

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**PRUEBA PSY PARA BURBUJAS MÚLTIPLES
APLICADA A LA INFLACIÓN**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN ECONOMÍA

PRESENTA

VALERIA DURÁN RUBIO

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. DANIEL VENTOSA-SANTAUlàRIA

MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE, 2014

Índice general

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos | 5 |
| 1. Introducción | 6 |
| 2. Herramientas estadísticas alternativas | 9 |
| 2.1. Raíces Unitarias | 10 |
| 2.2. La prueba Dickey-Fuller | 11 |
| 2.3. Otras pruebas | 12 |
| 2.4. Una posible interpretación | 17 |
| 3. Modelo teórico | 20 |
| 3.1. Prueba de Phillips et al. | 20 |
| 3.2. Mejoras con respecto a pruebas anteriores | 23 |
| 3.3. Metodología | 23 |
| 4. Datos | 25 |
| 4.1. Objetivo de Inflación | 27 |
| 5. Resultados | 30 |
| 6. Conclusiones | 35 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 2.1. Distribuciones del ADF y GSADF | 15 |
| 3.1. Distribuciones asintóticas | 22 |
| 3.2. Secuencias de las muestras y variaciones de la ventana | 22 |
| 4.1. Serie del INPC | 25 |
| 4.2. Serie del INPP | 26 |
| 4.3. Serie de los precios subyacentes | 27 |
| 5.1. Resultados gráficos de la prueba GSADF en el INPC | 31 |
| 5.2. Resultados gráficos de la prueba GSADF en el INPP | 33 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| 2.1. Literatura para detectar comportamientos explosivos. | 16 |
| 5.1. La prueba GSADF para el INPC mensual. | 30 |
| 5.2. La prueba GSADF para el INPP mensual. | 30 |
| 5.3. La prueba GSADF para la Inflación Suyacente. | 31 |
| 5.4. Periodos <i>tibiamente</i> explosivos en el INPC | 32 |
| 5.5. Periodos <i>tibiamente</i> explosivos en el INPP | 34 |

Agradecimientos

Antes que a nadie, agradezco a mis padres por todas sus enseñanzas y consejos, por compartir los maravillosos seres que son conmigo. En particular, a mi madre, Marta, por siempre haber sido un ejemplo de perseverancia, tenacidad y decisión; a mi padre, Salvador, por ser un ejemplo de templanza, bondad y respeto. A mi hermano, Salvador, por ser compañero y confidente de grandes experiencias, por compartir sus palabras y su silencio siempre que han sido necesarios, y por ser mi mejor compañero de risas. A los tres por ser un pilar en mi vida y siempre mantener firme su confianza en mí, sin su apoyo y cariño mis logros no estarían completos.

Agradezco a todas las personas que han contribuido de distintas formas a lo largo de mi carrera. Gracias a mi abuelita Martha por su amor constante, a mi tío Carlos por su incesante preocupación en mí, a Silvia por su ayuda incondicional y sus pláticas siempre enriquecedoras, a Carlos por no dejarme ir y ser mi mejor fortuna, por ser mi compañero en los mejores momentos y mi soporte en los malos. ¡Gracias por haberme dado el mejor regalo de mi vida! A todos mis amigos fuera del CIDE por ser mi mejor refugio, por siempre escucharme y compartir su alegría, gracias por ser mi segunda familia. A mis compañeros y amigos del CIDE, por ayudarme a ser una mejor persona y profesionalista, gracias por su tolerancia y apoyo, mi más grande aprendizaje en esta etapa se los debo a ustedes.

Agradezco a Daniel Ventosa por haber sido una guía a lo largo de este trabajo, por su paciencia y comprensión. Por haberme brindado su mejor consejo en los tiempos difíciles, sin duda he aprendido mucho de usted como profesor, jefe y, sobre todo, como persona. Les agradezco a mis lectores por sus comentarios invaluable y a cada uno de los profesores que dedicaron tiempo y esfuerzo para transmitirme sus conocimientos. Particularmente, agradezco a Fausto Hernández como profesor y tutor, por todas las conversaciones y consejos, y por compartir con entusiasmo su amplio conocimiento, sin duda aprendí mucho de ti.

Capítulo 1

Introducción

En el caso de varios países desarrollados y en vías de desarrollo, la política monetaria sigue el esquema de Objetivos de Inflación, a través del cual busca que los choques a la inflación no tengan efectos persistentes en el nivel de precios. No obstante, el comportamiento de la inflación en México desde la adopción de dicho esquema ha tenido aumentos abruptos que no han sido absorbido tan rápidamente como lo sugiere la teoría. Esto nos lleva a pensar que el índice de precios tiene un comportamiento *tibiamente* explosivo, es decir, las desviaciones entre la inflación observada y el objetivo impuesto por el Banco Central exhiben un alto grado de persistencia.

En general, el grado de persistencia en la inflación puede ser reflejo del grado de persistencia de los choques mismos o de los factores estructurales en la economía, como lo son la formación de expectativas, el tipo de régimen monetario adoptado por el Banco Central, la existencia de dominancia fiscal, entre otros.¹ En ciertos casos, cada una de estas características o ambas pueden ocasionar que durante un periodo determinado la inflación se comporte como un proceso estacionario pero de memoria larga,² lo cual haría que el índice de precios fuera un proceso no estacionario, cercano a explosivo,³ de ahí el término *tibiamente* explosivo.

Este tema ha propiciado una extensa discusión acerca del proceso que describe la serie de inflación no sólo en México, si no en muchos países en vías de desarrollo que han adoptado

¹Chiquiar, D., Noriega, A., & Ramos-Francia, M., (2007). Un enfoque de series de tiempo para probar un cambio en persistencia en la inflación: La experiencia de México. *Banco de México. Documentos de Investigación*, (2007-01)

²Un proceso estacionario de memoria larga se refiere a un proceso con un orden de integración mayor a cero, pero inferior a 0.5, por ejemplo, $I(0,2)$. Mientras sea inferior a 0.5, el proceso es estacionario, sólo que ahora tiene memoria larga. Un proceso $I(d)$ con $0 < d < \frac{1}{2}$ tiene memoria larga (cuenta con un correlograma muy largo, pero no infinito) pero es estacionario, mientras que un proceso $I(d)$ con $\frac{1}{2} < d < 1$, también tiene memoria larga, pero es no estacionario.

³Con el término explosivo me refiero a un proceso de raíz unitaria, donde la serie tiene memoria infinita, por lo que termina explotando. En el caso de casi explosivo, me refiero a que la raíz del proceso es muy cercana a uno, sin llegar a serlo.

el esquema de Objetivos de Inflación como guía para su política monetaria. A la luz de esta discusión, es importante definir cómo se entiende el comportamiento de la inflación para el caso de México. Al respecto hay diversas hipótesis sobre las propiedades estadísticas de la serie de inflación. La discusión sobre si ésta sigue o no un proceso estacionario es vasta. En el caso de Chiquiar et al. (2007), analizan el grado de persistencia en la serie de inflación y proponen que ésta sea estacionaria con media en el objetivo explícito y que presente temporalmente un comportamiento no estacionario ante choques. Por su parte, Ventosa-Santaularia & Gómez-Zaldívar (2009)⁴ proponen que la inflación sea un proceso estacionario con quiebres en la media marcados por los diferentes objetivos de inflación del Banco Central. En línea con Chiquiar et al., Gregoriou & Kontonikas (2006) demuestran a través de una prueba de raíz unitaria que permite en la hipótesis alternativa un proceso de media no-lineal, que la serie de inflación es estacionaria alrededor del objetivo explícito del Banco. Otra descripción es la propuesta por Hassler & Wolters (1995) y Arize et al. (2005) quienes señalan que la inflación sigue un proceso de memoria larga. Finalmente, sobre los cambios en persistencia en la inflación varios autores, por ejemplo, Sollis (2001), Taylor (2005) y Chiquiar et al. (2006) han encontrado que la serie ha pasado de un proceso $I(1)$ a un proceso $I(0)$, es decir, estacionario.

El objetivo de esta tesina es precisamente probar si el proceso inflacionario en México puede representarse como un proceso estacionario y por periodos estacionario pero con memoria larga. Para analizar esta hipótesis de manera formal, se aplica una prueba estadística recientemente desarrollada por Phillips, Shi & Yu (2012)⁵ al índice nacional de precios, la cual prueba la presencia de un comportamiento *tibiamente* explosivo en series de tiempo. Este enfoque es de utilidad ya que propone contrastar un comportamiento no estacionario con uno *tibiamente* explosivo, mientras que el enfoque tradicional propone contrastar un comportamiento estacionario contra la hipótesis alternativa de un comportamiento de raíz unitaria, es decir, completamente explosivo.

Los resultados sugieren que hay dos periodos principales de comportamiento *tibiamente* explosivo en el INPC, uno que va de 1994 a abril de 1997 y otro de septiembre de 2005 hasta mayo de 2007. No obstante, al observar la serie de los precios subyacentes, sólo se confirma el primer periodo de comportamiento *tibiamente* explosivo, lo cual deja pensar que únicamente en ese periodo el choque tuvo que ver con cuestiones de expectativas. En la serie del INPP, se detectaron igualmente dos burbujas, una de febrero de 2005 a mayo de 2006 y otra de octubre del 2008 a septiembre del 2009. Sin embargo, en este periodo no se observan burbujas en los

⁴Ventosa-Santaularia, D., & Gómez-Zaldívar, M. (2009). Broken mean stationarity and the validity of the Dickey-Fuller test: the case of controlled inflation. *Brazilian Review of Econometrics*, 29(1), 1-16.

⁵En lo consecutivo se hace referencia al artículo como PSY (2012).

precios subyacentes por lo que es imposible intuir claramente de dónde proviene el choque que afectó al INPP.

La tesina está organizada de la siguiente manera. El capítulo 3 presenta algunas de las herramientas estadísticas que han sido utilizadas para probar lo que se asemeja a un proceso *tibiamente* explosivo, así como algunas interpretaciones a dichos periodos no estacionarios. El capítulo 4 presenta la prueba desarrollada por PSY (2012) y su utilidad dentro de la presente tesina. El capítulo 5 presenta los datos con un poco de contexto histórico que describe su comportamiento. El capítulo 6 reporta los hallazgos empíricos. Finalmente, el capítulo 7 concluye.

Capítulo 2

Herramientas estadísticas alternativas

Entre los economistas aplicados se ha vuelto rutinario probar la existencia de raíces unitarias como parte del análisis de series de tiempo macroeconómicas. Existen diversas pruebas que distinguen un comportamiento de raíz unitaria de uno estacionario en las series macroeconómicas, por ejemplo, la prueba Phillips-Perron, la de Kwiatkowski, Phillips, Smichdt & Shin y la de Ng Perron. Sin embargo, en la literatura la más utilizada es la prueba Dickey-Fuller. Ésta busca distinguir dos procesos dentro de una misma serie de tiempo, uno estacionario y el otro no estacionario. Es importante lograr hacer esta distinción por múltiples razones. La más importante para el objetivo de la presente tesina es entender el efecto que tienen los choques sobre la inflación. Por su parte, una serie estacionaria tenderá a regresar a su media, lo cual es reflejo de la transitoriedad de los choques; por otra parte, una serie *tibiamente* explosiva no regresará rápidamente a su media, sino que tenderá a crecer, lo cual se explica por un alto grado de persistencia de los choques a la inflación.

A partir de la implementación del esquema de Objetivos de Inflación por Banco de México¹ se ha observado, sin embargo, que la inflación puede tener periodos de mayor estabilidad que otros. De ahí surge la hipótesis de que la inflación puede ser descrita como un proceso estacionario que por momentos tiene memoria larga. Para este estudio, se aplicará la prueba desarrollada por PSY (2012) que está basada en la prueba Dickey-Fuller aumentada por lo que es importante saber cómo funciona y las alternativas que se tienen para detectar la presencia

¹En el capítulo que describe los datos utilizados se desarrolla más acerca del esquema de Objetivos de Inflación.

de un comportamiento *típicamente* explosivo en las series. Asimismo, resulta de interés conocer las interpretaciones que se le dan a estos periodos de raíz cercana a la unitaria.

2.1. Raíces Unitarias

Dentro de los supuestos claves para correr un modelo de regresión clásico está el de estacionariedad tanto de la dependiente como de las independientes. Además, los errores deben tener media cero y ser de varianza finita. En caso de que alguna de las variables fuera no estacionaria, se podría tener el caso que Granger y Newbold (1974) definieron como regresión espuria.²

Es por ello que resulta de gran interés someter a pruebas nuestras variables para no caer en casos en el que nuestra regresión no tiene ningún sentido. Estos casos son esencialmente dos, supongamos una regresión de la siguiente forma: $y_t = a + a_1 z_t + e_t$.

1. Si y_t y z_t son series integradas de orden distinto.
2. Las series y_t y z_t son no-estacionarias y la serie de residuales tiene una tendencia estocástica.³

Además del problema de estimación, se cuenta con el gran problema de identificación. Es decir, se desea evitar diferenciar una serie estacionaria o quitarle la tendencia a un proceso de raíz unitaria o diferenciar un proceso estacionario con tendencia. El problema no es trivial debido a que si se intentan analizar las series utilizando un correlograma, un proceso con raíz casi unitaria tendrá un correlograma muy parecido al de un proceso con tendencia.

Para entender mejor el problema que presenta la identificación de un proceso con raíz unitaria, imaginemos un proceso como el siguiente,

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \epsilon_t, \quad (2.1)$$

donde ϵ_t es un ruido blanco. Supongamos que queremos probar la hipótesis nula de que $a_1 = 0$. Bajo esta hipótesis, podemos estimar la especificación (2.1) utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Dado que ϵ_t es un ruido blanco y $|a_1| < 1$, entonces podemos asegurar que la serie y_t es estacionaria y, por tanto, el estimador de a_1 será eficiente. Una vez corrida la

²Una regresión espuria es cuando se encuentra una relación de causalidad entre dos variables que no tienen relación económica alguna. Normalmente, están acompañadas de R^2 altas y estadísticos t que parecen significativos.

³En este caso la regresión será espuria debido a que todos los errores serán permanentes. Para corregirlo se debe estimar en primeras diferencias.

regresión se puede calcular el estadístico t para saber si a_1 es significativamente distinto de cero o no.

Al intentar probar la hipótesis nula de $a_1 = 1$, la prueba es bastante diferente debido a que bajo ésta los supuestos que hacen funcionar MCO ya no se cumplen. La serie y_t estaría generada por un proceso no-estacionario,

$$y_t = y_0 + \sum_{i=1}^t \epsilon_i. \quad (2.2)$$

Por lo tanto, la varianza tendería a infinito mientras t creciera; y el estimador de a_1 estaría sesgado. Es por ello que la prueba utilizando el estadístico t como en el caso anterior no funciona bajo la hipótesis nula de $a_1 = 1$. Fue ante este problema que Dickey y Fuller (1979, 1981) idearon una prueba para detectar la presencia de una raíz unitaria en una serie.

2.2. La prueba Dickey-Fuller

La idea de estos dos estadísticos fue realizar simulaciones Monte Carlo de un proceso aleatorio, es decir ruido blanco. Esto garantizaba que su proceso fuera estacionario, sin embargo, si el proceso estimado era de la forma $y_t = a_1 y_{t-1} + \epsilon_t$ bajo MCO se encontraba que a_1 era muy cercano a 1, es decir, a un proceso de raíz unitaria.⁴ Estas simulaciones las repitieron muchas veces para poder concluir que en presencia de un intercepto,

- El 90 % de las veces el estimador de a_1 estaba a menos de 2,58 errores estándar del valor uno.
- El 95 % de las veces el estimador de a_1 estaba a menos de 2,89 errores estándar del valor uno.
- El 99 % de las veces el estimador de a_1 estaba a menos de 3,51 errores estándar del valor uno.

De esta forma, se puede concluir que el estadístico Dickey-Fuller que usan para aceptar o rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria se construye de la siguiente forma:

$$DF = \frac{(1 - \hat{a}_1)}{\text{error estándar}}. \quad (2.3)$$

⁴Recuerde que la no-estacionariedad se garantiza cuando $-1 < a_1 < 1$, por lo que un estimador igual a uno sería característico de un proceso de raíz unitaria. Nótese que si el estimador fuera cercano a -1 , también se podría sospechar de un proceso no-estacionario.

La hipótesis nula es $H_o : y_t$ no es $I(0)$, mientras la alternativa es $H_a : y_t$ es $I(0)$. Por lo cual, H_o se rechaza si el estimador de $(1 - \hat{a}_1)$ es negativo y significativamente distinto de cero.

Por su parte, la prueba de Dickey-Fuller aumentada⁵ modifica el supuesto que en la prueba original se establece sobre el término de error. En la prueba original se supone que el término de error no está autocorrelacionado, mientras que en la versión aumentada permiten que el error no sea simplemente ruido blanco.

Los autores plantearon un modelo autoregresivo de orden p , $AR(p)$ ⁶,

$$y_t = \alpha + \gamma t + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \beta_3 y_{t-3} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \epsilon_t, \quad (2.4)$$

donde el número de rezagos se determina empíricamente. La idea de estos autores fue incluir tantos rezagos como fueran necesarios para hacer que el término de error no estuviera seriamente relacionado. La prueba de raíz unitaria se lleva a cabo entonces bajo la hipótesis nula de que $\beta = 0$ de manera alternativa a la hipótesis de que $\beta < 0$. Así, el estadístico de prueba se construye con base en la siguiente ecuación

$$ADF = \frac{\hat{\beta}}{\text{error estándar}(\hat{\beta})}. \quad (2.5)$$

Por último, es importante recordar que el resultado no es simétrico, por lo que no se utiliza el valor absoluto en el estadístico. Para rechazar o aceptar la hipótesis nula, el valor del estadístico se compara con el valor crítico correspondiente. Si el estadístico es menor que el valor crítico (mayor en valores negativos), entonces se rechaza la hipótesis nula de $\beta = 0$, es decir, no hay presencia de raíz unitaria.

2.3. Otras pruebas

La mayoría de los autores que buscan describir de manera estadística la serie de inflación utilizan las pruebas descritas en la sección anterior, así como pruebas de cambio de persistencia. De manera paralela, existe literatura que aplica estas pruebas a series de precios de activos, en las cuales buscan detectar burbujas, que pueden ser asemejadas a un comportamiento no estacionario.

⁵La prueba aumentada recibe su nombre debido a que a la prueba original desarrollada por Dickey y Fuller se le unieron Said & Dickey (1984), Phillips (1987) y Phillips & Perron (1988) para modificar el supuesto sobre el error.

⁶Nótese que al hacer $\alpha = 0$ y/o $\gamma = 0$ se puede obtener un proceso de caminata aleatoria (random walk, en inglés) y de caminata aleatoria con derivada, respectivamente.

En el caso de Diba & Grossman (1988), sostienen que el precio de los bienes se verá determinado por su componente fundamental y, en caso de existir una burbuja, por variables que la hacen no estacionaria. Así, si el proceso generador de los datos fundamento del mercado es no estacionario en niveles, pero sí en primeras diferencias y no hay evidencia de burbujas, se puede asegurar que la serie de precios será no estacionaria en niveles, pero sí en primeras diferencias. En contraste, en presencia de una burbuja sea cual sea el proceso generador de datos, éste no se volverá estacionario a pesar de que sea diferenciado un número infinito de veces. Estos autores concluyen que mientras la serie de precios del bien no sea más explosiva que la de los dividendos se puede afirmar que no hay burbujas racionales. Para ello realizan una serie de pruebas de raíz unitaria, de autocorrelación y de cointegración.

No obstante, años después Evans (1991) mostró que esta batería de pruebas no detectan un tipo especial de burbujas, en el cual la serie parece ser estacionaria cuando se aplican las pruebas de raíz unitaria mas en realidad es explosiva en el sentido relevante.⁷ Además, las pruebas estándares para detectar si los precios de las acciones son más o menos explosivas que la de los dividendos no funcionan en presencia de burbujas que colapsan periódicamente.

En 2011, Phillips & Yu mejoran una prueba propuesta por Phillips, Wu & Yu (2011) y proveen tecnología para identificar el comportamiento de las burbujas con un método consistente de fechado para el origen y término de éstas. El artículo de Phillips & Yu usa metodología econométrica para probar si existen y cuándo surgieron las burbujas. Sus métodos econométricos están muy relacionados con los propuestos por Phillips, Wu & Yu (en adelante, PWY). Particularmente, los métodos se basan en regresiones progresivas recursivas junto con pruebas secuenciales de raíz unitaria de cola derecha.

El enfoque de regresiones progresivas recursivas usado en el artículo permite la identificación temprana de comportamiento *tibiamente* explosivo y provee evidencia anticipada de un alejamiento de conducta engañosa. El enfoque ayuda a identificar un regreso subsecuente a alguna conducta engañosa mientras el comportamiento *tibiamente* explosivo colapsa en todo caso.

Phillips & Magdalinos (2007) (en adelante, PM) analizaron las propiedades de procesos estocásticos *tibiamente* explosivos y desarrollaron una teoría limitante para la estimación de coeficientes de procesos autoregresivos. La diferencia es que en PWY utilizaron técnicas de regresiones progresivas recursivas mientras que en PM, asintóticas para detectar la presencia de un comportamiento *tibiamente* explosivo. Se probó que una prueba de raíz unitaria (con una

⁷Con sentido relevante me refiero al caso antes expuesto en el que la raíz no es unitaria, pero muy cercana a la unitaria.

hipótesis alternativa de comportamiento *tibiamente* explosivo) obtenida con regresiones progresivas recursivas tiene el poder de detectar colapsos periódicos de las burbujas. Para mejorar el poder del método de detección de fechas, en 2012, Phillips, Shi & Yu⁸ (en adelante, PSY) modificaron la prueba de PWY seleccionando la condición inicial basándose en un criterio de información. La idea central de PWY es sencilla de implementar y se basa en calcular recursivamente una prueba de raíz unitaria para buscar evidencia de un comportamiento *tibiamente* explosivo en los datos.

Lo más innovador de la prueba de PWY, posteriormente mejorada por PSY, es la de utilizar la cola derecha de la distribución en lugar de la comunmente utilizada cola izquierda. Una prueba de raíz unitaria tiene como hipótesis nula, H_o : Raíz unitaria, y como alternativa, H_a : estacionario. Se puede visualizar una distribución parecida a la Normal estándar, sólo que despalazada hacia la izquierda (ver figura 2.1). Esta prueba es una prueba de cola izquierda, lo cual quiere decir que, si el estadístico de prueba cae en cualquier lugar a la derecha del valor crítico (un número negativo, a la izquierda), no se rechaza H_o , pero si cae más a la izquierda del valor crítico sí, y se acepta que es estacionario. La prueba de PWY se basa en la misma idea, tiene casi el mismo estadístico de prueba (su distribución cambia un poquito porque no es sólo el estadístico ADF, si no el supremo de muchos estadísticos ADF⁹); la diferencia estriba en que ahora se usa la otra cola, es decir, la derecha. En otras palabras, dado que el estadístico es casi el mismo, la distribución es la misma que en presencia de una raíz unitaria, (casi) igual a la de la prueba ADF. La diferencia es que si ahora el estadístico cae a la derecha del valor crítico, se rechaza la presencia de raíz unitaria y te quedas con el procedimiento *tibiamente* explosivo. En caso contrario, te quedas con la raíz unitaria.

Su sensibilidad es mucho mayor que la de las pruebas de raíz unitaria de cola derecha con alternativas de estacionariedad, debido al sesgo y la larga cola izquierda en la distribución del coeficiente autoregresivo en la raíz unitaria y casos cercanos a la estacionariedad. No obstante, tras su aplicación empírica a series de precios¹⁰ se encontraron algunas fallas a la prueba PWY. Primero, las fechas de origen y colapso parecen cubrir un subperiodo de subida de precios en cada una de las series de tiempos. Segundo, la fecha estimada de origen parece no ser la misma que el aparente comienzo de los periodos de subida de precios. Esto último dado que un proceso de raíz unitaria así como un proceso con raíces *tibiamente* explosivas que son muy

⁸La prueba desarrollada por PSY será expuesta con mayor detalle en el siguiente capítulo por ser la que se aplica a la inflación

⁹La construcción del estadístico se detallará en el siguiente capítulo.

¹⁰Para conocer a detalle la aplicación y las fallas de la prueba se dirige al lector a Phillips, P. C., Wu, Y., & Yu, J. (2011). Explosive Behavior in the 1990s NASDAQ: When did Exuberance Escalate Asset Values?. *International Economic Review*, 52(1), 201-226.

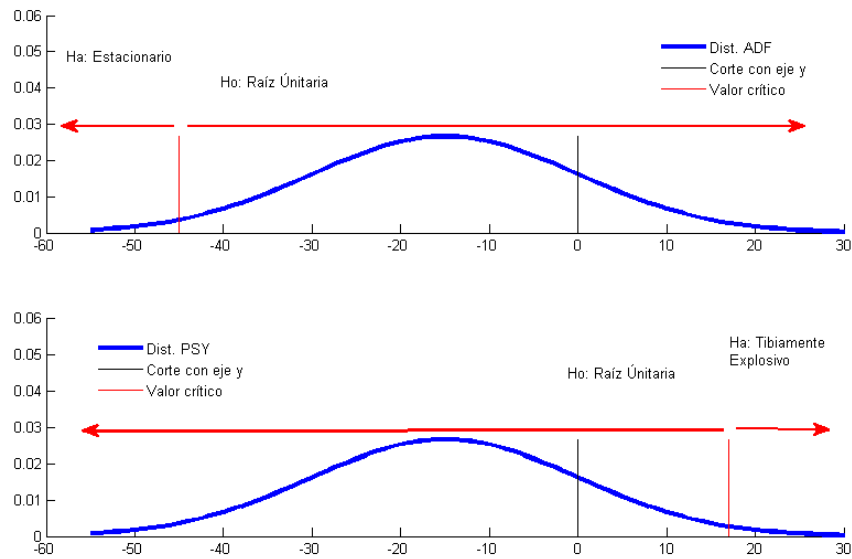


Figura 2.1: Distribuciones de los estadísticos ADF y GSADF, respectivamente.

cercanas a la unidad, también pueden generar ligeras subidas de precios, pero estas últimas son indistinguibles de un proceso de raíz unitaria. Los métodos utilizados pueden usarse para obtener advertencias de diagnóstico prontas para una exuberancia de mercado, ya que proveen pruebas consistentes para la conducta *tíbiamente* explosiva. Sin embargo, están limitadas debido a que no logran detectar ni fechar correctamente las burbujas cuando en una misma serie hay múltiples burbujas.

A continuación se puede ver un breve resumen de la literatura que aplica distintas pruebas econométricas para detectar comportamientos explosivos que colapsen de manera continua en las series. La mayoría se aplica a series de precios de activos, por lo que la interpretación del comportamiento explosivo o *tíbiamente* explosivo se lee como una burbuja ya sea financiera o de otro tipo.

| Título | Autor | Journal | Año | Citas | Tema | Ideas principales |
|---|-------------------|-------------------------------|------|-------|---|---|
| Explosive Rational Bubbles in Stock Prices? | Diba & Grossman | American Economic Association | 1988 | 439 | Pruebas de raíz unitaria de cola derecha | Modelo con variables no observada y el valor esperado presente de los dividendos |
| Pitfalls in testing for explosive bubbles in asset prices | Evans | American Economic Association | 1991 | 393 | Falla de las pruebas basadas en cointegración | Las pruebas basadas en cointegración no son capaces de detectar burbujas explosivas cuando éstas colapsan periódicamente. |
| Was there a NASDAQ bubble in the late 1990s? | Pastor & Veronesi | NBER working paper 10581 | 2004 | 272 | Aplicación empírica | |
| Econometric Tests of Asset Price Bubbles: Taking Stock | Gürkaynak | Federal Reserve System | 2005 | 217 | Desarrollo de pruebas econométricas | Conclusión: No se ha podido encontrar la prueba que detecte satisfactoriamente burbujas en precios de acciones. |
| Dating the Timeline of Financial Bubbles During the Subprime Crisis | Phillips & Yü | Cowles Foundation Paper | 2011 | 118 | Detección de burbujas. | Colapsa al tener burbujas múltiples. No logra fechar correctamente, depende del sub-periodo que se tome. |

Cuadro 2.1: Literatura para detectar comportamientos explosivos.

2.4. Una posible interpretación

El marco teórico es sin duda vital para el entendimiento de la prueba PSY, sin embargo, resulta necesario para los fines de la presente tesina interpretar el comportamiento *tibiamente* explosivo de las series del índice nacional de precios al consumidor y del índice de la inflación subyacente. Antes de hacerlo, resulta muy esclarecedor entender la diferencia entre la inflación y el índice nacional de precios.

*La inflación es el aumento sostenido y generalizado de los precios de los bienes y servicios de una economía a lo largo del tiempo. Con el propósito de medir la inflación se desarrolló el índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). El INPC es un indicador económico que se emplea recurrentemente, cuya finalidad es la de medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta fija de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares. El índice Nacional de Precios Productor (INPP) es un conjunto de indicadores, también denominado Sistema Nacional de índices de Precios Productor (SNIPP), que mide los cambios de precios de una canasta de bienes y servicios representativa de la producción nacional.*¹¹

Esto quiere decir, que para construir la inflación, Y_t , se puede emplear el índice, y_t en la siguiente fórmula,

$$Y_t = \frac{(y_t - y_{t-1})}{y_{t-1}}.$$

Así, podemos notar que para la construcción de la inflación se utiliza una *virtual* primera diferencia del índice. Esto nos lleva a modificar la hipótesis nula de nuestra prueba de la siguiente forma:

1. Si el índice es un proceso de raíz unitaria, $I(1)$, la inflación es $I(0)$.
2. Si el índice es *tibiamente* explosivo, la inflación se vuelve un proceso con un orden de integración mayor a cero, pero inferior a 0.5, es decir, sigue siendo estacionario, sólo que ahora tiene memoria larga.

Ahora bien, estos procesos *tibiamente* explosivos en el índice de precios pueden ser interpretados como pequeñas burbujas inflacionarias, donde la persistencia del choque a la inflación es mayor, pero tras unos periodos, ésta logra regresar a un proceso estacionario alrededor del objetivo establecido por el Banco Central.

¹¹Definiciones obtenidas del sitio oficial del Banco de México el 15 de Agosto de 2014. <http://www.banxico.org.mx/ayuda/temas-mas-consultados/indices-precios-inflacion.html>

Al respecto, Diba & Grossman (1987) sostienen que el nivel de precios está compuesto de fundamentales del mercado que se relacionan exclusivamente con los parámetros de la oferta y demanda de dinero. Siguiendo esta definición, los autores sostienen que la existencia de un componente de burbuja inflacionaria racional reflejaría la creencia de que el nivel de precios depende de otras variables que son intrínsecamente irrelevantes, es decir, que no son parte de los fundamentales del mercado.¹² Basados en un modelo modificado de Cagan, los autores concluyen que una burbuja inflacionaria racional no puede reiniciar en el periodo siguiente en que se termina; ni puede reiniciar otra burbuja independiente mientras una está en curso o terminando.

En el artículo escrito por Flood & Garber (1980) aseguran que cuando el precio del mercado depende de la tasa esperada de cambio en el precio, es posible que el mercado por sí solo entre en una burbuja inflacionaria, donde los precios estarán conducidos arbitrariamente por elementos autocumplidos de expectativas. Esto quiere decir, que cuando la tasa de cambio esperada para el precio del mercado de un bien es un factor importante en la determinación de éste, la posibilidad de que el mercado mismo lleve a caer en una burbuja existe. Los autores describen un modelo en el que se incorpora el supuesto de expectativas racionales, el cual impone una estructura matemática acerca de la relación entre los movimientos del precio actuales y futuros; y permite concluir que una burbuja puede surgir cuando el precio actual del mercado dependa positivamente de su propia tasa esperada de cambio.

De esta forma, se entiende que los precios de los bienes están formados por los llamados fundamentales¹³ del mercado y por una desviación creada por el propio mercado. Ésta surge siempre que las expectativas jueguen un papel importante en la determinación del precio del bien y es denominada *burbuja*. Se dice que es arbitraria debido a que los agentes racionales no cometen un error sistémico en sus predicciones, por lo que la relación positiva entre el precio y la expectativa de tasa de cambio implica una relación positiva entre el precio y su tasa actual de cambio. Bajo estas condiciones, el precio del bien se desvía de los fundamentales guiado por las expectativas de los agentes que son autocumplidas y surgen las burbujas.

En cuanto a la detección y fechado de estas burbujas la literatura enfatiza que es un asunto de gran importancia que aún no se ha logrado satisfacer completamente. Se han desarrollado diversas pruebas econométricas (algunas expuestas anteriormente) desde hace algunas

¹²De manera más técnica, los autores hacen referencia a la versión del modelo de Cagan de inflación expuesta por Flood & Garber (1980), donde el componente de burbuja inflacionaria se entiende como una solución adicional a la ecuación homogénea que describe la solución de la ecuación diferencial que define al componente de fundamentales del mercado del nivel de precios.

¹³Los fundamentales son los bienes o servicios que le dan sustento al precio de un bien, es decir, que están directamente ligados al precio del bien final.

décadas intentando detectarlas, al respecto, Gürkaynak (2008) hace una extensa revisión de la literatura y concluye que no se ha podido encontrar la prueba que detecte satisfactoriamente burbujas en series de precios.

Capítulo 3

Modelo teórico

En la compleja tarea de vigilar los mercados y crear política monetaria acorde, Phillips, Shi y Yu (PSY, 2012) ofrecen una prueba que funciona inclusive ante la presencia de múltiples burbujas con la compleja estructura no lineal que conllevan.

3.1. Prueba de Phillips et al.

PSY propusieron en 2012 una prueba llamada sup ADF generalizado (en adelante, GSADF), la cual implementa repetidamente la prueba ADF de cola derecha. En comparación con la prueba de PWY, ésta extiende la secuencia de muestras haciéndola más angosta y más flexible, es decir, la prueba cambia el punto de inicio y término de la muestra dentro de un rango factible de ventanas flexibles. Para la prueba GSADF se plantea una nueva estrategia para fechar que consiste en comparar la secuencia del estadístico ADF supremo corrido de manera regresiva (BSADF)¹ con el valor crítico ADF supremo.

Ante el problema de correcta especificación del modelo en las pruebas de raíz unitaria antes expuesto, PWY supusieron una caminata aleatoria con tendencia asintóticamente insignificante,

$$y_t = \delta T^{-\eta} + \theta y_{t-1} + \epsilon_t, \epsilon_t \sim iidN(0, \sigma^2), \theta = 1,$$

donde δ es una constante, T es el tamaño de muestra y $\eta > \frac{1}{2}$.

¹Abreviación por sus siglas en inglés, BSADF: backward sup ADF, el cual es calculado corriendo la prueba SADF de cola derecha a la inversa, es decir, de atrás hacia delante, y expandiendo las secuencias de muestra.

La regresión del modelo es

$$\Delta y_T = \alpha_{r_1, r_2} + \beta_{r_1, r_2} y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \psi_{r_1, r_2}^i + \epsilon_t,$$

donde k es el orden de los rezagos, y $\epsilon_t \sim iid N(0, \sigma_{r_1, r_2}^2)$.

En el caso de la prueba desarrollada por PWY, SADF, estima el modelo ADF repetidamente expandiendo la secuencia de muestras de forma progresiva, es decir, hacia adelante. La prueba está basada en el valor supremo correspondiente a la secuencia del estadístico ADF. El tamaño de la ventana r_w se expande de r_0 a 1, donde r_0 es el tamaño de la ventana de muestra más pequeña y 1 el más grande. El punto de inicio r_1 de la secuencia de muestra está fijo en 0, por lo que el punto de término r_2 es igual a r_w que varía de r_0 a 1.

La prueba GSADF desarrollada por PSY continúa con la idea de correr repetidamente la regresión de la prueba ADF en la secuencia muestra, pero además de variar el punto final de la regresión, r_2 , de r_0 a 1, permite variar el punto de inicio, r_1 , dentro de un rango factible que va de 0 a $r_2 - r_0$. El estadístico GSADF será el estadístico ADF más grande sobre los rangos factibles de r_1 y r_2 , el cual estará definido por

$$GSADF(r_0) = \sup_{\substack{r_2 \in [r_0, 1] \\ r_1 \in [0, r_2 - r_0]}} ADF_{r_1}^{r_2}.$$

La distribución del estadístico ADF es idéntica al caso en el que la regresión incluye un intercepto y la hipótesis nula es un proceso aleatorio nulo. Al igual que el estadístico SADF, la distribución asintótica del GSADF depende del tamaño más pequeño de la ventana r_0 (Ver gráfica 3.1). Los valores críticos asintóticos son obtenidos por simulaciones numéricas, donde el proceso Wiener² es aproximado por sumas parciales de 2,000 variantes independientes $N(0,1)$ y 2,000 replicaciones. Los valores críticos finitos se obtienen de 5,000 replicaciones Monte Carlo.

Algunos detalles importantes son que para no tener falsas alertas de burbujas, se impone una condición para que exista una burbuja: su duración debe exceder $\log(T)$. Además, se define la fecha de origen de una burbuja como la primera observación cuyo estadístico ADF supremo regresivo excede el valor crítico del estadístico ADF supremo regresivo. La fecha de término de la burbuja³ es calculada como la primera observación, después de $T\hat{r}_e + \delta \log(T)$, cuyo estadístico ADF supremo regresivo cae por debajo del valor crítico del estadístico ADF supremo regresivo.

²El proceso Wiener, también conocido como movimiento Browniano, es un proceso estocástico de tiempo continuo con incrementos estacionarios independientes.

³Se asume que la duración de la burbuja excede $\delta \log(T)$, donde δ es un parámetro dependiente de la frecuencia.

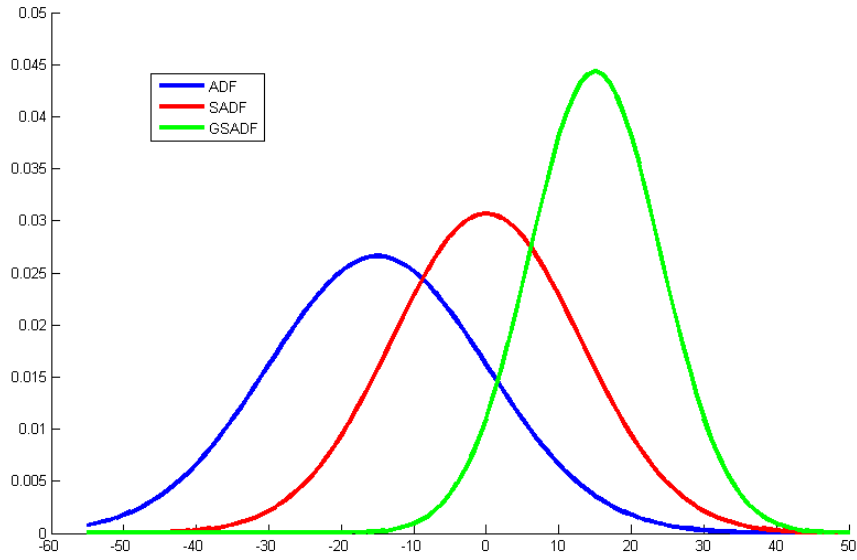


Figura 3.1: Distribuciones asintóticas de los estadísticos ADF y SADF ($r_0=0.1$).

De manera simplificada, la prueba SADF puede ser vista como una implementación repetida de la prueba ADF regresiva para cada $r_2 \in [r_0, 1]$. Y la prueba GSADF es equivalente a una prueba donde se implementa de manera repetida la prueba SADF regresiva para cada $r_1 \in [0, r_2 - r_0]$ y cada $r_2 \in [r_0, 1]$.

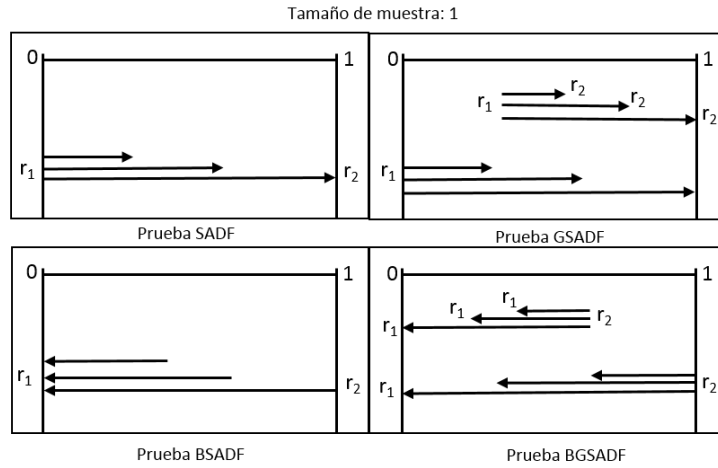


Figura 3.2: Secuencias de las muestras y variaciones de la ventana para las distintas pruebas.

3.2. Mejoras con respecto a pruebas anteriores

Desde el enfoque adoptado por PWY, donde se utiliza la prueba SADF, se muestra que la prueba SADF cuenta con mayor poder de detección que el ofrecido por la prueba convencional basada en cointegración. Igualmente, PWY proveen una estrategia para fechar los puntos de origen y término de una burbuja. Sin embargo, ante la presencia de múltiples burbujas, la prueba SADF pierde gran parte de su poder y llega a ser inconsistente al no poder detectar la presencia de éstas.

Es relevante enfatizar que las ventajas de la prueba GSADF son más evidentes cuando el tamaño de muestra, T , es grande, esto ya que a mayor tamaño de muestra, mayores posibilidades de encontrar múltiples episodios de colapso en la muestra.

3.3. Metodología

La prueba de PSY es la más indicada para lograr probar si el proceso inflacionario en México puede representarse como un proceso estacionario y por periodos de memoria larga debido a su poder de detección de procesos *tibiamente* explosivos. Hasta la fecha es la prueba con mayor poder ante múltiples periodos de exuberancia en una serie. La razón por la cual la prueba se le aplica al índice de precios y no directamente a la serie de inflación es sencilla: como ya se ha mencionado, la hipótesis nula de la prueba es que la serie se comporta como un proceso no estacionario, es decir, explosivo y la alternativa es que se comporta como un proceso *tibiamente* explosivo, es decir, con una raíz muy cercana a la unitaria. Cuando se piensa en la inflación en México, difícilmente se imagina como un proceso explosivo, no obstante, al tener el índice un grado más de integración, resulta lógico que éste sí tenga un comportamiento no estacionario.

Para aplicar la prueba a los datos que se describen con detalle en el siguiente capítulo, se utilizaron tres códigos: uno que calcula la serie del estadístico GSADF y el valor supremo o máximo de éste, otro que calcula la serie de valores críticos para dicho estadístico conforme la ventana de datos comprende más observaciones y finalmente, uno que calcula los valores críticos puntuales al 90 %, 95 % y 99 % de nivel de confianza. Una vez que se cuenta con los resultados de estos tres códigos se hace una prueba rápida para saber si hay evidencia de un comportamiento *tibiamente* explosivo en la serie o no; para ello se compara el estadístico supremo con los valores críticos puntuales. Dado que es una prueba de cola derecha, para aceptar la hipótesis nula (H_0 : proceso de raíz unitaria) se necesita que el estadístico GSADF sea menor que al menos el valor

crítico al 90%. En caso de que sea mayor, no podrá aceptarse la hipótesis nula, por lo que se concluirá que hay evidencia de presencia de periodos *tibiamente* explosivos en la serie analizada.

Posterior a la comprobación rápida, se comparan las series del estadístico GSADF y la del valor crítico correspondiente al 95% de confianza. Al hacerlo dato por dato (a partir de la ventana más pequeña permitida), se puede fechar con gran precisión el inicio y término de la burbuja inflacionaria. De esta forma, se determina exactamente el periodo de la serie que presenta un comportamiento *tibiamente* explosivo y los que presentan uno explosivo. Finalmente, se determinan las fechas exactas de inicio y fin de las burbujas y se concluye que son estos periodos los que tienen memoria larga en la serie de inflación.

Capítulo 4

Datos

Para el análisis que se realiza en esta tesina, se utilizaron tres series de tiempo obtenidas del Banco de Información Económica del INEGI. Primero se obtuvo el índice de precios al consumidor, el cual se utilizó desestacionalizado y estacionalizado. Se obtuvieron datos desde febrero de 1969, sin embargo, el análisis hecho en la presente tesina se restringió al periodo en el que el Banco Central ya era independiente, por lo cual se contó con 243 datos mensuales. A continuación (ver Figura 4.1) se presentan estos datos desde enero de 1994 ajustados estacionalmente (a.e.) y originales, así como la inflación en niveles.

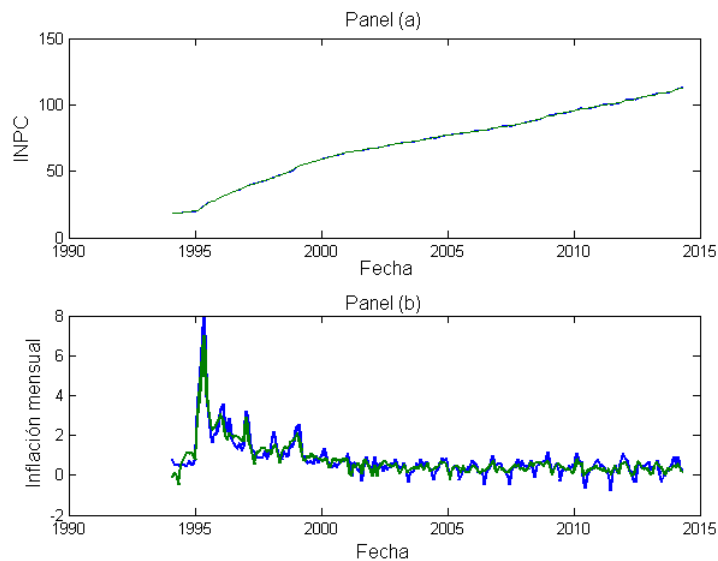


Figura 4.1: INPC: serie original y ajustada estacionalmente desde enero de 1994. El panel (a) muestra en color azul, la serie del INPC original y en verde, la serie desestacionalizada desde 1994. El panel (b) muestra en azul la serie de inflación original y en verde la desestacionalizada.

Asimismo, se usó el índice de precios al productor, el cual se utilizó desestaciona-

lizado y estacionalizado. Se obtuvieron datos desde diciembre del 2003, por lo cual se contó con 124 datos mensuales. A continuación (ver Figura 4.2) se presentan estos datos ajustados estacionalmente (a.e.) y originales, así como la inflación mensual desde diciembre de 2003.

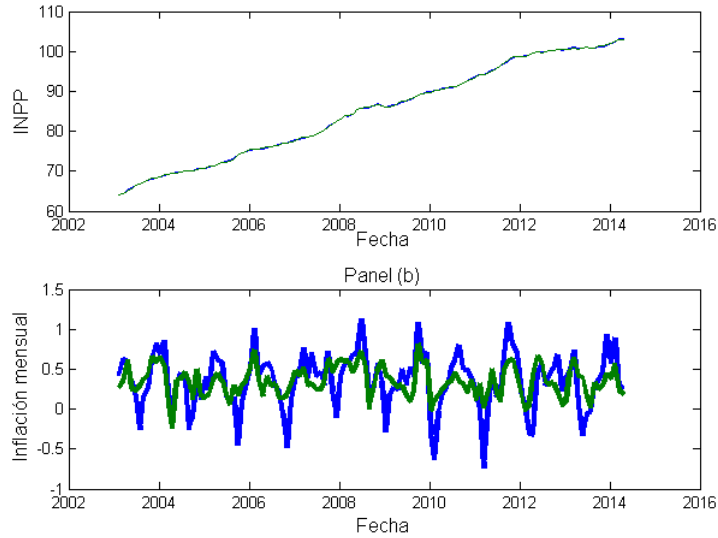


Figura 4.2: INPP: serie original y ajustada estacionalmente desde diciembre del 2003. El panel (a) muestra en color azul, la serie del INPP original y en verde, la serie desestacionalizada desde 2004. El panel (b) muestra en azul la serie de inflación original y en verde la desestacionalizada.

Estos dos índices fueron comparados con el índice de precios subyacentes, el cual también se desestacionalizó para poder hacer ambos análisis. Para esta serie, se tienen datos desde enero de 1982, pero dada la restricción de la muestra al periodo de autonomía de Banxico, sólo se muestran (ver Figura 4.3) los datos desde enero de 1994, por lo que al final se contó con 243 observaciones mensuales. En la gráfica también se muestra la inflación subyacente en niveles.

La comparación con la serie de precios subyacentes resulta interesante en cuanto a su interpretación. Es posible que al detectar un comportamiento *tibiamente* explosivo en el índice de precios al consumidor o al productor, lo que estamos observando sea el reflejo del grado de persistencia de los choques a la inflación o de los factores estructurales en la economía, como ya se mencionaba en la introducción de este trabajo. En esta tesina, dicho comportamiento se le atribuye a la formación de expectativas, sin embargo, el tipo de régimen monetario adoptado por el Banco Central y la existencia de dominancia fiscal, entre otros, pueden generar también el comportamiento *tibiamente* explosivo en las series del índice nacional de precios al consumidor y al productor.

En línea con la idea anterior, al comparar las series con el índice de precios subyacentes, se puede esclarecer la procedencia del choque. Aunque no es un método exacto, si observamos el

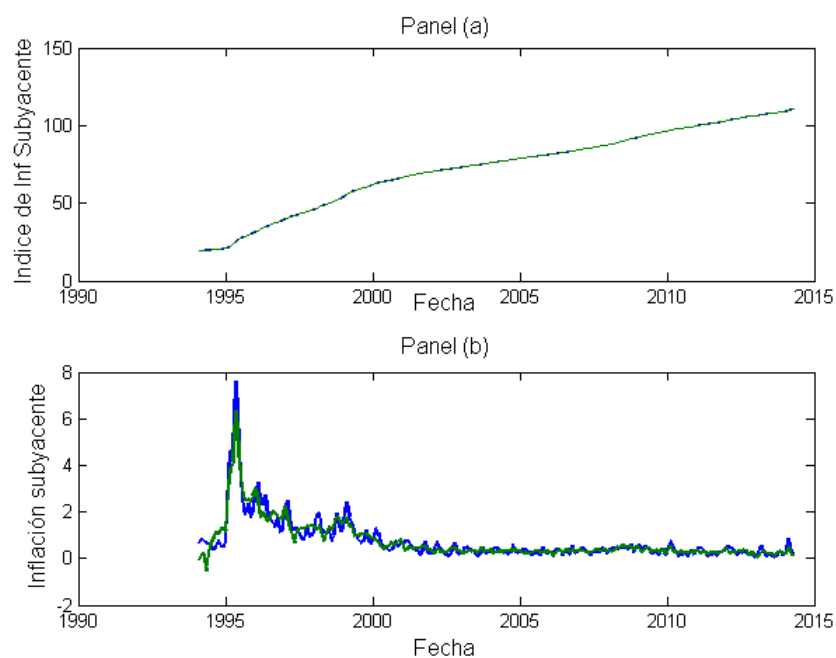


Figura 4.3: Precios subyacentes: serie original y ajustada estacionalmente desde enero de 1994. El panel (a) muestra en color azul, la serie de los precios subyacentes original y en verde, la serie desestacionalizada desde 1994. El panel (b) muestra en azul la serie de inflación subyacente original y en verde la desestacionalizada.

mismo comportamiento (es decir, periodos parecidos de comportamiento *típicamente* explosivo) en la serie de precios subyacentes, entonces tendremos evidencia de que la desviación entre la inflación observada y el objetivo impuesto por el Banco Central estuvo causada por un choque que no estuvo sujeto a decisiones de carácter administrativo, estacionalidad o alta volatilidad. Hacer esta distinción resulta de gran interés para los hacedores de política monetaria, debido a que la evolución de los precios de bienes agropecuarios o de energéticos y tarifas autorizadas por el gobierno, tiende a reflejar perturbaciones que no necesariamente son indicativas de la trayectoria de mediano plazo de la inflación ni de la postura de la política monetaria.

De forma más ilustrativa, en la siguiente subsección se describe más detalladamente el esquema de Objetivos de Inflación que sin duda ha afectado los niveles de inflación en México. Parte de esta explicación permite comprender también la razón por la que se analizan los índices a partir de enero de 1994.

4.1. Objetivo de Inflación

A partir de 1990 Nueva Zelanda implementó una nueva estrategia para conducir la política monetaria llamada Objetivos de Inflación (*inflation targeting*, en inglés). En el caso de Nueva Zelanda, su objetivo era llevar la inflación subyacente a niveles entre 0% y 2%, esto en un horizonte de un año. Posteriormente, países como Canadá (Febrero 1991), Israel (Diciembre

1991), Australia (1993) y Finlandia (Febrero 1993) entre otros, comenzaron a implementar el esquema de Objetivos de Inflación.

El esquema consiste en publicar anuncios oficiales con el nivel del objetivo de inflación. La estrategia puede tener uno o varios objetivos de inflación en distintos puntos del tiempo de tal forma que se vaya convergiendo al último objetivo. Uno de los requisitos del Objetivo de Inflación es que haya perfecta claridad sobre el objetivo del Banco Central y un canal de comunicación certero y simple para poder publicar las decisiones y metas de política monetaria.

En el caso de los países en vías de desarrollo, hay algunas condiciones que se recomiendan tener para implementar el esquema de Objetivos de Inflación. Los principales retos que enfrentan estas economías son instituciones fiscales y financieras débiles, baja credibilidad de las instituciones monetarias, dolarización y detención repentina de entrada de capital. Es por ello que para mejorar estas debilidades deben contar con una fuerte regulación del sistema bancario y financiero, limitar la red de seguridad del gobierno e instituciones financieras internacionales, restringir el descalce de monedas y contar con políticas que incrementen la apertura de la economía. En cuanto a la fortaleza de las instituciones monetarias son necesarios algunos arreglos institucionales, tales como: tener compromisos públicos e institucionales por la estabilidad de precios a largo plazo y el compromiso por la independencia de los instrumentos del Banco Central.

En cuanto a la implementación del régimen de Objetivos de Inflación en México, fue un esquema que se adoptó tras diversas modificaciones en el Banco Central. Una de las características de mayor importancia para la posible adopción de este régimen fue la autonomía de Banxico. A finales del siglo XVII, surgió la Banca Central al concesionársele el poder monopólico para imprimir billetes a una institución financiera que actuara bajo el control del gobierno. Sin embargo, no fue hasta después de la gran depresión que el Banco Central empezó a adquirir instrumentos de política monetaria con real influencia en la economía. Como sostuvo Luis Espinoza López¹,

El gobierno tenía el deber de instituir bancos para él, que tendiesen a consolidarlo, brindándole un apoyo decisivo en su política de mejorar las condiciones económicas de los sectores más necesitados.

Para el periodo de 1994-1995, el Banco de México comenzó a introducir la estrategia de Objetivos de Inflación como resultado de problemas con los regímenes basados en objetivos de agregados monetarios o tipo de cambio. Fue entonces cuando el Banco Central reconoció como

¹Citado por Francisco Borja en *El Nuevo Régimen del Banco de México*. Véase Martínez, F. B. (1995). *El nuevo régimen del Banco de México*. Comercio Exterior.

mandato constitucional único el procurar la estabilidad del poder adquisitivo del peso mexicano. Además de ser por mandato constitucional un banco central autónomo en su administración y funciones. Le corresponde promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pago.

Así, para implementar el régimen de Objetivos de Inflación en México, se necesitó hacer un anuncio público del objetivo de inflación a mediano plazo, procurar la estabilidad de precios, contar con una estructura inclusiva de información, tener transparencia de política monetaria y responsabilidad en conseguir los objetivos de inflación. No obstante, un cambio formal e institucional no fue suficiente (aunque sí necesario) para lograr la implementación del esquema. Se necesitó también la creación de credibilidad por parte de Banco de México. Contrario a las políticas discrecionales, la estrategia de Objetivos de Inflación genera reglas que necesitan cumplirse. De esta manera, la gente conoce *ex ante* la meta y la trayectoria a seguir por parte del Banco Central. Para fortalecer esta credibilidad el Banco Central necesita publicar comunicados en los cuales se explique como se llegó al objetivo de inflación o en caso contrario, porqué no se alcanzó.

En las figuras 4.1 y 4.3 se puede observar la implementación del esquema de Objetivos de Inflación a partir de 1994, pues ambas series muestran una mayor varianza a principios de este año que fue disminuyendo conforme las condiciones institucionales se fueron modificando y se fue generando mayor confianza y credibilidad de Banxico hacia los mercados. Además, de manera particular, en la serie de inflación (figura 4.1, panel (b)) se pueden ver los distintos objetivos que fueron implementados a través de la media de la serie y la credibilidad que fue ganando el Banco Central a través de la varianza de la serie.

Capítulo 5

Resultados

En primera instancia, se aplicó la prueba GSADF a la serie del INPC mensual desde 1994. El Cuadro 1 presenta los valores críticos únicos para esta prueba. El estadístico GSADF de la serie completa de datos es 3,066. Éste excede su respectivo valor crítico al 1 % de la cola derecha (es decir, $3,066 > 2,570$), dando fuerte evidencia de que el INPC mensual tiene subperiodos *tibiamente* explosivos. Entonces, es posible concluir que existe evidencia de burbujas en la serie del INPC mensual.

| | GSADF |
|--------------|-------|
| INPC mensual | 3.066 |
| 90 % | 1.770 |
| 95 % | 2.014 |
| 99 % | 2.570 |

Cuadro 5.1: La prueba GSADF para el INPC mensual.

En segunda instancia, se aplicó la prueba GSADF a la serie del INPP mensual. El Cuadro 2 presenta los valores críticos para esta prueba. El estadístico GSADF de la serie completa de datos es 3,650. Éste excede su respectivo valor crítico al 1 % de la cola derecha (es decir, $3,650 > 2,215$), dando fuerte evidencia de que el INPP mensual también tiene subperiodos *tibiamente* explosivos. Entonces, es posible concluir que también en esta serie existe evidencia de burbujas inflacionarias.

| | GSADF |
|--------------|-------|
| INPP mensual | 3.650 |
| 90 % | 1.394 |
| 95 % | 1.652 |
| 99 % | 2.215 |

Cuadro 5.2: La prueba GSADF para el INPP mensual.

Finalmente, se aplicó la prueba GSADF a la serie de la Inflación Subyacente mensual. El Cuadro 3 presenta los valores críticos para esta prueba. El estadístico GSADF de la serie completa de datos es 7,125. Éste excede su respectivo valor crítico al 1 % de la cola derecha (es decir, $7,125 > 2,570$), dando fuerte evidencia de que la inflación subyacente mensual tiene subperiodos *tibiamente* explosivos. Entonces, es posible concluir que existe evidencia de burbujas en la serie de precios subyacentes mensual entre enero de 1994 y marzo del 2014.

| | GSADF |
|-----------------|-------|
| Inf. Subyacente | 7.125 |
| 90 % | 1.770 |
| 95 % | 2.014 |
| 99 % | 2.570 |

Cuadro 5.3: La prueba GSADF para la Inflación Suyacente.

La gráfica (5.1) muestra el estadístico GSADF con su secuencia de valor crítico para la serie del INPC. En este caso, el índice es comparado con la inflación subyacente para aportar una idea acerca de la proveniencia de los periodos con comportamiento *tibiamente* explosivo.

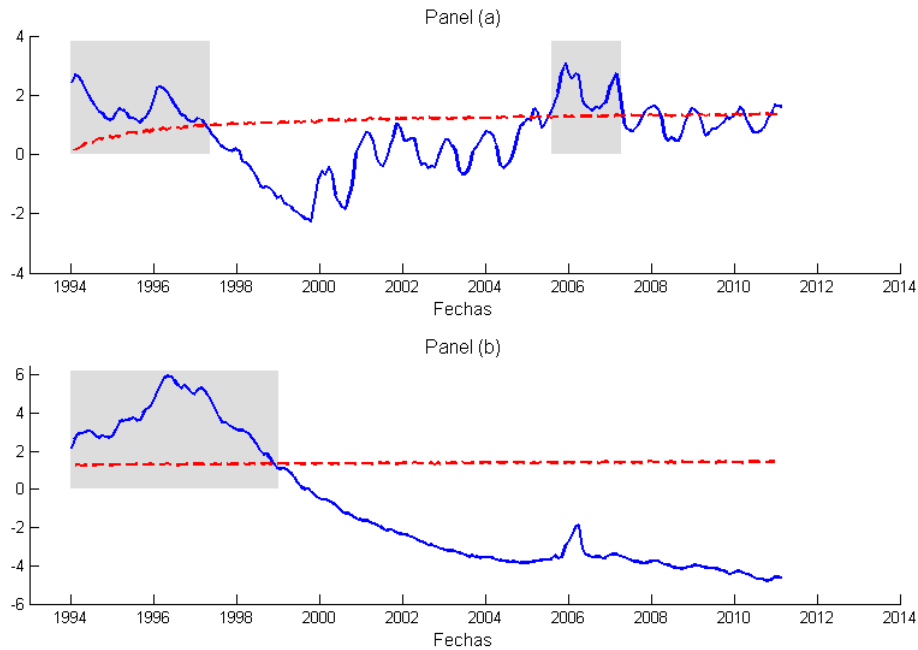


Figura 5.1: Periodos de burbujas en el INPC mensual y la Inflación Subyacente: la prueba GSADF. El panel (a) muestra en color azul, la serie del estadístico BSADF y en verde, la del valor crítico correspondiente a la serie del INPC. El panel (b) muestra en azul la serie del estadístico BSADF y en verde la del valor crítico correspondiente al índice subyacente.

La segunda parte de la aplicación de la prueba consiste en comparar de forma más

precisa el valor del estadístico y el del valor crítico correspondiente utilizando la serie del INPC. Para ello, se utiliza un condicional en Matlab que arroja las fechas en las cuales el estadístico GSADF sobrepasa su valor crítico correspondiente. Al aplicar este condicional, se encuentran dos burbujas principales y tres pequeños periodos con comportamiento *tibiamente* explosivo. Las fechas de inicio y término son presentadas en el Cuadro 5.4 que se muestra a continuación.

| INPC mensual | | | |
|-------------------------|---------|---|---------|
| | Inicio | - | Término |
| 1. ^a burbuja | 1994.01 | - | 1997.04 |
| 2. ^a burbuja | 2005.09 | - | 2007.05 |
| 3. ^a burbuja | 2009.01 | | |
| 4. ^a burbuja | 2010.03 | | |
| 5. ^a burbuja | 2011.01 | | |

Cuadro 5.4: Inicio y término de periodos *tibiamente* explosivos en el INPC.

El enfoque puramente estadístico de la prueba no permite la indentificación de los factores económicos que pudieron provocar estos comportamientos *tibiamente* explosivos. Sin embargo, los periodos con comportamiento *tibiamente* explosivo, sobre todo los dos más largos, podrían estar relacionados con algunas crisis que afectaron el proceso inflacionario en México.

Para 1994, el llamado *Error de Diciembre* tuvo consecuencias a nivel mundial que provocaron que los negocios mexicanos que tenían deudas en dólares sufrieran un golpe inmediato. A raíz de la devaluación abrupta del peso en diciembre de 1994 y como consecuencia de la imposibilidad de mantener el tipo de cambio, las reservas internacionales disminuyeron rápidamente propiciadas por las fugas de capital. Lo anterior, y de manera directa la súbita depreciación del peso se tornaron en presiones a la alza de la inflación.

A nivel internacional las consecuencias de la crisis fueron conocidas como el *Efecto Tequila*, no obstante, las consecuencias fueron relevantes no sólo fuera del país. Lo repentino de la crisis y las inesperadas presiones inflacionarias¹ provocaban que la gente esperara que los precios de los bienes se incrementara aún más, lo cual, como se comentaba en el capítulo 3 podría volverse una profecía autocumplida. La influencia de las expectativas en la formación de precios pudo provocar el comportamiento *tibiamente* explosivo que vemos en la serie desde 1994 hasta 1997. Nótese de la gráfica 5.1 que la recuperación de la crisis financiera y las consecuentes políticas monetarias y fiscales se reflejan en un comportamiento no estacionario del índice y por lo tanto, estacionario de la inflación.

Para el caso del segundo periodo de comportamiento *tibiamente* explosivo, la inter-

¹Debe recordarse que en la época se mencionaba que México estaba por volverse un país de primer mundo y en mayo de aquel año se había incorporado a la OCDE.

pretación no es tan evidente y como se mencionaba anteriormente, podría estar relacionada con factores ajenos a las expectativas de inflación. Dado esto y el objetivo de la tesina, se deja la interpretación de este comportamiento para investigaciones futuras. Aunado a esto, en el caso del la Inflación Subyacente desde 1994 (también mostrada en la gráfica 5.1 panel b), se detecta un sólo periodo de comportamiento explosivo que viene desde antes de enero de 1994 y termina en diciembre de 1998. Esto también va en línea con la posibilidad de que la desviación de la inflación con su objetivo sea causado por decisiones de carácter administrativo o estacional que no están relacionadas con los precios subyacentes. Esto último permitiría a los hacedores de política monetaria decidir no tomar acciones ante la observación de dicho comportamiento.

La siguiente gráfica (5.2) muestra el estadístico GSADF con su secuencia de valor crítico para la serie del INPP. Al igual que en el caso del INPC, el índice es comparado con la inflación subyacente para aportar una idea acerca de la proveniencia de los periodos con comportamiento *tibiamente* explosivo.

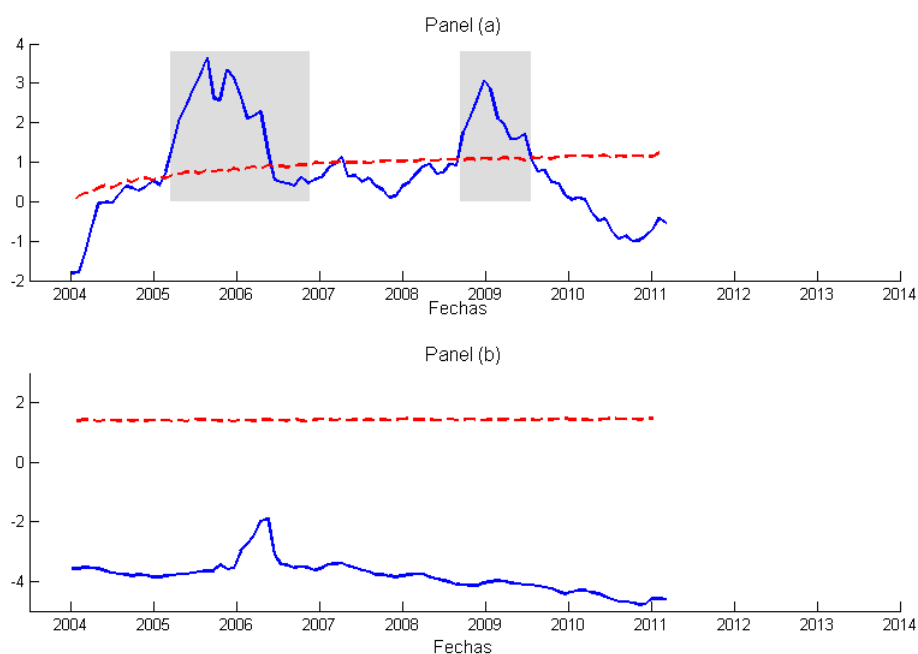


Figura 5.2: Periodos de burbujas en el INPP mensual y la Inflación Subyacente: la prueba GSADF. El panel (a) muestra en color azul, la serie del estadístico BSADF y en verde, la del valor crítico correspondiente a la serie del INPP. El panel (b) muestra en azul la serie del estadístico BSADF y en verde la del valor crítico correspondiente al índice subyacente.

Para poder interpretar mejor la gráfica, se utilizó la comparación más precisa utilizando Matlab del valor del estadístico con el valor crítico correspondiente utilizando la serie del

INPP. Al aplicar este condicional, se encontraron dos periodos principales con comportamiento *tibiamente* explosivo. Las fechas de inicio y término son presentadas en el Cuadro 5.5.

| INPP mensual | | | |
|-------------------------|---------|---|---------|
| | Inicio | - | Término |
| 1. ^a burbuja | 2005.02 | - | 2006.05 |
| 2. ^a burbuja | 2008.10 | - | 2009.07 |

Cuadro 5.5: Inicio y término de periodos *tibiamente* explosivos en el INPP.

En el caso del índice de precios subyacentes, se observa una ausencia de comportamiento *tibiamente* explosivo desde diciembre del 2003 y hasta 2014. Esto en línea con lo observado en el caso del INPC.

Todos estos resultados muestran que tanto el INPC como el INPP, tienen un comportamiento no estacionario y por periodos se vuelve *tibiamente* explosivo, lo cual significa que la inflación tiene un compartamiento estacionario alrededor del objetivo establecido por el Banco de México y por momentos es estacionario pero de memoria larga. La existencia de estos subperiodos nos permite concluir que una descripción así de la serie de inflación no sólo es posible, si no innovadora. Además, puede ser una herramienta de gran ayuda para los hacedores de políticas monetarias en cuanto que puede distinguir un comportamiento *tibiamente* explosivo sin necesidad de que éste ya haya concluido. Esto significa que detecta lo que podría ser una burbuja inflacionaria antes de que ésta explote. Aunado a esto, al compararlo con la inflación subyacente, se tienen indicios de la proveniencia de dicho comportamiento, lo cual puede ser más indicativo de si actuar o no en caso de que las expectativas se estuvieran desanclando.

Capítulo 6

Conclusiones

La presente tesina caracteriza el proceso inflacionario en México como un proceso estacionario y por periodos estacionario pero con memoria larga. Para ello, se aplicó una prueba estadística recientemente desarrollada por Phillips, Shi & Yu (2012) al índice nacional de precios al consumidor, al productor y a los precios subyacentes. Este enfoque contrasta un comportamiento no estacionario con uno *tibiamente* explosivo, por lo que resulta interesante aplicárselo a los índices y no directamente a la inflación.

Tras la aplicación, se encontró que hay dos periodos principales de comportamiento *tibiamente* explosivo en el INPC, uno que va de 1994 a abril de 1997 y otro de septiembre de 2005 hasta mayo de 2007. No obstante, al observar la serie de los precios subyacentes, sólo se confirma el primer periodo de comportamiento *tibiamente* explosivo, lo cual deja pensar que únicamente en ese periodo el choque tuvo que ver con cuestiones de expectativas. En la serie del INPP, se detectaron igualmente dos burbujas, una de febrero de 2005 a mayo de 2006 y otra de octubre del 2008 a septiembre del 2009. Sin embargo, en este periodo no se observan burbujas en los precios subyacentes por lo que es imposible intuir claramente de dónde proviene el choque que afectó al INPP.

Aunque el enfoque puramente estadístico que fue utilizado en este trabajo no permita asegurar la proveniencia de los choques, la comparación con el índice de precios subyacentes sugiere que parece razonable suponer que los choques no tienen relación con decisiones de carácter administrativo o estacional, si no más bien con el proceso de formación de las expectativas en México.

Como se mencionó, la oportuna detección de burbujas inflacionarias y su comparación con el comportamiento presente en la serie de precios subyacentes, permitiría a los hacedores

de política monetaria decidir tomar o no acciones ante la observación de un comportamiento *tibiamente* explosivo; ya que ésta es una condición relevante sobre la cual descansan las actuales acciones de política monetaria en México.

Bibliografía

- ARIZE, A. C., J. MALINDRETOS, AND K. NAM (2005): “Inflation and structural change in 50 developing countries,” *Atlantic Economic Journal*, 33(4), 461–471.
- BANCO DE INFORMACIÓN ECONÓMICA, INEGI (20 de Abril de 2014): “<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>,” .
- BANCO DE MÉXICO (15 de Agosto de 2014): “<http://www.banxico.org.mx/ayuda/temas-mas-consultados/indices-precios-inflacion.html>,” .
- CHIQUIAR, D., A. NORIEGA, AND M. RAMOS-FRANCIA (2007): “Un enfoque de series de tiempo para probar un cambio en persistencia de la inflación: La experiencia de México,” *Banco de México. Documento de Investigación*, (2007-01).
- DIBA, B. T., AND H. I. GROSSMAN (1988a): “Explosive rational bubbles in stock prices?,” *The American Economic Review*, pp. 520–530.
- (1988b): “Rational inflationary bubbles,” *Journal of Monetary Economics*, 21(1), 35–46.
- ENDERS, W. (2008): *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- EVANS, G. W. (1991): “Pitfalls in testing for explosive bubbles in asset prices,” *The American Economic Review*, pp. 922–930.
- FLOOD, R. P., AND P. M. GARBER (1980): “Market fundamentals versus price-level bubbles: the first tests,” *The Journal of Political Economy*, pp. 745–770.
- GRANGER, C. W., AND P. NEWBOLD (1974): “Spurious regressions in econometrics,” *Journal of econometrics*, 2(2), 111–120.

- GREGORIOU, A., AND A. KONTONIKAS (2006): “Inflation targeting and the stationarity of inflation: New results from an ESTAR unit root test,” *Bulletin of Economic Research*, 58(4), 309–322.
- GÜRKAYNAK, R. S. (2008): “Econometric tests of Asset price bubbles: talking stock,” *Journal of Economic Surveys*, 22(1), 166–186.
- HASSLER, U., AND J. WOLTERS (1995): “Long memory in inflation rates: International evidence,” *Journal of Business & Economic Statistics*, 13(1), 37–45.
- MARTINEZ, F. B. (1995): “El nuevo régimen del Banco de México,” *comercio exterior*.
- PÁSTOR, L., AND P. VERONESI (2006): “Was there a Nasdaq bubble in the late 1990s?,” *Journal of Financial Economics*, 81(1), 61–100.
- PHILLIPS, P. C., AND T. MAGDALINOS (2007): “Limit theory for moderate deviations from a unit root,” *Journal of Econometrics*, 136(1), 115–130.
- PHILLIPS, P. C., S.-P. SHI, AND J. YU (2013): “Testing for multiple bubbles 1: Historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500,” .
- PHILLIPS, P. C., Y. WU, AND J. YU (2011): “Explosive Behavior in the 1990s NASDAQ: When did exuberance escalate asset values?,” *International economic review*, 52(1), 201–226.
- PHILLIPS, P. C., AND J. YU (2011): “Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis,” *Quantitative Economics*, 2(3), 455–491.
- SOLLIS, R. (2001): “US and UK inflation: Evidence on structural change in the order of integration,” Discussion paper, Trinity College Dublin, Department of Economics.
- TAYLOR, A. (2005): “Fluctuation Tests for a Change in Persistence*,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(2), 207–230.
- VENTOSA-SANTAULARIA, D., AND M. GÓMEZ-ZALDÍVAR (2009): “Broken mean stationarity and the validity of the Dickey-Fuller test: the case of controlled inflation,” *Brazilian Review of Econometrics*, 29(1), 1–16.