit{Fair y Shiller (1990)} \end{array} \right.$

Principales resultados

Comparación entre modelos anidados

Curva de Phillips

Chart 1

Phillips Curve Model. RMSE in Rolling Forecast for Different Horizons

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
ANN (systematic)	0.00863	0.00728*	0.00835*	0.00761*
ANN (thick model)	0.01010	0.01055	0.01053	0.01042
OLS	0.00892	0.00904	0.00919	0.00966

* Differs from Thick model, ** differs from OLS, *** differs from both techniques. (5% Diebold-Mariano)

Chart 2

Phillips Curve. Fair and Shiller P-values for Different Methodologies and Forecast Horizons

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
Systematic	0.3770	0.095*	0.2360	0.1120
Thick model	0.9920	0.9990	0.9346	0.7030
Systematic	0.5240	0.0711*	0.1771	0.023*
OLS	0.8000	0.6911	0.9895	0.6430

* Indicates a superior forecast performance (10%)

Principales resultados

Comparación entre modelos anidados

Títulos fiscales

Chart 3

Treasury Bills Model. RMSE in Rolling Forecast for Different Horizons

	1 trimestre	2 trimestres	4 trimestres	8 trimestres
ANN (systematic)	0.01113	0.01423	0.01280**	0.01357
ANN (thick model)	0.01247	0.01399	0.01314	0.01400
OLS	0.01378	0.01430	0.01455	0.01396

* Differs from Thick model, ** differs from OLS, *** differs from both techniques. (5% Diebold-Mariano)

Chart 4

Treasury Bills Model. Fair and Shiller P-values for Different Methodologies and Forecast Horizons

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
Systematic	0.0058*	0.5559	0.9222	0.4481
Thick model	0.1116	0.0062	0.0000	0.0427
Systematic	0.0539*	0.1574	0.0656	0.1774
OLS	0.3575	0.1018	0.0139	0.0235

* Indicates a superior forecast performance (10%)

Principales resultados

Comparación entre modelos anidados

Modelo Monetario Solera (2005)

Chart 5

Monetarist Model. RMSE in Rolling Forecast for Different Horizons

	1 trimestre	2 trimestres	4 trimestres	8 trimestres
ANN (systematic)	0.01154**	0.01112**	0.01107**	0.01039*
ANN (thick model)	0.01245	0.01258	0.01351	0.01270
ANN (Solera 2005)	0.02012	0.01828	0.01777	0.02135
OLS	0.01317	0.01311	0.01287	0.01287

* Differs from Solera, ** differs from OLS and Solera, *** differs from Thick and Solera, **** differs from all techniques (5% Diebold-Mariano)

Chart 6

Monetarist Model. Fair and Shiller P-values for Different Methodologies and Forecast Horizons

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
Systematic	0.0264	0.8698	0.5914	0.1544
Thick model	0.0259	0.2481	0.5232	0.9408
Systematic	0.1402	0.000*	0.000*	0.000*
Solera	0.6821	0.9075	0.5299	0.1785
Systematic	0.2525	0.006*	0.1313	0.0341*
OLS	0.5955	0.1623	0.7765	0.4935

* Indicates a superior forecast performance (10%)

Principales resultados

Comparación entre modelos no anidados

Chart 7

Non-Nested Models. RMSE in Rolling Forecasts for Different Horizons

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
Phillips Curve (Systematic ANN)	0.00863**	0.00728**	0.00835*	0.00761*
Treasury Bills (Systematic ANN)	0.01113	0.01423	0.01280	0.01357
Monetarist (systematic ANN)	0.01154	0.01112	0.01107	0.01039

* Differs from Treasury Bills, ** differs from Treasury Bills and monetarist. (5% Diebold-Mariano)

Chart 8

Non Nested Models. Fair and Shiller P-values.

	1 quarter	2 quarters	4 quarters	8 quarters
Phillips Curve (Syst. ANN)	0.0000	0.000*	0.0000	0.0000
Treasury Bills (Syst. ANN)	0.0049	0.8836	0.0000	0.0487
Phillips Curve (Syst. ANN)	0.000*	0.000*	0.0000	0.0000
Monetarist Model (Syst. ANN)	0.2444	0.1152	0.0116	0.0000

* Indicates a superior forecast performance (10%)

Conclusiones

- Para todos los horizontes, el pronóstico con la menor RECM es el obtenido de la Curva de Phillips-sistemática.
- RNA elegidas sistemáticamente logran una menor RECM que los OLS en pronósticos fuera de muestra para los 3 sets de información estudiados.
- La mejora es estadísticamente significativa para todos los horizontes en el caso del modelo monetarista y para 2 de 4 horizontes en los modelos Curva de Phillips y Títulos Fiscales.
- Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que existen relaciones no lineales entre la inflación y sus variables explicativas. Permitir tales no linealidades mejora el pronóstico.

Conclusiones

- La propuesta de elección sistemática de una RNA genera RECM menores que los obtenidos con los *thick models* propuestos por MaNeils y McAdam (2004).
 - Tal superioridad es estadísticamente significativa solo en el caso de la Curva de Phillips.
 - Utilizar el esquema sistemático pues requiere menos especificaciones *ad hoc*.
- *Early stopping* al elegir la red mejora significativamente el pronóstico.
 - En el modelo monetarista la red sistemática (controla por Q y Z) mejora significativamente el pronóstico por sobre una red que controla solo por Q.
- El desempeño en pronóstico de un modelo de Curva de Phillips mejora sustancialmente al permitir relaciones no lineales entre las variables.
 - El modelo Curva de Phillips-sistemática logra menores RECM que Títulos fiscales-sistemático y Monetarista-sistemático.
 - La diferencia es estadísticamente significativa en horizontes cortos.
- Al menos para datos de Costa Rica, es posible obtener buenos pronósticos de corto plazo de una Curva de Phillips en tanto se relaje el supuesto de linealidad.

Performance of Artificial Neural Networks in Forecasting Costa Rican Inflation

Manfred Esquivel M.

III Foro de Investigadores de Bancos Centrales de
países miembros del CMCA

27 de agosto de 2009