

**ESTABILIDAD DE LA DEMANDA DE DINERO  
PARA LA ECONOMIA PERUANA  
(Evaluación de un test preliminar)\***

Jorge Cortez C.

**RESUMEN**

*El presente documento pretende cumplir con una doble finalidad: extraer conclusiones acerca de la estabilidad de una función de demanda de dinero de corto plazo para la economía peruana en el periodo comprendido entre 1976 y 1987, y presentar un nuevo test que permite evaluar la estabilidad de parámetros de una función, frente a la hipótesis de variación tendencial de los mismos. En la primera parte se presenta un resumen explicativo de algunos tests usados en la prueba de la estabilidad de parámetros, y se culmina con la presentación del Test de Estabilidad Temporal con Parámetros Estimados (TETPE). En la segunda parte se presenta la estimación de una función de demanda de dinero de corto plazo para la economía peruana. En la tercera parte se aplica los tests descritos en la primera a la función estimada en la segunda. El objetivo de esta parte es buscar y evaluar la estabilidad de la función definida, intentar probar la robustez del test TETPE, a la luz de los resultados y conclusiones extraídas de la aplicación de otros similares. Finalmente, se presentan unas breves conclusiones y limitaciones del documento, remarcando las formas en que estas últimas podrían ser superadas en posteriores trabajos.*

**ABSTRACT**

*The present paper has a two-fold purpose: to draw conclusions concerning the stability of the short-run money demand function for the peruvian economy over the period 1976-1987, and to apply and contradict the hypothesis of instability. In the first section the author summarizes various methodologies to test the stability of parameters, and ends up formulating the TETPE. Secondly, an estimation of the short-run money demand function for the peruvian economy is presented. In third place, the author evaluates parameter stability applying the tests explained in section one to the estimates of section two. The paper includes with a summary and a brief discussion of the results. The author suggests ways to overcome some difficulties in further applications.*

**Introducción**

1. Una de las interpretaciones de un comportamiento estable de un agregado económico, está asociada a la idea de "inercia". Es decir, si el valor de una determinada variable no se modifica bruscamente de un periodo a otro, se dirá que ésta es estable. Una segunda noción de estabilidad está ligada al comportamiento de variables endógenas respecto a su valor

de equilibrio. En este caso, cuando a medida que transcurre el tiempo, la trayectoria de la variable tiende hacia su valor de equilibrio, se hace referencia a comportamientos estables (o convergentes).

Una tercera acepción de estabilidad está unida al concepto de validez de una función para explicar el comportamiento de una variable endógena durante un lapso determinado. Esto implica que una

i\*) El presente artículo se basa en el documento "Evaluación de la Inestabilidad de la demanda de dinero para la Economía Peruana" presentado por el autor en la VIII Reunión Latinoamericana de la Sociedad Ixonométrica en San José, Costa Rica - 1988.

variable tiene un comportamiento estable si la función que se utiliza en su explicación, no se altera con el transcurrir del tiempo.

2. En el análisis económico, la primera interpretación constituye un tipo de objetivo de política económica. La identificación del comportamiento asociado a la segunda definición, es necesaria para evaluar el impacto de las medidas de política económica tomadas, y para saber si el objetivo planeado es alcanzable o no. Los resultados del análisis de la tercera acepción sirven de base para conocer si las simplificaciones que se hacen de la realidad son confiables en términos de predicción.

3. El presente documento tratará sobre la tercera acepción, es decir, las funciones estables o de parámetros estables, intentando que las técnicas que aquí se desarrollan sean útiles para los estudios que puedan realizarse sobre los otros dos conceptos.

4. En la primera parte del presente documento se exponen un conjunto de tests que son aceptados, sin mayores controversias, para comprobar la estabilidad de los parámetros de una función. Se pone énfasis especial en lo relativo a la inestabilidad que hemos llamado de carácter continuo. Para culminar se presenta un test elaborado por el autor del presente documento, y que podría ser utilizado en este tipo de docimacia. El objetivo final será aplicar los tests descritos en esta parte a una función determinada, cual es la demanda de dinero.

Para lograr tal objetivo es necesario disponer de una estimación de tal función, lo cual es desarrollado en la segunda parte del presente documento.

Es de remarcar que el objetivo del presente trabajo no es obtener la función de demanda por dinero, sino de evaluar la estabilidad de una función de ese agregado aplicando los tests desarrollados en la primera parte.

5. En la tercera parte se aplican los tests de estabilidad de parámetros a la función obtenida en la parte anterior. A partir de ello pueden obtenerse algunas conclusiones que serán presentadas en la última parte del documento.

## PARTE I

### EL PROBLEMA DE ESTABILIDAD DE PARAMETROS

#### A. Presentación del problema

1. En el análisis econométrico de modelos uniecuacionales, se asume una relación entre una variable endógena  $Y$ , y un conjunto de variables exógenas  $X_i$ . Esta relación podría expresarse a través de una función lineal de la forma:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + U \quad (1)$$

2. Como generalmente se dispone de un conjunto de observaciones (asumamos que son  $n$ ), para las cuales el modelo antes planteado se verifica, se podría replantear la ecuación (1) en términos matriciales de la siguiente manera:

$$Y = X\beta + U \quad (1-a)$$

en donde  $Y$  es un vector que contiene las  $n$  observaciones de la variable endógena;  $X$  es una matriz que contiene las  $n$  observaciones de las  $k$  variables exógenas del modelo;  $\beta$  es un vector que contiene los parámetros poblacionales del modelo; y  $U$  representa la parte no claramente determinada de la respuesta  $Y$ .

3. La aplicación de la técnica de mínimos cuadrados ordinarios permite estimar los parámetros ( $\beta$ ) de dicha relación. Esos estimadores tendrán características apropiadas (insesgo, eficiencia y consistencia), y podrán ser utilizados confiablemente en docimacia y predicción, si se verifican un conjunto de supuestos:

— respecto de los errores o perturbaciones:

$U_j \sim N(0, \sigma^2)$ ; ello representa que el componente no determinado de la conducta de los agentes pertenece a una distribución normal, cuya esperanza es cero; la varianza de cada distribución es la misma y es constante, cualquiera sea el valor de las variables exógenas; y esos componentes no determinados son independientes entre sí.

—respecto de las variables explicativas: fijas e independientes entre sí; ello representa que los valores de las variables exógenas no tienen ningún componente aleatorio o que son deterministas; y que los valores asociados a las variables exógenas no se pueden obtener de una combinación lineal del resto de ellas.

—respecto de los parámetros poblacionales: fijos y constantes; ello representa que el componente aleatorio de la conducta de los agentes, no se manifiesta a través de los parámetros; y que tales parámetros son los mismos en todo el análisis.

El incumplimiento de algunos de estos supuestos, unido a la persistencia de aplicar mínimos cuadrados ordinarios, generará que los parámetros estimados no cumplan con las características deseadas, y que no puedan ser utilizados para los fines antes mencionados.

4. Lo que nos ocupa en el presente documento es lo relativo al supuesto de que los parámetros son constantes. Este supuesto, estaría reflejando que a lo largo del periodo analizado, o que en el ámbito espacial en que se desarrolla el modelo, el valor de los parámetros poblacionales (y no de los estimados) es el mismo, y que aun si tal ámbito se amplía con fines de predicción, los valores de los parámetros poblacionales se mantienen.

5. Para analizar las consecuencias del relajamiento de únicamente la condición de estabilidad, se requiere de un replanteamiento del modelo lineal general.

Asumamos, por simplicidad, que ha habido un único cambio estructural que obliga a modificar los parámetros. De esta manera el modelo planteado en (1—a) sería:

$$y(i) = x(D)0(1) + ud$$

$$y(2) = x(2)0(2) + u(2)$$

donde  $Y^{(1)}$  es un vector  $Q$ ue contiene las  $P_j$  primeras observaciones de  $Y$ , y  $Y^{(2)}$  contiene las últimas  $p_2$  observaciones de esta variable ( $p_1 + p_2 = n$ , que es el número total de observaciones);  $X^{(1)}$  es la

matriz de las primeras  $P_1$  observaciones de las  $k$  variables exógenas, y las correspondientes a las últimas  $p_2$  observaciones;  $\beta^{(1)}$  es el vector de los  $k$  parámetros del modelo en el primer subperiodo, y  $\beta^{(2)}$  lo es para el segundo;

$U^{(1)}$  y  $U^{(2)}$  corresponden a los vectores que contienen los términos de perturbación en los dos subperiodos.

6. La aplicación de mínimos cuadrados ordinarios al modelo planteado en (2), generaría que se obtenga un solo conjunto de  $k$  parámetros estimados:

$$0 = (X'XV^1 X'Y$$

$$0 = (X^{(1)'X^{(0)} + x \otimes X^{\wedge 1})^{-1} (X \otimes Y \ll + X^{(c)'Y^{(2)}})(3)$$

cuya esperanza, característica indispensable para saber si el parámetro estimado pertenece a una distribución insesgada, será:

$$E(\ll = D X \otimes X \otimes f + D X \otimes X \otimes 0 \otimes$$

$$D = (X^{(1)'X^{(1)} + X^{\wedge 1} X \otimes)^{-1} \quad (4)$$

7. De lo anterior se puede concluir que  $\theta$  es un estimador insesgado de un promedio ponderado de  $\theta^{(1)}$  y  $\theta^{(2)}$  y por lo tanto será un estimador sesgado de ambos.

De ello se desprende que  $\theta$  no debería ser utilizado como un buen estimador ni de  $\theta^{(1)}$  de  $\theta^{(2)}$ ; por lo mismo, no es posible hacer docimacia respecto de los valores de los parámetros poblacionales, con lo que resulta imposible evaluar si las variables están bien incluidas en el modelo.

Por la misma razón,  $\theta$  no podría ser utilizado con fines de predicción, pues no se sabe con precisión cuan diferente es la esperanza de  $\theta$  (definida en (4)) del valor poblacional  $\theta^{(2)}$ , que debería ser usado para predecir.

8. Las conclusiones extraídas a partir del resultado (4), son generalizables para el caso de más de un cambio estructural, y también para el caso extremo, que es el que nos interesa, en el cual para cada observación existe un conjunto de parámetros poblacionales diferente.

9. Uno de los criterios para agrupar los tests destinados a detectar el problema de estabilidad de los parámetros poblacionales, está referido al tipo de inestabilidad que permiten detectar. Así se pueden considerar:

— Los destinados a comprobar si han ocurrido cambios discretos. Esto significaría que a partir de fechas predeterminadas o presuntas sucede un cambio en los parámetros y que luego se mantienen constantes por un determinado lapso hasta que se llegue a la siguiente fecha de cambio.

— Los destinados a detectar cambios continuos en el comportamiento de los agentes. Esto supone que para cada observación existe un conjunto diferente de parámetros poblacionales.

**B. Docimacia de inestabilidad de tipo discreta**

10. Para la elaboración de algunos tests destinados a docimar esta hipótesis, es necesario conocer o presumir la(s) fecha(s) (o espacio) a partir de la cual se ha producido algún cambio. Para los casos en que tal fecha no es asumible, existen algunos tests que permiten salvar este problema y que no son desarrollados por no ser objeto del presente documento.

— **Test de Chow**

11. Uno de los test más utilizados para evaluar la existencia de cambios estructurales es aquel que fue desarrollado por Chow (1960) para docimar la igualdad entre conjuntos de coeficientes de dos regresiones.

Para explicar la aplicación de este test, va a ser necesario un conjunto de precisiones que se detallarán a continuación:

— Se dispone, o se trabaja, con un modelo con las características de la relación (1—a).

— Se asume que hubo un cambio estructural que seccionó el periodo analizado en dos subperiodos de manera similar y con la misma definición de matrices que en el parágrafo 5.

Con esto se tendría:

$$Y(0) = X^{(1)} U^{(1)}$$

que sería el modelo válido para el primer subperiodo; y el modelo:

$$Y^{(2)} = X^{(2)} U^{(2)} + U^{(2)}$$

válido para el segundo subperiodo.

12. De esta manera, si la hipótesis de cambio estructural es la correcta, se debería estimar por separado cada subperiodo y aplicando la técnica de mínimos cuadrados ordinarios, se obtendrían parámetros estimados con las características apropiadas. Esto es:

$$\begin{aligned} 0(1) &= (x^{(1)'} x^{(1)})^{-1} x^{(1)'} y^{(1)} \\ 0(2) &= (x^{(2)'} x^{(2)})^{-1} x^{(2)'} y^{(2)} \end{aligned} \tag{6}$$

Los errores de estimación en este caso serían:

$$e = \begin{pmatrix} M_1 & 0 \\ 0 & M_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^{(1)'} X^{(1)} + U^{(1)} \\ X^{(2)'} X^{(2)} + U^{(2)} \end{pmatrix} = M * U$$

donde:

$$M_j = I - X^{(j)} (X^{(j)'} X^{(j)})^{-1} X^{(j)'}$$

resultando M\* una matriz idempotente y simétrica.

13. La suma de los errores al cuadrado (é'é) dividida por  $\sigma^2$  sería:

$$\frac{U' M * U}{\sigma^2_u}$$

que es un cociente que se distribuye chi-cuadrado con un número de grados de libertad equivalente a la traza de M\*; en este caso equivalente a  $n - 2k$ .

14. Si la hipótesis de estabilidad de parámetros es correcta, entonces se debería estimar el caso tradicional de mínimos cuadrados ordinarios  $p = (X'X)^{-1} X'Y$

En este caso el vector de los errores estimados sería:

$$e = (I - X(X'X)^{-1}X')U = MU$$

La suma de los errores al cuadrado ( $e'e$ ), dividida por  $\hat{\sigma}^2$  se distribuirá chi-cuadrado con  $n - k$  grados de libertad.

15. De esta manera, bajo la hipótesis de estabilidad el cociente:

$$CH = \frac{(K - s - 1) \sum_{i=1}^s e_i^2}{e'e / (n - 2k)} \quad (8)$$

se distribuye F—Fisher con  $k$  y  $(n - 2k)$  grados de libertad.

16. Si el valor de CH calculado es menor que el valor tabular, se podría aceptar la hipótesis de estabilidad de parámetros al nivel de confianza escogido.

Una de las justificaciones a esa afirmación se podría hallar en que  $e'e - \hat{e}'\hat{e}$  sería un valor estadísticamente pequeño, y dado que esta diferencia es función de la discrepancia entre  $\hat{y}$  y  $P$ , y entre  $\hat{y}$  y  $\hat{y}$ , un valor reducido reflejaría una discrepancia que no es tan pronunciada entre los valores de los estimadores. Dado que esos estimadores serían insesgados y de varianzas mínimas, se puede inferir que los parámetros poblacionales que ellos estiman tienen el mismo valor.

17. Si el valor calculado CH resultara mayor que el valor tabular, no podrá aceptarse la hipótesis que los parámetros poblacionales son significativamente iguales, por lo tanto se puede asumir parámetros inestables.

Una justificación a tal afirmación, «similar a la planteada en el párrafo anterior, pero en el caso de discrepancias significativas».

18. De esta manera con el test de Chou es posible evaluar si en una fecha determinada, hubo o no un cambio de estruc-

tura que se manifestó en la función analizada.

No obstante, se presentan ciertas limitaciones:

— En un amplio periodo de análisis, puede haber más de un cambio estructural.

— La inestabilidad puede manifestarse sobre un grupo de parámetros y no sobre la totalidad de ellos.

— En algún subperiodo el número de observaciones puede ser inferior al número de parámetros por estimar.

En los siguientes párrafos se desarrollarán brevemente cómo superar la primera y tercera de tales limitaciones.

— **Generalización del test de Chow para más de un cambio.**

19. Si se presume varios subperiodos (digamos  $s_j$ , y para cada uno de ellos parámetros poblacionales diferentes, el modelo se plantearía:

$$yU = x^{(i)}/3^{(i)} + U^{(i)} \quad (9)$$

$i = 1, 2, \dots, s$

donde se conocen las  $s - 1$  fechas de cambio. Se continúa asumiendo que se dispone de un total de  $n$  observaciones, que el modelo en cada subperiodo contiene  $k$  parámetros estructurales, y que en cada subperiodo hay más de  $k$  observaciones.

20. Si la hipótesis correcta fuera que los parámetros son inestables, entonces lo apropiado sería estimar el modelo (9), de tal manera que para cada subperiodo se tendría un conjunto de estimadores mínimos cuadrados.

Luego, la suma de errores al cuadrado ( $\hat{e}'\hat{e}$ ), dividida por  $\hat{\sigma}^2$  se distribuiría chi-cuadrado con  $(n - ks)$  grados de libertad.

21. Si la hipótesis correcta fuera que los parámetros son estables, entonces lo apropiado sería estimar el modelo de la manera tradicional y tener un conjunto de  $k$  estimadores válidos para todo el periodo:

22. De esta manera el cociente:

$$CH = \frac{(\hat{e}'\hat{e} - \hat{e}'\hat{e})/k}{\hat{e}'\hat{e}/(n - ks)}$$

se distribuye F de Fisher con  $k(s-1)$  y  $n-ks$  grados de libertad.

Si el valor calculado CH fuese menor que el valor tabular, se aceptará que con el nivel de confianza escogido no ha habido un cambio estructural y que los parámetros del modelo son los mismos a lo largo del periodo analizado.

Si por el contrario el valor CH fuese mayor que el tabular, entonces no se puede aceptar la hipótesis de estabilidad de parámetros.

23. Una limitación adicional de este test es que sólo permite aceptar o rechazar la hipótesis que **ningún** cambio estructural es significativamente aceptable.

Sin embargo podría resultar que de las  $s-1$  fechas de cambio supuestas, algunas representen efectivamente cambios estructurales. Este test no permite detectar tal posibilidad.

Para superar esta limitación y obtener conclusiones más sólidas, se debería hacer las hipótesis considerando el mayor número de combinaciones de cambios y estabilidad entre subperiodos.

- **Problema de insuficiencia de grados de libertad**

24. Hasta este punto se ha supuesto implícitamente que el número de observaciones en cada subperiodo excede al número de parámetros a estimar. Esto no es necesariamente cierto, sobre todo cuando se intenta analizar los impactos de políticas llevadas a cabo recientemente.

Fisher (1970), analiza tal situación para el caso de dos subperiodos. El análisis realizado en ese documento se puede adaptar, sin mayores dificultades, a situaciones en que existan más de dos cambios estructurales, pero en los que exista solamente uno de ellos con problemas de grados de libertad.

Para describir cómo superar esta dificultad, se tratará con la nomenclatura mencionada en el punto (5) en que se presenta que  $p_2$  es menor que  $k$ .

25. Si la hipótesis de estabilidad es correcta, no habrá mayores problemas, pues se estimará un solo vector de parámetros

para todo el periodo analizado y como ya fue expuesto anteriormente, la suma de los errores estimados al cuadrado ( $\sum e^2$ ), dividida por  $\sigma^2$  se distribuye chi-cuadrado con  $a-Jc$  grados de libertad.

26. Si la hipótesis correcta es que los parámetros no son constantes ( $r^{1*}$   $j^{3(2)}$ ), se tendrá el problema que en la definición de  $\hat{e} = M^*U$ , la matriz  $M^*$  no puede ser obtenible, pues  $j^{3(2)}$  no es evaluable.

En este caso:

$$e = \begin{matrix} - X^{(1>0<1)} \\ 0 \end{matrix} \left| \begin{matrix} M_j & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right| U = M^{**}U$$

de donde se desprende que  $e'$  e dividido por  $\sigma^2$ , se distribuye chi cuadrado con un número de grados de libertad equivalente a la traza de  $M^{**}$ , que en este caso resulta  $Pi - k$ .

27. Se puede demostrar, sin mayor dificultad, que  $e'e - \hat{e}'\hat{e}$  dividida por  $\sigma^2$  se distribuye chi-cuadrado con  $p_2$  grados de libertad.

De esta manera se puede construir un valor CH, igual a:

$$CH = \frac{(e'e - \hat{e}'\hat{e})/p_2}{\hat{e}'\hat{e}/(p_1 - k)}$$

el cual seguirá una distribución F-Fisher con  $p_2$  y  $p_1 - k$  grados de libertad.

Si tal valor CH calculado resulta menor que el valor tabular, se aceptará la hipótesis de estabilidad de los parámetros estructurales.

Si por el contrario el valor calculado CH es mayor que el tabular, no se podría aceptar los estimadores únicos y por ello para predecir no se debería usar estimaciones considerando un periodo único.

En este último caso, el problema de predicción puede quedar sin solución, puesto que es imposible estimar los parámetros para el subperiodo posterior al cambio.

— Test cuando la fecha de cambio no es conocida

28. Para docimar inestabilidad de los parámetros cuando la fecha de posible cambio no es detectable, algunos de los tests se basan en el concepto de residuos recursivos, el cual es construido a partir del análisis de errores de predicción. Estos últimos se calculan:

$$u_m = y_m$$

$$\hat{u}_m = (X'X)^{-1} X'Y$$

en donde el punto (.) implica que las matrices contienen tantas observaciones como lo indica el subíndice del 0 estimado. Aquí,  $x'_m$  es el vector (fila) de los valores de la observación m para las variables exógenas y  $y_m$  es el valor observado m de la variable endógena.

29. El error de predicción estandarizado ( $W_m$ ) definido como:

$$W_m = \frac{1}{\sqrt{1 - x'_m (X'X)^{-1} x_m}}$$

es llamado residuo recursivo (algunos autores lo llaman residuo recursivo estandarizado), el cual tiene como propiedades:

$$E(W_m) = 0 \quad ; \quad \text{Var}(W_m) = \frac{1}{n}$$

$$\text{Cov}(W_m, W_j) = 0 \quad m \neq j$$

y la distribución de  $W_m$  será normal.

Con esas características se puede apreciar que, bajo la hipótesis de estabilidad de parámetros,  $W_m$  posee las mismas características de  $u_m$ ; y por ello puede ser considerando un buen estimador de éste.

Aprovechando estas características se han construido algunos tests entre los cuales se puede considerar el CUSUM y CLSUMSQ.

— Test CUSUM (Suma acumulada de residuos)

30. Brown, Durbin y Evans (citados en Harvey, 1981), plantean el siguiente algoritmo:

$$W_s = \sum_{i=k+1}^s W_i$$

$$s = k+1, k+2, \dots, n$$

en donde  $\hat{u}^2$  es el estimador insesgado de  $\sigma^2$  usando las n observaciones disponibles.

Por las propiedades de los residuos recursivos, si hay estabilidad de parámetros y si  $\hat{u}^2$  se aproxima al valor poblacional de  $\sigma^2$  entonces se puede comprobar que:

$$E(W_s) = 0$$

$$\text{Var}(W_s) = s - k$$

$$\text{Cov}(W_s, W_j) = \min(s, j) - k$$

y la trayectoria de  $W_s$  será un movimiento browniano alrededor de cero, con límites que pueden ser aproximados a:

$$W_s \approx \sqrt{s-k} \cdot Z \quad (12)$$

para todo s comprendido entre  $k+1$  y n.

En esta fórmula  $Z$  está en función del nivel de significación escogido. Por ejemplo,  $Z$  es igual a 1.143 para un nivel de significación de 1 o/o, y será igual a 0.848 para 5 o/o, e igual 0.85 para 10 o/o.

31. Si el modelo muestra signos de inestabilidad habría una tendencia a un desproporcionado número de residuos recursivos del mismo signo, lo cual será recogido por  $W_s$ , y hará que este algoritmo tome valores fuera de los límites determinados en la fórmula (12).

— **Test CUSUMSQ (Suma acumulada de cuadrados de residuos)**

32. En un intento de limitar la posibilidad de aceptar la hipótesis de estabilidad por razones casuales (debido a que los residuos tengan signos contrarios); los autores (Brown, Durbin y Evans), proponen además el siguiente algoritmo:

$$S_s = \frac{1}{n} \sum_{i=k+1}^s z_i \bar{U}_i$$

$$s = k + 1, k + 2, \dots, n$$

en donde se puede apreciar que  $S_s$  es una función monótona creciente, con límite en la unidad.

Bajo la hipótesis de estabilidad de parámetros,  $S_s$  sigue una distribución Beta (3 con parámetros  $(s - k)/2$ ), y  $(n - s)/2$ .

33. Los autores proponen fijar, bajo la hipótesis nula, límites equivalentes a una paralela a la esperanza de  $S_s$ , esto es:

$$W_w = C + E(S_s) = C + \frac{s - k}{n - k}$$

en donde  $C$  es determinado de manera que la probabilidad de que alguna de las líneas límite sea cruzada (por los valores calculados de  $S_s$ ), bajo la hipótesis nula, sea igual al nivel de significación escogido.

De esta manera, si para algún valor de  $S_s$  se supera los límites antes fijados, entonces no se aceptará que los parámetros de la función analizada son estables.

**C. Docimacia de inestabilidad de tipo continua**

34. En esta parte se debe remarcar que este problema sólo es tratable si se asume que existe una ley de formación de los parámetros a medida que cambian las observaciones. Esto último porque de no

ser así, los parámetros de la relación serían inestimables pues deberían hallarse  $n_k$ , disponiendo de únicamente  $n$  observaciones.

**Test de Farley - Hinich (F-H)**

35. El test F-H permite detectar la posibilidad de que alguno de los parámetros de la relación funcional sea inestable, y asume que el patrón de variabilidad depende del tiempo.

Para ello se plantea la relación lineal:

$$fl_t = \alpha_j + \beta_j t$$

donde  $L$  representa la variable tiempo.

Luego se introducen estas relaciones en el modelo estructural a estimar. De esta manera, la relación (1) quedaría convertida en:

$$Y = (\alpha_1 + \beta_1 t)X_1 + (\alpha_2 + \beta_2 t)X_2 + \dots + (\alpha_k + \beta_k t)X_k + U$$

36. Como el modelo cumple con los supuestos inicialmente planteados en el modelo lineal general, los parámetros estimados por la técnica de mínimos cuadrados ordinarios tendrán las características de insesgo, optimalidad y linealidad: y será posible docimar, a través de la prueba t-student, si cada  $y_j$  es significativamente igual a cero.

37. Si como resultado de la docimacia se debe aceptar que cada uno de los parámetros  $y_j$  es igual a cero, se podría concluir que cada parámetro  $P_j$  será igual a  $\beta_j$ , con lo que se estaría aceptando la hipótesis de estabilidad.

Si por el contrario algún  $y_j$  es estadísticamente diferente de cero, se podría aceptar la hipótesis que el parámetro  $P_j$  correspondiente, presenta muestras de inestabilidad, pues los parámetros estarían variando en forma continua y en función del tiempo.

D. Test de Estabilidad Temporal con Parámetros Estimados (TETPE)

38. El TETPE es un test, desarrollado por el autor del presente documento, que intenta docimar la inestabilidad individual de cada uno de los parámetros poblacionales del modelo, cuando aquella es de tipo continua.

Este test tiene el mismo supuesto implícito que el de Farley-Hinich, en cuanto al patrón de variabilidad; y recoge la base estadístico-matemática del análisis de residuos recursivos.

39. Luego de aplicar mínimos cuadrados ordinarios tomando en cuenta, sucesivamente, las primeras  $n, n-1, n-2, \dots, k+2, k+1$  observaciones; se obtendrán en cada vez los  $k$  parámetros estimados de la relación funcional.

Se define  $\beta$ , el vector de parámetros estimados considerando  $t$  observaciones ( $t \leq n$ ), y  $\beta_i$  el parámetro correspondiente a la variable  $i$  en el vector  $\beta$ .

De esta manera resultaría:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y_t$$

donde  $X_t$  y  $Y_t$  la matriz  $X$  y el vector  $Y$ , respectivamente, con las  $t$  primeras observaciones.

40. Asumiendo estabilidad de los parámetros, se podría afirmar:

$$P = P + (X_t' X_t)^{-1} X_t' U_t; \quad t = k+1, \dots, n \quad (13)$$

lo que significa que todos y cada uno de los elementos de  $p$ , son variables aleatorias, iguales a su valor poblacional, más una suma ponderada de perturbaciones independientes, de media cero y varianza constante.

De esta manera, el asumir el conjunto de relaciones funcionales representados por:

$$f_i = \delta_i + \gamma A + \sum_{j=1}^k \beta_j \cdot i = 1, 2, \dots, k \quad (14)$$

no debería mostrar ningún indicio de tendencia, por lo que sería lógico esperar aceptar

la hipótesis de que cada parámetro  $\beta_j$  sea igual a cero.

41. De aplicarse mínimos cuadrados ordinarios a cada una de las relaciones de (14), se debería permitir aceptar la hipótesis de estabilidad, esto es  $\beta_j = 0$  y  $\gamma = 0$ .

No obstante, para una correcta aplicación de los test t-student y F-Fisher,  $\beta_j$  debe seguir un proceso normal independiente de media cero y varianza constante.

Sin embargo, se puede apreciar que:

$$E(\beta_j) = 0 \quad ; \quad V_{jj}, V_{jj'}$$

$$\text{Var}(\beta_j) = \text{Var}(\beta_{j'}) \quad ; \quad s$$

$$\text{Cov}(\beta_j, \beta_{j'}) = 0 \quad ; \quad t \neq s$$

$$H^0 \sim N(\dots)$$

Ello permite afirmar que los estimadores obtenidos (g.  $\beta_j$  y  $T_j$ ), serán insesgados pero no tendrían varianza mínima, y que las varianzas atribuidas por mínimos cuadrados ordinarios subestiman la verdadera varianza de esos estimadores. Por ello los valores calculados para las pruebas t (y para la prueba F), con la hipótesis nula, resultarán sobreestimados.

42. Esta limitación importante se puede superar trabajando con estimadores Aitken o mínimos cuadrados generalizados, para lo cual es necesario conocer la matriz de covarianzas de  $U_t$ .

43. De la expresión (13) se puede afirmar:

$$\beta_j = 0 + U^* \quad (15)$$

donde  $U^*$  es un vector de orden  $k$ , en el que cada uno de sus elementos correspondería a una de las perturbaciones de las relaciones (14), cuando la hipótesis de estabilidad es correcta.

De la expresión (15) se puede obtener que:

$$\text{Var}(U^*) = \text{Var}(U) = \sigma_u^2 (X'X)^{-1}; \quad y$$

$$\text{Var}(\beta_j) = \sigma_u^2 (X'X)^{-1} \quad (16)$$



covarianza entre  $\beta_j$  y  $\beta_j$ , no es nula, si alguno de ellos refleja indicios de inestabilidad se podrá estar afectando las propiedades del otro.

### E. A manera de conclusión

48. En torno al problema de estabilidad de parámetros y a la forma como han sido tratados en este documento se pueden hacer algunas reflexiones.

49. El problema de parámetros inestables puede ser considerado como uno de especificación inadecuada, puesto que si se hubiese incorporado "alguna variable" especial, ésta hubiese captado el cambio estructural y el resto de parámetros se habrían mantenido estables y sin problemas.

Sin duda, no es posible incorporar en un modelo todas las variables que podrían recoger un cambio estructural, y que al mismo tiempo expliquen significativamente a la variable endógena en periodos en que tales cambios no ocurren.

Es en esta discusión que es necesario aclarar que la mayoría de tests para verificar parámetros estables, se utilizan para detectar problemas de especificación. Por ello, cuando se analiza estabilidad, es necesario estar seguro (o al menos convencido) que la especificación estuvo correcta, y que no existía forma de que este problema se presente.

50. Algunos de los supuestos respecto de los términos de perturbación, como aquel de varianzas constantes pueden ser puestos en tela de juicio.

La manifestación y aceptación de un cambio estructural indica la aceptación de la modificación del comportamiento de los agentes. Allí puede aceptarse que las varianzas de sus partes "no racionales" de sus respuestas se verán afectadas. En este caso el tratamiento se complicaría.

51. Finalmente, los tests desarrollados en esta parte, se han basado en un análisis econométrico clásico en el cual la técnica de mínimos cuadrados es utilizada para la estimación.

Es de remarcar, y a manera de limitación, que en este documento no se ha tratado, ni se tratarán algunas formas de

solución a este problema, que están enmarcadas fuera del análisis clásico.

## PARTE II

### ESPECIFICACION DE UNA FUNCION DE DEMANDA DE DINERO

#### A. Generalidades

1. Aun cuando el objetivo principal del presente documento, sea el de presentar algunas formas de enfocar el problema de estabilidad de parámetros, y se ha escogido a **una** función de demanda de dinero para aplicar los diferentes tests; se considera necesario hacer una breve exposición acerca de la problemática de especificación de tal variable.

Es importante remarcar que la propiedad de estabilidad en el caso de la función de demanda de dinero reviste importancia por cuanto gran parte de la efectividad de las políticas económicas adoptadas, dependerá del comportamiento de los agentes económicos en cuanto a su decisión de mantener sus saldos monetarios. Variables como producción, inflación o pérdida de reservas, pueden verse afectadas cuando hay una inadecuada predicción de la cantidad demandada de dinero.

En este sentido, si la programación monetaria se sustenta en una función de demanda de dinero, requerirá de ésta la propiedad de estabilidad, lo cual es necesario para obtener una predicción confiable.

2. Posterior a Keynes, la mayoría de economistas aceptan sus tres motivos para mantener dinero, y reconocen que el monto de dinero mantenido o deseado, depende directamente del nivel de transacciones e inversamente de los costos de mantenerlo.

Las limitaciones, o discrepancias, surgen al determinar cuáles son las mejores variables que representan estos motivos: cuál sería la variable que se asocia al nivel de transacciones y cuál representa mejor el costo alternativo de mantener dinero.

3. Pasar de la fase de conocer las causas por las que los agentes mantienen saldos monetarios a la formulación de una función de demanda de dinero estimable, requiere superar algunas dificultades, entre las que se pueden considerar:

— la determinación de la variable dinero;

— la incorporación de la dinamicidad; y

— la de adaptación de estos modelos a países en vías de desarrollo.

#### — Definición de dinero

4. El análisis de la demanda de dinero supone el tratamiento, y la búsqueda de respuestas, a qué se entiende por dinero, y cuáles son las razones por las que los agentes económicos mantienen este activo.

La respuesta a la primera pregunta está asociada a la respuesta a la segunda. Es por esta razón, que se presentan ciertos problemas al tratar de definir empíricamente el agregado que corresponde al dinero.

5. Los trabajos que se han realizado con el fin de lograr tal cometido, podrían ser agrupados en torno a dos tipos de criterios:

— los denominados "a priori", que consisten en remarcar de manera previa algunas de las funciones del dinero como las principales, y en base a ello elegir el activo, cuyas características permitan asumir que es aceptado como dinero; y

— los denominados "empíricos", que consisten en buscar una definición de dinero cuyo comportamiento resulte consistente con el comportamiento de determinadas variables económicas.

#### Incorporación de la dinámica

6. Algunas razones principales que obligan a pensar en un tratamiento dinámico de la demanda de dinero, están asociadas a:

— diferencias entre las funciones de corto y largo plazo,

— incorporación de variables anticipadas.

— efectos rezagados de la política económica.

7. Una dificultad asociada a las diferencias entre las funciones de corto y largo plazo, es la discrepancia entre la cantidad de dinero mantenido y la efectivamente deseada, lo que puede conducir a la aplicación de modelos de ajuste parcial.

Otra razón que obliga a pensar en la incorporación de aspectos dinámicos, es la existencia de variables anticipadas como explicativas de la tenencia de dinero, las cuales son "no observables" y requieren que se les asuma una ley estable de formación, una de las cuales es la de expectativas adaptativas.

Una tercera razón para introducir la dinámica en modelos económicos, proviene de los rezagos de los efectos de la política monetaria. Este tipo de análisis supone que una variación del stock de dinero, es susceptible de afectar variables, tales como el ingreso o el nivel de precios con un cierto rezago; además, las modificaciones de estas variables influyen sobre la demanda nominal de dinero. Normalmente tal análisis es más válido en modelos económicos complejos, que en aquellos de una sola ecuación.

— Determinantes de la demanda de dinero para economías en vías de desarrollo

8. El intentar elaborar una función de demanda de dinero para países en vías de desarrollo (PVD), hace necesario adaptar la teoría a la realidad de este tipo de países.

9. Dado que los mercados de capitales no son desarrollados, resulta no tan relevante incluir más de una variable costo, sino solamente aquella que refleje mejor el costo alternativo de mantener dinero. Por otro lado, dada la estrecha relación entre ingreso y riqueza, y las dificultades para conseguir información confiable respecto de esta última, resulta poco conveniente incorporar las dos variables como explicativas.

De esta manera, es aceptado casi sin mayores controversias, que en los PVD, la cantidad demandada de dinero de-

pende de una variable escala y de una variable que resuma el costo anticipado por mantener dinero.

10. La relación entre el ingreso (o su proxi) y la cantidad mantenida de dinero dependerá de lo que aquella variable represente de los motivos por los que los agentes mantienen saldos monetarios.

Se puede aceptar que existe una relación directa y estable entre el ingreso y el nivel de transacciones, por lo que esa variable puede recoger el motivo transacción.

Existen vínculos entre la cantidad de dinero mantenida por el motivo especulación y la variable ingreso. Un aumento en el ingreso, origina una tendencia a aumentar la cantidad de dinero demandado, lo que se explica por la existencia de muy pocos activos líquidos en estos países que determina que los servicios de liquidez sean brindados básicamente por el dinero.

En lo concerniente a la demanda por motivo precaución, se puede esperar (en los PVD) que cuando el ingreso (real) disminuya la cantidad deseada por este motivo aumente. Esto se puede explicar, entre otras razones, por las imperfecciones del mercado financiero que no provee la información necesaria sobre la existencia de activos cuasi-líquidos y relativamente seguros; la inestabilidad económica que conduce a un temor por el futuro; la incapacidad del sistema de seguridad social para asegurar salud y alimentación a personas de bajo ingreso y a jubilados.

La suma ponderada de los tres motivos, en relación al ingreso, hará esperar que la relación entre esta variable y el dinero demandado sea positiva, aunque no proporcional.

11. El costo alternativo del dinero es determinado por el rendimiento de un activo sustituto del dinero, aquel que resultara' el más alto.

Dado que en los PVD, el sistema financiero es incipiente y existe información imperfecta, normalmente se selecciona un activo "promedio" cuyo rendimiento es la tasa de interés bancaria.

Por otro lado en estos países se manifiestan dos problemas económicos: altas y continuas tasas de inflación y deva-

luación.

El valor anticipado de alguna de estas variables puede ser considerado como costo, en la medida en que se incorpore como sustitutos del dinero, de manera alterna, bienes físicos, o algún activo denominado en moneda extranjera.

En estos países, la tasa de interés formal (la que toma en consideración el sistema financiero), habitualmente es una variable controlada, sus variaciones no reflejan el comportamiento de los agentes económicos, sino de decisiones de orden político. Algunos autores (Wong 1977, entre ellos), afirman que la tasa de interés relevante para explicar la demanda de dinero, es aquella que es determinada en mercados no organizados; y que los vínculos entre mercados organizados y no organizados, se manifiestan a través de la disponibilidad de crédito.

En síntesis, existe una gama de posibilidades para escoger la variable costo anticipado y es más difícil determinar una de entre ellas dado que en distintos lapsos se va alternando aquella de más alto rendimiento.

12. En economías menos desarrolladas, es útil considerar diferentes aspectos tanto del rol del dinero en la economía, como de los mecanismos con que opera el mercado monetario.

Estos aspectos reflejan algunos elementos que deben tomarse en cuenta para ponderar las conclusiones que pudieran obtenerse de trabajos que intentan estimar funciones de demanda de dinero.

13. Se puede señalar la manifestación de transacciones mercantiles realizadas algunas con dinero, otras sin él. Es decir, se puede encontrar dos sectores netamente diferenciados, tanto en tiempo como en espacio: un sector, que se podría definir monetizado, en que el dinero es usado en todos sus aspectos (medio de cambio, unidad de cambio, y reserva de valor); y un sector no monetizado, en cuyo ámbito se desarrollan, de manera importante dos conjuntos de actividades económicas; el autoconsumo, que no tiene necesidad de dinero para efectuar la transacción, y el trueque.

14. Por otro lado, el rol del dinero

puede ser analizado en el contexto del proceso productivo, y bajo las condiciones de escaso desarrollo del mercado de capitales y represión financiera, entre otros.

En tales circunstancias, los agentes económicos —empresas— definen su demanda de dinero, en base a las funciones que de él pueden obtener, y considerando las posibilidades efectivas de acceso al mismo.

En el primer aspecto, el dinero es entendido como elemento complementario al proceso de producción, y será demandado para efectuar pagos adelantados, gastos corrientes, cancelación de deudas y necesidades no anticipadas de liquidez. Ello determina que su demanda, no necesariamente sea definida en el marco de una decisión de cartera entre diferentes activos, ya que el costo alternativo de mantener dinero —el rendimiento neto de los otros activos— no es comparable con el "beneficio" generado de los gastos efectuados con él, que serían gastos necesarios para la producción. En base a esto, las firmas decidirán básicamente sus necesidades de dinero tomando en cuenta el tipo de gasto y la fuente apropiada de financiamiento.

15. Este tipo de análisis, supone un tratamiento distinto del problema de la demanda de dinero. En este caso el crédito se convierte en un componente importante de la cantidad demandada de dinero, y en la definición del mismo habría que considerar parte de los activos (y no únicamente los pasivos) del sistema financiero.

Además, el dinero al convertirse en un factor de producción, debe ser considerado como complementario al capital, y no un bien sustituto, como lo es en tratamiento tradicional.

## **B. Formulación empírica para el caso de la economía peruana**

16. En este acápite se presenta una función de demanda de dinero para la economía peruana. Para ello, se resume el proceso de determinación de variables y de estimación de una función de demanda de dinero de corto plazo, elaborada por el autor en un trabajo previo (1986).

En ese documento, se intentó encontrar primeramente una definición apro-

piada de dinero, para la economía peruana. Luego, se discutió respecto de las variables explicativas relevantes, tratándose de manera especial el problema de formación de variables anticipadas. Finalmente, se procedió a la estimación de una función de corto plazo, asumiendo la hipótesis de ajuste parcial, para periodos trimestrales comprendidos entre el segundo trimestre de 1976 y el segundo trimestre de 1985.

Como en la mayoría de trabajos empíricos realizados sobre la materia, se asumió una función logarítmica que permita estimar directamente la elasticidad ingreso de la demanda de dinero.

### — Definición de dinero

17. Utilizar criterios a-priori, para determinar el agregado apropiado para utilizarse como dinero en la estimación de una función de su demanda, supone el conocimiento de la economía para poder asociar las funciones del dinero a determinado agregado monetario.

De acuerdo a su aceptación como medio de cambio, el circulante debería ser el único activo incluido en la definición de dinero.

La liquidez es otra de las características "exigidas" en todo agregado monetario que represente bien al dinero. La facilidad, en términos de costo y tiempo, en que puede ser convertido en medio de aceptación general determinan el grado de liquidez. En este sentido, y de acuerdo a las características de la economía peruana, M2 (circulante + depósitos a la vista + depósitos a plazo), podría ser una definición adecuada de dinero.

Entre los trabajos que han intentado hallar la definición de dinero con criterios empíricos, se puede mencionar el de González (1985). Allí, se parte de la hipótesis de que todo activo es potencialmente convertible en un medio de pago; y que las transacciones tienen un costo en términos de tiempo y pérdida de valor nominal (castigo o redescuento), o pérdida de intereses. Ello define un grado de sustituibilidad entre los activos.

Utilizando funciones de utilidad; sobre la base de los trabajos de Chetty,

los resultados empíricos reflejaron que se puede incluir hasta depósitos a plazo en moneda nacional, dentro del dinero, bajo el criterio de un relativamente alto grado de sustitución.

Por estas dos razones se aceptó, y se aceptará en este trabajo, que la definición apropiada de dinero podría ser M2.

— **Elección de las variables explicativas**

18. Asumiendo que existe cierta constancia en los patrones de gasto de los agentes económicos, se puede aceptar que la relación es constante entre el nivel de transacciones y el nivel del PBI, y que por lo tanto, a carencia de información sobre la primera variable, se puede aceptar que la segunda es una buena proxy de la primera.

19. Entre las variables costo, se tiene un conjunto de variables que pueden ser consideradas de manera alternativa en la explicación de las tenencias de dinero para la economía peruana en el periodo analizado.

Entre ellas: la tasa de interés, una variable-proxy de la tasa de interés en el mercado informal (siguiendo a Wong (1977), se usó el cociente entre el crédito interno neto al sector privado y el producto), la tasa de inflación esperada, y la devaluación esperada.

20. Para escoger una de las cuatro variables costo opcionales, se decidió a manera de referencia, analizar cual de ellas es la que incorpora más a la explicación de la demanda de dinero, en un tratamiento ex-post. De los resultados estadísticos se desprende que la variable-costo relevante podría ser la inflación.

21. La siguiente dificultad radica en anticipar la variable costo. Se hacía necesario incorporar un mecanismo de formación de expectativas de la inflación. Se adoptó, a pesar de las limitaciones, la hipótesis de expectativas adaptativas.

En este sentido, resultaba:

$$\pi_t^e = \sum_{i=0}^2 X (1-X)^i \pi_{t-i} ; 0 < X < 1$$

Dado que en economías como la nuestra, el valor de X se aproxima a la unidad, el número de rezagos que deberían incluirse en la determinación de la inflación anticipada debe ser limitado.

22. De esta manera, se podría separar el proceso, tratando inicialmente de hallar un valor de X, y posteriormente el número de rezagos apropiado.

De otro lado, de asumir el proceso completo de anticipación adaptativa, genera una sobreidentificación del modelo estimable, lo mismo que una mayor dificultad en cuanto al tratamiento de la perturbación econométrica que, en ese caso, ya no sería un "ruido blanco".

23. De acuerdo a los resultados obtenidos por el autor en un trabajo previo (1988), con un tratamiento similar al usado por Nugent y Glezakos (1982), se adoptó un X equivalente a 0.9, un número de rezagos equivalente a 4 y una formulación de Koyck truncado.

— **Estimación**

24. Con todas las variables definidas, se procedió a estimar una función de demanda por dinero para el corto plazo, con la hipótesis de ajuste parcial. Por ello, una de las variables explicativas resulta ser la variable endógena en su periodo anterior.

Se regresionó una forma funcional logarítmica, con datos trimestrales comprendidos entre el segundo trimestre de 1976 y el segundo trimestre de 1985, obteniéndose los siguientes resultados

Mj

$$\log y_t = -0.0602 + 0.21152 \log Y_t + (-0.0848) (1.3709) - 0.00705 \pi_t^e + 0.78822 \log(p)_{t-1} + (-2.2358) (7.3701)$$

25. De allí, se pueden efectuar algunos comentarios:

a. El coeficiente de determinación indica que en aproximadamente 90 por ciento, las variaciones en la cantidad de dinero deseada, son explicadas por las variables elegidas, en la forma funcional escogida.

b. A un 99 o/o de confianza, el valor F calculado, no permite aceptar que todos los parámetros sean nulos. Esta prueba se ha realizado luego de eliminar el efecto del intercepto.

c. El valor-t calculado para el parámetro de la variable rezagada, es mayor que el tabular a un 99 o/o de confianza, por lo que no se puede aceptar que este parámetro sea igual a cero. En realidad, no se acepta que el coeficiente de ajuste entre la cantidad deseada y cantidad mantenida es igual a la unidad. Igualmente, resulta interesante docimar la hipótesis que el coeficiente poblacional de ajuste sea igual a cero, con lo cual los agentes no modificarían su stock mantenido de dinero. En este caso, el valor-t calculado sería aproximadamente 2, lo que tampoco permite aceptar esta hipótesis, aunque a un nivel de confianza un poco menor (poco menos de 97.5 o/o).

d. El valor-t calculado para el parámetro de la inflación anticipada (2.24), no permite aceptar que ese parámetro poblacional sea igual a cero, con un nivel de confianza de aproximadamente 99 o/o.

e. El valor-t obtenido para el parámetro del producto obligaría a bajar el nivel de confianza a 90 o/o, para no aceptar la hipótesis que la variable escala fue inapropiadamente escogida para explicar las tenencias mantenidas de dinero; y se puede aceptar que el intercepto es poblacionalmente igual a cero. Este resultado es esperado por cuanto se ha estimado una función trimestral.

f. Los signos de los parámetros estimados coinciden con los valores teóricamente esperados.

El coeficiente de ajuste entre la cantidad deseada y la cantidad mantenida de dinero, resulta aproximadamente igual a 0.21 (1-0.79), lo que implica que en el costo plazo los agentes económicos

mantendrán tenencias bastante inferiores a las que desearían.

El costo alternativo de mantener dinero, medido por la inflación anticipada, ejerce una presión negativa sobre las tenencias reales de dinero. A manera de ejemplo un aumento en 10 puntos en la tasa anticipada de inflación, *ceteris paribus*, determinaría que los agentes desearan mantener, aproximadamente 3.3 o/o menos en saldos monetarios. No obstante, por motivos de ajuste parcial disminuirían sus saldos mantenidos en solamente 0.7 o/o.

La elasticidad ingreso de la demanda por dinero estimada es 0.21, lo que representa que en el corto plazo, por un crecimiento de 10 o/o en el producto, la cantidad mantenida de dinero se incrementa en 2.11 o/o. En el largo plazo entretanto, la elasticidad producto estaría alrededor de la unidad. Esto último representa que la velocidad de circulación podría ser considerada como constante en el largo plazo. Ello porque un crecimiento en el producto, determinaría un incremento por similar tasa en la cantidad deseada de dinero.

### C. A manera de conclusión

26. En la presente parte se ha intentado determinar una función estimada de demanda de dinero para la economía peruana, con el fin de poder aplicar los tests de estabilidad desarrollados en la primera parte.

27. No obstante, habría que remarcar algunas limitaciones importantes de esta formulación:

a) No se lia realizado un trabajo exhaustivo en la búsqueda de una definición de dinero para la economía peruana.

b) Cuando se decidió que la variable inflación anticipada era la variable costo, se escogió que la ley de formación era la de expectativas adaptativas. Esta hipótesis simple, puede no tener gran fuerza en economías donde la inflación ha alcanzado niveles altos.

c) Se ha evitado tratar (o se han hecho supuestos implícitos fuertes sobre) problemas importantes, como pueden ser la existencia de mercados segmentados y de

restricciones de acceso al crédito, o el grado de monetización de la economía.

Esas limitaciones, sin embargo, no afectan en demasía al presente trabajo, por cuanto uno de los objetivos era el de disponer de una función de demanda de dinero, y no de obtener la función de demanda de dinero. Para ello, el objetivo perseguido ha sido satisfecho.

### PARTE III

#### APLICACION DE LOS TESTS DE ESTABILIDAD 1

##### A. Presentación

1. El objetivo del presente capítulo es aplicar algunos de los tests explicados en la Parte I, a la función estimada de demanda de dinero para la economía peruana, que fuera desarrollada en la Parte II, con la finalidad de extraer conclusiones acerca de la estabilidad de los parámetros poblacionales de esa función.

No obstante, en esta parte no se pretende enfatizar en el análisis económico, sino más bien en el estadístico y económico. Por ello las hipótesis respecto a la estabilidad de parámetros, serán claramente expresadas y se intentará a través del uso de instrumental apropiado verificarlas o rechazarlas.

2. Básicamente se intenta responder a dos preguntas:

a) Los dos últimos cambios de gobiernos significaron sustanciales modificaciones en la orientación de la política económica que puedan hacer sospechar que la función de demanda de dinero no goza de la propiedad de estabilidad ; y

b) Existen tendencias que hagan suponer que los parámetros de la relación estructural se modifican de manera continua

##### B. Inestabilidad global y discreta

3. Aquí se busca aplicar los tests correspondientes para responder a la primera pregunta. Por ello se aplicará inicialmente el Test de Chow asumiendo que las fechas de cambio fueron las de cambio de gobierno. Posteriormente, se tratará el caso en que en algún subperiodo no haya suficientes grados de libertad.

##### — Test de Chow

4. Para construir las pruebas que permitan docimar la hipótesis antes mencionada, se realizaron regresiones que cubrían los subperiodos siguientes:

a) Segundo trimestre 1976 - tercer trimestre 1980.

b) Cuarto trimestre 1980 - segundo trimestre 1985.

c) Tercer trimestre 1985 - segundo trimestre 1987.

d) Segundo trimestre 1976 - segundo trimestre 1987.

Desde el punto de vista estadístico, cada uno de los resultados muestra que los valores-t calculados no son muy buenos; pero en este caso, es de remarcar que el objetivo es docimar la estabilidad de los parámetros de la función; y que en caso de no aceptar la hipótesis de estabilidad, los parámetros serían sesgados, y por lo mismo las docimacias individuales estarían alteradas.

5. La suma de los residuales, bajo la hipótesis de que los parámetros son diferentes de cada subperiodo, resultó 0.12183 que dividida por  $aj$ , se distribuye chi-cuadrado con 32 grados de libertad.

Por otro lado, si se asume que hay estabilidad en todo el periodo de análisis la suma de los residuales se ve: 0.26893, que se asocia a 40 grados de libertad.

6. De esta manera, se puede obtener el valor calculado del test de Chow equivalente a 4.82968, el cual es superior al F-tabular al 99 o/o de confianza (aproximadamente 3.13).

Este resultado no permite concluir que haya habido estabilidad a lo largo de todo el periodo de análisis, y que los

(1) Las regresiones necesarias para las pruebas de hipótesis de esta parte se encuentran en CORTI Z (1988).

cambios de gobierno pueden representar fechas a partir de las cuales el comportamiento promedio de los agentes tenedores de saldos monetarios reales, se modificó sustancialmente, lo que afectó a los parámetros de la función.

— **Insuficiencia de grados de libertad: Test de Fisher**

7. En el análisis anterior, los resultados del último subperiodo, manifiestan signos de los parámetros estimados contrarios a los teóricamente esperados.

Una de las causas de estos resultados, podría ser la insuficiencia de grados de libertad (solamente cuatro), que haría que el programa de minimización de la suma de los errores al cuadrado, se aproxime más a un programa matemático que a uno econométrico.

Por esta razón se decidió aplicar el test de Fisher, para analizar un cambio en los parámetros a partir del tercer trimestre de 1985.

8. Bajo la hipótesis de estabilidad durante todo el periodo, la suma de los cuadrados de los errores no explicados por la regresión sería 0.26983.

9. Si se asume que los parámetros se pueden haber modificado a partir de la fecha determinada, se calcularía la regresión solamente para el subperiodo (76.2 - 85.2), no realizándose para el subperiodo restante, por considerarse insuficientes los grados de libertad. En este caso, la suma de los cuadrados de los errores resultaría 0.14695, que se asociaría a 33 grados de libertad.

10. Con esta información se obtiene el valor calculado del test de Chow para docimar la estabilidad de los parámetros entre los dos subperiodos, equivalente a 3.91323, valor que resulta superior a los valores-F tabulares al 95 y 99 o/o de confianza (alrededor de 2.30 y 3.23 respectivamente), con lo que la hipótesis de estabilidad tampoco sería validada.

C. Inestabilidad continua

11. En este acápite se intenta evaluar si individualmente los parámetros pobla-

cionales manifiestan indicios de inestabilidad continua de tipo tendencial, asociada a variaciones temporales.

Para lograr tal cometido, se aplicará el test de Farley y los que se derivan del análisis del TETPE.

— **Test Farley - Hinich - Guire**

12. Aquí se formularon algunas hipótesis:

— Sólo el coeficiente del PBI no es constante.

— Sólo el coeficiente de la inflación anticipada no es constante.

— Sólo el coeficiente del rezago no es constante.

— Todos los coeficientes son no constantes.

13. Las 4 regresiones necesarias para poder aplicar el test de Farley siguen la forma general:

$$m_2 = 5_0 + 6_1 Y + 6_2 i T^e + 5_3 m_2(-1) + 7_0 t + 7_1 t Y + 7_2 t r^e + 7_3 m_2(-1) + u$$

en que en algunos casos, en función de las condiciones planteadas, se asume a priori que algunos de los valores  $y$  son cero.

14. En base a los resultados obtenidos, se pueden formular algunos comentarios:

a) Si se considera la posibilidad de que todos los parámetros sean simultáneamente inestables, los valores-t calculados resultarían: 0.23211, -0.61021, 0.90251, 0.60962; los cuales son todos inferiores al valor-t tabular con 36 grados de libertad, por lo que se podría concluir que ninguno de los parámetros poblacionales muestra signos de tendencia.

b) Si se considera la posibilidad de que uno solo de los parámetros sea inestable, el valor-t calculado para el parámetro 7 en cada ecuación, resulta inferior al valor tabular; lo que obligaría a aceptar que cada uno de los parámetros es estable.

15. Las conclusiones que se pueden extraer dan la impresión de parámetros estables o no tendenciales a lo largo del periodo analizado. No obstante, en un trabajo previo el autor extraía resultados apa-

rentemente contradictorios en el periodo que abarcaba hasta el segundo semestre de 1985.

La no contradicción se puede explicar desde el punto de vista estadístico-económico. Hasta el segundo trimestre de 1985 se puede encontrar una cierta relación entre el parámetro de la inflación y el tiempo. A partir de esta fecha, probablemente por modificaciones en el énfasis de la conducción de la política económica, esta relación puede haber disminuido o verse alterada. De esta manera cuando se toma en cuenta el periodo completo (76.2-87.2) no se visualiza la relación detectada en el primer subperiodo.

### Test TEPTE.

16. El objetivo del presente test es el de comprobar si existe alguna relación, estadísticamente válida, entre las variaciones de los parámetros, resultado de incrementar en una observación el tamaño de la muestra, y los cambios en la variable tiempo.

Es decir, se intenta evaluar si individualmente, los parámetros poblacionales manifiestan una tendencia temporal. Esta docimacia se basa en sus estimadores, bajo el supuesto implícito que éstos son insesgados de aquellos.

17. Para obtener la "serie" correspondiente a cada estimador, ha sido necesario efectuar regresiones utilizando muestras que comienzan, todas en 76.2 y que van modificando su tamaño al incrementar una observación adicional, hasta llegar a la fecha 87.2.

Para evitar los problemas que se pueden generar en los estimadores, cuando la muestra es demasiado pequeña, o cuando los grados de libertad son insuficientes, en la "serie" se han considerado únicamente los valores de los parámetros estimados que corresponden a fechas posteriores al primer trimestre de 1980.

Tal como se manifestó en la primera parte, las conclusiones en lo relativo al uso del TETPE, deben ser tomadas con cautela, porque aun en el caso de que la hipótesis de estabilidad de los parámetros estructurales fuera cierta, las perturbaciones de las relaciones que se han estimado presentan problemas con la estructura de covarianzas.

18. Para solucionar ese problema, se ha aplicado Mínimos Cuadrados Generalizados, corrigiendo los datos de acuerdo a lo especificado en la primera parte del presente documento.

De manera complementaria se ha aprovechado para docimar la posibilidad de un cambio discreto.

19. En el caso de docimar únicamente inestabilidad continua, se pueden hacer algunos comentarios:

a) Los parámetros asociados a la inflación anticipada y al producto, presentan unos valores-t calculados que son inferiores a los tabulares. De esta manera, no se puede aceptar que los parámetros estructurales sean estables. Tampoco se puede aceptar que la fuente de inestabilidad sean las variaciones temporales.

Los valores Durbin calculados caen en zona en la que no se puede afirmar que exista autocorrelación en las perturbaciones de la relación que se ha estimado para aplicar el TETPE.

b) El intercepto podría estar manifestando algunos signos de inestabilidad, por cuanto el valor-t calculado para el "tiempo" es ligeramente superior que el tabular a 98 o/o de confianza.

c) El parámetro asociado al rezago presenta los valores-t apropiados para afirmar que es estable. No obstante, se debe tener cuidado pues el valor Durbin nos indica que puede haber autocorrelación negativa.

20. Si de manera simultánea se quiere docimar la hipótesis de un cambio discreto, se obtienen los resultados que se pueden resumir en:

a) Los parámetros del producto y de la inflación anticipada, presentan claros indicios estadísticos por los que se puede afirmar que ambos recogen los efectos de un cambio discreto, generado por el cambio de conducción de la política económica en julio de 1985.

b) El intercepto podría haber recogido también el efecto de un cambio discreto. No obstante mantiene la variación tendencial que se manifestó en el aná-

lisis del párrafo anterior.

c) El parámetro del rezago mantiene su característica de estabilidad, aunque se puede considerar que también recoge el efecto del cambio discreto.

d) En ninguna regresión el valor Durbin calculado indica la posibilidad de un proceso autorregresivo para las perturbaciones.

#### D. A manera de conclusión

21. La aplicación de los tests destinados a docimar un cambio discreto, muestran que puede existir un comportamiento diferenciado de los tenedores de saldos monetarios, y que la fecha o las fechas de cambio, pueden ser los cambios de gobierno. Con ello se estaría verificando que a lo largo del periodo de análisis, las respuestas de los agentes ante un mismo estímulo, se modifica en promedio a lo largo del tiempo.

22. La posibilidad de tendencia temporal de los parámetros no es detectada, de manera contundente por el test de Farley.

Sin embargo, se puede afirmar que la tendencia no se manifiesta sobre la totalidad del periodo, aunque sí podría reflejarse sobre algún subperiodo.

23. El TETPE detecta que los parámetros son sensibles al cambio en la dirección de la política manifestada a partir del segundo semestre de 1985.

Igualmente se puede aceptar que el parámetro del rezago es básicamente estable, y que sobre los parámetros asociados a la inflación anticipada y al producto, es difícil establecer una conclusión estadísticamente contundente.

#### CONSIDERACIONES FINALES

1. En el análisis econométrico, uno de los supuestos implícitos es que los parámetros poblacionales gozan de la propiedad de constancia a lo largo de todo el ámbito del análisis. Ello representa que los parámetros deben ser estables.

Este supuesto es necesario para que la aplicación de la técnica de mínimos cuadrados-ordinarios proporcione estimadores

que puedan ser utilizados, sin mayores inconvenientes, en la verificación de si una determinada variable explica el comportamiento de otra (docimacia), y en el análisis de las consecuencias de que esa determinada variable tome un valor sobre la otra (predicción).

En síntesis, que la relación estimada pueda aportar elementos sólidos en la elaboración de política económica.

En este sentido el presente documento intenta explorar los diferentes métodos y técnicas que permitan verificar o rechazar la hipótesis de estabilidad de los parámetros.

2. Una limitación importante que es necesario remarcar, es que el problema de estabilidad se puede confundir con un problema de especificación inadecuada. Es por ello que todo tratamiento sobre estabilidad de parámetros, debe considerar que existe una especificación adecuada y viceversa.

3. Esta última consideración es importante por cuanto es difícil especificar una función de demanda de dinero para economías en vías de desarrollo.

No obstante, la Parte II ha concluido con la estimación de una función de demanda de dinero de corto plazo para el Perú.

En el proceso de obtención prácticamente no se ha considerado el posible impacto de ciertas características como:

— La existencia de mercados de capitales poco desarrollados

— La manifestación de un alto porcentaje de transacciones no monetarias que se realizan en la economía.

— La presencia de mercados paralelos

— Algún tratamiento refinado de formación de expectativas.

— Algunas restricciones al acceso al crédito.

Estas características pueden estar motivando que algunos de los tests detecten que los parámetros son inestables.

4. Los tests aplicados en la tercera parte, permiten formular dos comentarios:

Se pueden presentar al menos dos subperiodos, en los que se puede apreciar comportamientos diferenciados de los

agentes económicos. Estos podrían estar asociados a los cambios de gobierno.

- El TETPE presenta algunas posibilidades de tratamiento del problema que pueden ser aún exploradas.

5. Finalmente, este trabajo puede

servir de base para nuevas investigaciones algo más exhaustivas desde el punto de vista del acontecer económico, y puede aportar en la medida que ilustra de una forma de abordar este problema económico.

## BIBLIOGRAFIA

- ADEKUNLE. "The demand for money: Evidence from developed and less developed economies". En: IMF Staff Papers, 1968. Vol. XV, No. 2, pp. 220-266.
- BAUMOL. "The transactions demand for cash: An inventory theoretic approach". En: *Quarterly Journal of Economics*, 1952.
- BOLONA. "Extensiones al modelo lineal de regresión múltiple: El caso de las variables ficticias y de los polinomios segmentados". CIUP i 1975, Serie Monografías No. 2, Lima.
- CORTEZ. "Elements d'une théorie de demande de monnaie pour les pays en voie de développement: Application à l'économie péruvienne". Mémoire de D.E.A., Toulouse, 1983.
- . "Evaluation de la estabilidad de la demanda de dinero para la economía peruana". Doc. VIII Reunión Latinoamericana de Econometría, San José, Costa Rica, 1988.
- CHOW. "Test of equality between sets of coefficients in two linear regressions". En: *Econometrica*, 1960, Vol. 28, pp. 591,605.
- . "On the long run and short run demand for money". En: *Journal of Political Economics*, 1966, Vol. LXXIV, No. 2, pp. 111-131.
- DUFOUR. "Generalized Chow tests for structural change: A coordinate-free approach". En: *International Economic Review*, 1982, Vol. 23, No. 3, pp. 565-575.
- . "Recursive stability analysis of the demand for money during the German hyperinflation". Departamento de Ciencias Económicas Universidad de Montreal, marzo 1983 47 pp.
- . "Recursive stability analysis of linear regression relationships". En: *Journal of Econometrics*, 1982 pp. 31-76.
- FARLEY-HINICH. "A test for a shifting slope coefficient in a linear model". En: *Journal of the American Statistical Assoc.*, 1970. Vol. 65, pp. 1320-1329.
- FARLEY, HINICH y GUIRE. "Some comparisons of test for a shift in the slopes of a multivariate linear time series models". En: *Journal of Econometrics*, 1975, Vol. 3, No. 3, pp. 297-318.
- FEIGE. "Expectation and adjustment in the monetary sector". En: *American Economic Review: Papers and proceeding of the 79 Annual Meeting*. 1977, Vol. 57, pp. 462-73.
- FISHER. "Test of equality between sets of coefficients in two linear regressions: An expository note". En: *Econometrica*, marzo 1970, Vol. 38, No. 2, pp. 361-66.
- FRIEDMAN. A quantity theory of money: A restatement". En: *Studies in the quantity theory of money*. Ed. M. Friedman, 1973.
- GARBADE. "Two methods for examining the stability of regression coefficients". En: *Journal of the American Statistical Association*. Marc, 1977, Vol. 72, No. 357, pp. 54-73.
- GHATAK SUBATRA. "Monetary economics in developing countries". The McMillan Press Ltd., 1981.
- GOLFELD. "The demand for money revisited". En: *Brooking Papers on Economic Activities* 1973, pp. 577-638.
- GONZALEZ, "Definición de Dinero". Documento interno BCRP, 1985.
- GUSTAFSON. "Testing unstable econometric models for stability: An empirical study". En: *Journal of Econometrics*, 1973, Vol. 8, No. 2, pp. 193-201.
- HARVEY. "The econometric analysis of times series". Oxford, 1981.
- JOHNSTON. "Metodos de econometría". New York, Ed. Mc Graw-Hill, 1977.
- JUDD y SCADDING. "The search for a stable money function: A survey of the post-1973 literature". En: *Journal of Economic Literature* 1982, Vol. XX, No. 3, pp. 993-1023.
- LAIDLER. "La demanda de dinero: Teorías y evidencia". Barcelona Bosch, 1972.
- MADDALA. "Econometrics". New York, Ed. McGraw-Hill, 1977.
- NUGENT y GLEZAKOS. "Phillips Curves in developing countries: The Latin American Case". En: *Economic Development and Cultural Change*, 1982.
- TOBIN. "The interest-elasticity of transactions demand for cash". En: *The Review of Economics and Statistics*, 1956, Vol. XXXVIII, No. 3, pp. 241-47.
- WONG. "Demand for money in developing countries: Some theoretical and empirical results". En: *Journal of Monetary Economics*, 1977, Vol. 3, No. 1, pp. 59-86.