



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
INSTITUTO DE ECONOMÍA
MACROECONOMETRÍA APLICADA, EAE3102-1.

Tarea 2: Evolución de la Inversión.

Raul Haltenhoff

Oscar Herrera

Segundo Semestre de 2023.

Pregunta 1: Caracterización de la serie I_t

Definición de la serie I_t

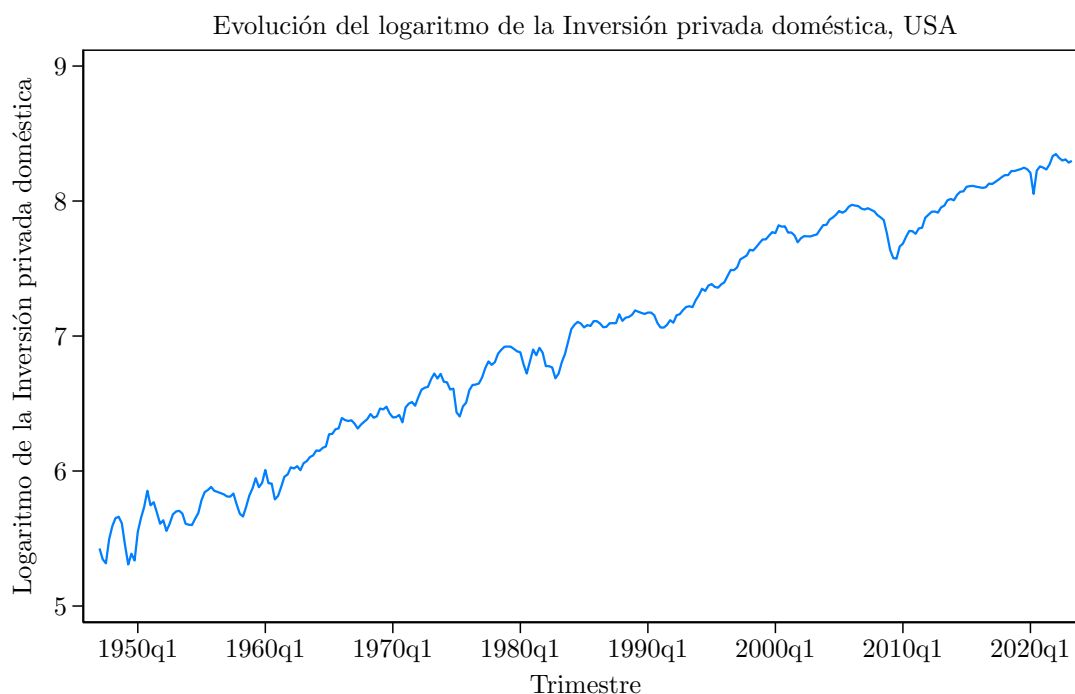
Para definir la serie descargada, “Real Gross Private Domestic Investment”, nos dirigimos a documentaciones oficiales y no oficiales. Con el fin de tener una noción inicial, simple de entender, nos dirigimos a Wikipedia antes de ir a su definición formal en la documentación de la agencia ‘U.S. Bureau of Economic Analysis’. En la fuente no oficial encontramos que la serie corresponde a medición de la inversión física, posteriormente usada para el cómputo del PIB de Estados Unidos, y que es una medida bruta. La medida no descuenta inversiones por mantenimiento a fin de compensar las pérdidas por depreciación de los activos físicos. Es decir, es inversión física que considera como esta la reposición de stock por depreciación. A partir de esta definición pudimos deducir que esta medida es el equivalente a lo que se conoce simplemente como “inversión” en cuentas nacionales. La serie incluye la formación bruta de capital física y la variación de inventarios.

Luego, revisamos la documentación oficial de la serie. Esta se define como la inversión privada fija y el cambio de inventarios que incluye reemplazos y adiciones al stock de capital de Estados Unidos, incluyendo la inversión de residentes y no residentes. La serie se compone de la suma de infraestructura, equipamiento, propiedad intelectual, cambios en inventarios y efectos valoración del inventario.

Finalmente, nosotros definimos la serie I_t como el logaritmo de la serie descargada.

Caracterización de la serie I_t

Primero, realizamos un análisis exploratorio de serie por medio de una visualización gráfica. Cabe recalcar que nuestra serie graficada corresponde al logaritmo de la serie descargada. Podemos ver a simple vista que la serie sigue un proceso estocástico con tendencia, es decir, presuntamente la serie poseería al menos una raíz unitaria. Al tomar logaritmo, realizamos una transformación de linealización, lo que se traduce fuertemente en nuestro gráfico.



Luego para ser más formal en lo establecido anteriormente, se realiza el test de raíz unitaria de Phillips-Perron. Esto es equivalente a realizar una prueba para establecer si la serie es o no estacionaria.

El diseño de las hipótesis del test está dado por:

H_0 : La serie es de raíz unitaria

H_1 : La serie es estacionaria.

Definiendo nuestra tolerancia estadística en 5 %, se aplica el test de Phillips-Perron mediante el comando *pperron*, obteniendo los siguientes resultados:

Phillips-Perron para raíz unitaria	
Estadístico de Phillips-Perron	-0.943
Valor-p	0.7765

Como el valor-p es mayor a nuestra tolerancia estadística, no podemos rechazar la hipótesis nula H_0 , por lo tanto, equivalentemente existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la serie no es estacionaria.

A partir del gráfico sospechábamos que la serie no es estacionaria porque claramente posee tendencia y media incondicional no constante. Luego de realizar la prueba confirmamos esta sospecha.

Pregunta 2: Potenciales problemas de ajustar proceso ARMA(p,q) a I_t

En síntesis, establecimos los siguientes problemas:

- Si modeláramos la serie como un proceso ARMA(p,q), estaríamos estimando parámetros suponiendo que se cumplen TCL y LGN. Sin embargo, la serie **no es estacionaria**, por lo que lo anterior no se cumple. Por tanto, **no** podríamos hacer inferencia tradicional.
- Series no estacionarias, no satisfacen media y covarianza constantes en el tiempo, por tanto, un ARMA(p,q) no capturaría las dinámicas vitales de la serie.
- Si bien, operacionalmente se puede ajustar un modelo ARMA(p,q) a la serie, la estimación de los parámetros y conclusiones resultantes serían **erróneas**.

Lo anterior se explica por una serie de detalles técnicos que se profundizan a continuación.

La serie, al no poseer media constante, no cumple con el primer requisito para estacionariedad débil, por lo que ya podemos decir que por lo menos perderemos la LGN. LGN nos restringía la heterogeneidad de la muestra, lo que nos aseguraba la consistencia de la estimación. Al perder la restricción de heterogeneidad, nuestra estimación no será asintóticamente insesgada con modelos estacionarios.

Intuitivamente, si quisiéramos estimar la media incondicional en cada momento del tiempo, como cada punto posee una media distinta, sólo tendríamos una observación para estimar cada media incondicional. En definitiva, no tendremos muestras grandes para los momentos más básicos y la probabilidad de estimar algo sesgado es realmente alta.

Si nuestra estimación no es asintóticamente insesgada, entonces la capacidad de sacar conclusiones al momento de hacer inferencia es mucho menor. TCL se basa en que cada observación proviene de la misma distribución, o alternatively, provienen de distribuciones cuya heterogeneidad es relativamente controlada. Entonces, en nuestro caso de estudio usando todos los datos de la muestra difícilmente podríamos decir algo acerca de la distribución asintótica de los estimadores a causa de la heterogeneidad desatada. No podemos hacer inferencia clásica y las herramientas estadísticas tradicionales para testear conclusiones sobre los modelos dejan de tener validez. Que cada punto posea una media distinta es casi equivalente a que cada realización de la muestra proviene de una distribución distinta.

En resumen, tendremos estimaciones asintóticamente sesgadas y no podremos realizar inferencia tradicional.

Pregunta 3: Estimación y análisis del modelo 1

Estimación

Estimamos el modelo 1, definido como:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \beta_4 I_{t-1} + \beta_5 I_{t-2} + \epsilon_t \quad (1)$$

Se utiliza el comando *arima* para estimar el modelo por máxima verosimilitud. El comando utilizado fue el siguiente:

```
arima Log_I t t_2, arima(2,0,0)
```

Los resultados se despliegan a continuación. Notar que todo corresponde al mismo modelo pero separados en dos componentes: la tendencia (1) y el ciclo (2).

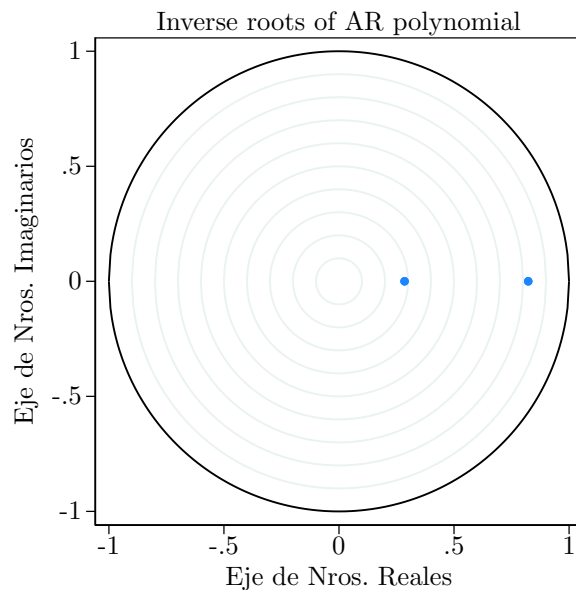
VARIABLES	(1) <i>Log(I_t)</i>	(2) ARMA	(3) σ
<i>t</i>	0.0119*** (0.000862)		
<i>t</i> ²	-7.45e-06*** (2.86e-06)		
<i>I</i> _{<i>t</i>-1}		1.107*** (0.0437)	
<i>I</i> _{<i>t</i>-2}		-0.234*** (0.0471)	
β_0	5.378*** (0.0465)		0.0459*** (0.00128)
Tamaño muestral	306	306	306

Errores estándar en paréntesis
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

El modelo es altamente significativo ya que el valor-p asociado al estadístico de Fisher es mayor a nuestra tolerancia estadística: $Prob > F = 0,000$ (hipótesis nula: modelo no significativo).

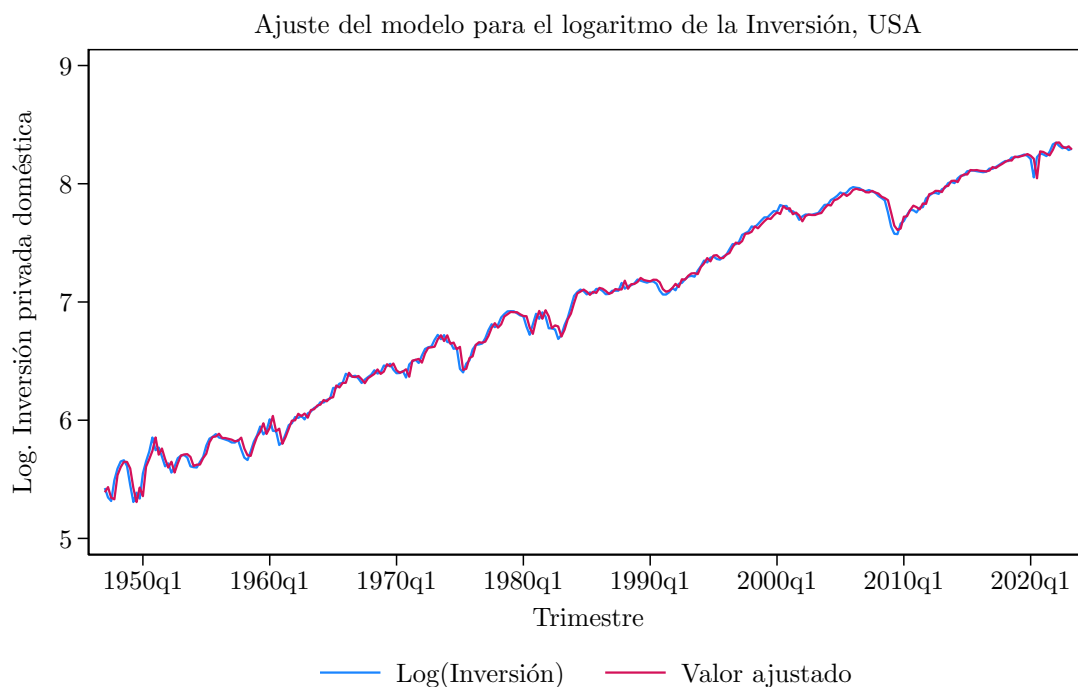
Test de Raíces Unitarias y Validaciones

Realizamos un test de raíces unitarias al modelo estimado mediante el comando *aroots*, luego de estimar el modelo por máxima verosimilitud. A continuación, se despliegan los resultados de forma visual.



Gráficamente, podemos ver que las raíces del polinomio de rezagos se encuentran dentro del círculo unitario. Esto es equivalente a concluir que el modelo es **estacionario en tendencia**, en el sentido en que al controlar por tendencia, el ciclo representado con un componente autorregresivo es estacionario. Con esto, nuestro modelo queda relativamente validado.

A fin de realizar una revisión adicional graficamos la proyección del modelo junto a los valores realizados. Podemos ver que el modelo se ajuste bastante bien a lo observado.



Interpretaciones, Conclusiones y Vínculos con Pregunta 1

En cuanto a los resultados de la estimación, notar que todos los coeficientes son altamente significativos. Al ser nuestro modelo conjunta e individualmente significativo, entonces el modelo logra capturar correctamente la importancia del componente tendencial cuadrático, a la vez que captura la gran importancia de los autorrezagos. Esto valida los resultados en la pregunta 1: la **serie tiene tendencia**.

Dicho lo anterior, podemos establecer las siguientes interpretaciones de coeficientes para el ciclo:

- I_{t-1} : El desvío de la inversión respecto a su tendencia se ve afectada de forma **positiva** por la inversión del trimestre anterior, es decir, aumentos de inversión en el ciclo económico podrían traducirse en inversión alta en el siguiente trimestre. Bien es sabido, que la inversión es un proceso que tarda en materializarse y se demora en ajustar. Esto explicaría un stock de capital que tiende a ajustarse en múltiples periodos.
- I_{t-2} : La inversión de dos trimestres anteriores tiene un impacto negativo en la inversión vigente. Esto se podría explicar por stocks de capital que terminan de ajustar en 2 periodos y que luego de ese intervalo se comienza a estabilizar.

Pregunta 4: Estimación y análisis de modelo con crisis

Estimamos el modelo 2, definido como:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \beta_4 I_{t-1} + \beta_5 I_{t-2} + \beta_6 Crisis_t + \epsilon_t \quad (2)$$

Al descargar y cargar la variable de recesiones a nuestra sesión de Stata, nos percatamos que la publicación de la serie en frecuencia trimestral corresponde a una serie que agrega de forma arbitraria los datos en frecuencia mensual. El método de agregación corresponde a una opción manual da la interfaz web, por lo que el usuario debe definir y escoger el método de agregación más adecuado. La serie no es publicada en forma trimestral, sin embargo, nosotros necesitamos trabajar con una variable dummy con frecuencia trimestral, por lo que necesitamos realizar una decisión de diseño respecto a la serie descargar.

Para definir la decisión a tomar nos dirigimos a la descripción oficial de la serie en la página web (FRED). Ahí encontramos que en la serie se asigna un valor de 1 a un mes cualquiera si la fecha crítica en donde comienza la recesión se encuentra dentro del mes en cuestión, o en su defecto, si todo el mes se encuentra dentro de la caída desde el punto local más alto al más bajo de la actividad económica. Esto es referido en la documentación como la “convención arbitraria”. Luego, en el segundo párrafo encontramos que existen situaciones donde solo una porción del periodo sufre recesión y en esos casos se etiqueta todo el periodo como “recesión”.

Por lo tanto, para ser consistentes con la definición original tomamos la decisión de que si un mes del periodo sufre recesión, entonces establecemos que todo el trimestre corresponde a un periodo depresivo. Con esta decisión, creamos nuestra variable binaria y corremos nuestro modelo.

Los resultados de la estimación son los siguientes:

VARIABLES	(1) Log-I	(2) ARMA	(3) sigma
t	0.0119*** (0.000851)		
t^2	-7.54e-06*** (2.81e-06)		
<i>RecesiónUSA</i>	-0.0184** (0.00789)		
I_{t-1}		1.088*** (0.0427)	
I_{t-2}		-0.215*** (0.0464)	
β_0	5.381*** (0.0468)		0.0457*** (0.00130)
Observations	306	306	306

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

El modelo es altamente significativo ya que el valor-p asociado al estadístico de Fisher es mayor a nuestra tolerancia estadística: $Prob > F = 0,000$ (hipótesis nula: modelo no significativo).

Aparte de concluir que el modelo es significativo, también podemos concluir que los rezagos y los componentes de tendencia siguen siendo significativos a la hora de explicar la inversión. Notar que las estimaciones también siguen siendo similares. Sin embargo, ahora podemos establecer que el término de recesiones, estadísticamente significativo, también es relevante económicamente a la hora de predecir o explicar el nivel de la inversión vigente. Periodos recesivos se asocian a una disminución de la inversión. Al activarse la variable $Crisis_t$ la inversión cae en 1,84 %. Este resultado es intuitivo lógicamente, ya que es claro que en periodos de crisis como el COVID, donde existe alta incertidumbre, muchos proyectos de inversión tienden a no realizarse ya que sus flujos proyectados son más inciertos que un contexto de mayor estabilidad.

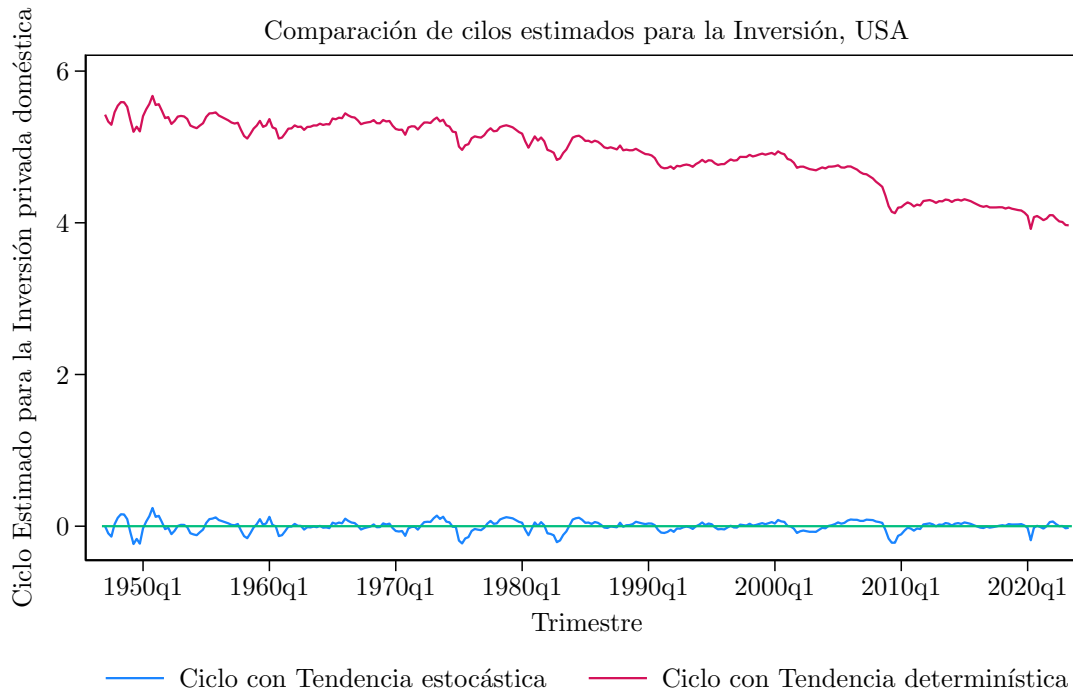
Pregunta 5: Comparación de estimaciones para el componente cíclico

Definimos C_t^{trend} como $\beta_4 I_{t-1} + \beta_5 I_{t-2} + \epsilon$ y C_t^{HP} como $x_{t-\tau^{HP}}$, donde τ^{HP} es la tendencia estimada mediante filtro HP. Habiendo hecho las definiciones pertinentes, procederemos a calcular el ciclo, por tendencia determinística y por filtro HP.

Computacionalmente, para calcular C_t^{trend} realizamos la proyección del término de tendencia con los respectivos parámetros, habiendo estimado todo el modelo por máxima verosimilitud. C_t^{HP} es obtenido luego de aplicar directamente el comando *tsfilter*, con $\lambda = 16000$, conforme a lo sugerido por la literatura para datos trimestrales.

En principio, la serie con tendencia determinística debería ser más volátil, ya que al usar una proxy arbitraria de tendencia, es posible que los datos no se ajusten muy bien a esta. Al usar una suavización que proviene directamente de los datos en toda su forma, la tendencia se ajustará más a los datos, evitando saltos bruscos de un periodo a otro.

Para corroborar de forma informal nuestra hipótesis graficamos ambos ciclos estimados:



Efectivamente nuestras sospechas se confirman. El filtro HP ayuda a corregir problemas por arbitrariedades al definir la tendencia determinística ya que define el ciclo de forma no paramétrica y sin variables para la tendencia.

Para realizar una corroboración un poco más formal computamos las desviaciones estándar de ambos ciclos estimados, obteniendo una desviación estándar de 0.4292755 para C_t^{trend} y de 0.0718903 para C_t^{HP} . De esta forma, queda comprobada cuantitativa y empíricamente nuestra respuesta.

Pregunta 6: Test de Raíz Unitaria para los ciclos

El diseño de las hipótesis del test está dado por:

H_0 : La serie es de raíz unitaria

H_1 : La serie es estacionaria.

Definiendo nuestra tolerancia estadística en 5 %, se aplica el test de Phillips-Perron mediante el comando *pperron*, obteniendo los siguientes resultados:

Phillips-Perron para raíz unitaria para C_t^{trend}	
Estadístico de Phillips-Perron	-0.218
Valor-p	0.9363

Phillips-Perron para raíz unitaria para C_t^{HP}	
Estadístico de Phillips-Perron	-6.597
Valor-p	0.0000

Como el valor-p es mayor a nuestra tolerancia estadística, no podemos rechazar la hipótesis nula H_0 para el ciclo con tendencia estocástica pero sí para el ciclo con tendencia determinística. Por lo tanto, establecemos que el ciclo estocástico es estacionario y el ciclo determinístico no es estacionaria.

Debido a que nuestro ciclo con tendencia estocástica es estacionario, lo que es una propiedad deseable para el corto plazo y para las herramientas estadísticas conocidas, poseemos preferencia por esta serie. Además, la serie con tendencia estocástica es consistente con la teoría económica en el sentido de que las personas no toman decisiones de una forma completamente predecible con criterios determinísticos, a veces reaccionando a la nueva información disponible cuyo surgimiento también posee naturaleza estocástica, generando reacciones de las decisiones de esta naturaleza también. Por todo esto, preferimos C_t^{HP} .

Con esto, podemos ajustar un modelo ARMA(p,q) para el ciclo estocástico y ocupar los supuestos tradicionales usados en econometría para poder estimar parámetros y realizar inferencia estadística sobre ellos.

Pregunta 7: Modelo ARMA(p,q) para C_t^{HP}

- Para determinar el proceso que lleva la serie, se realiza lo siguiente:

Comenzamos el proceso de modelación con una prueba de ruido blanco para chequear que existe poder predictivo explotable. Realizamos este test y se encuentra que la serie tiene predictibilidad.

El diseño de las hipótesis del test corresponde al siguiente:

$$H_0 : \text{La serie es un proceso de ruido blanco.}$$

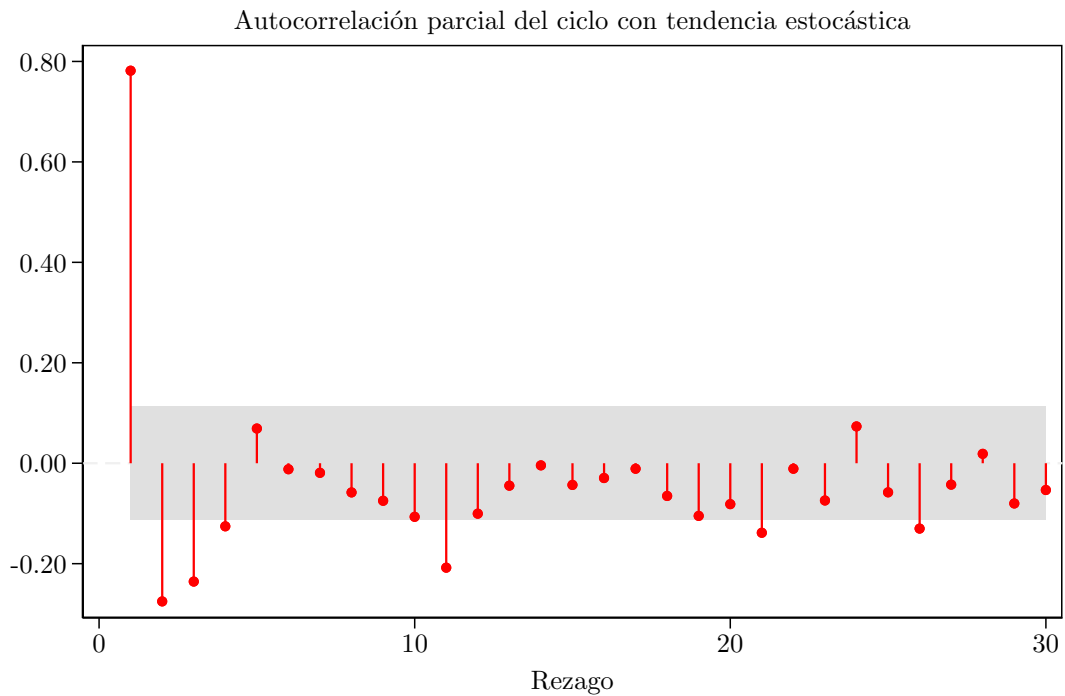
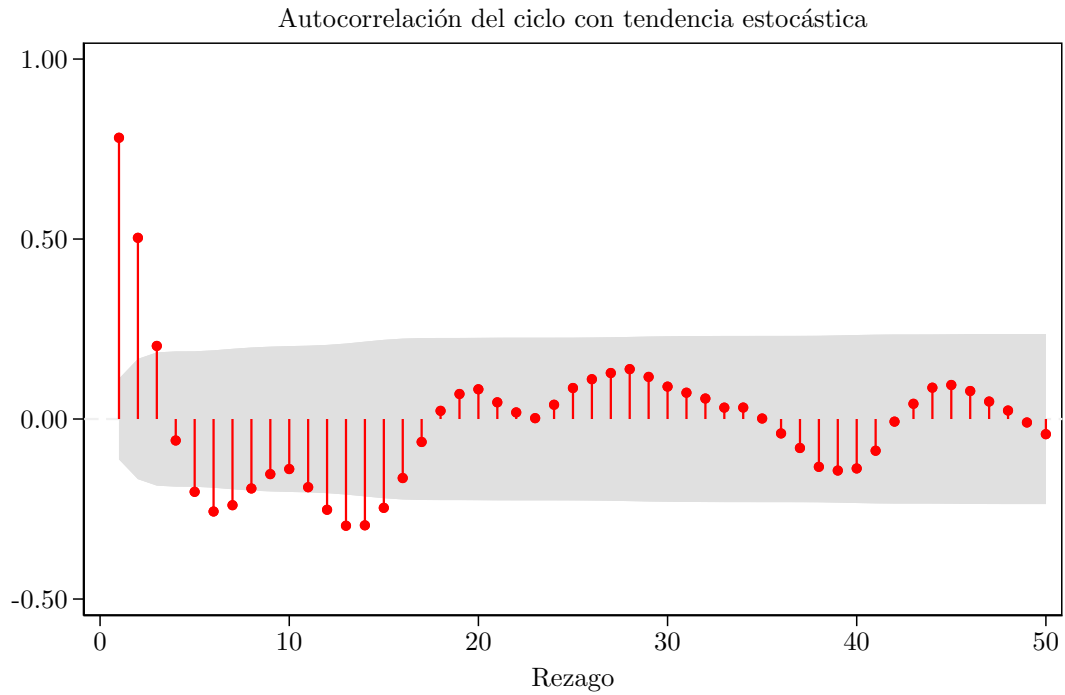
$$H_1 : \text{La serie no es un proceso de ruido blanco.}$$

Se aplica el test de Portmanteau, obteniendo los siguientes resultados:

Test de Portmanteau para ruido blanco	
Estadístico de Portmanteau (Q)	550.9002
Valor-p ($Q \sim \chi^2(80)$)	0.0000

Como el valor-p es menor a nuestra tolerancia estadística, rechazamos la hipótesis nula, por lo tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la serie no sigue un proceso de ruido blanco.

En cuanto al criterio Box-Jenkins, En primer lugar, computamos y visualizamos el autocorrelograma para el ciclo vía comando. En segundo lugar, también computamos y visualizamos el autocorrelograma parcial vía comando para el ciclo.



En el autocorrelograma podemos contar 3 rezagos significativos de izquierda a derecha antes de caer en el intervalo de confianza, donde el estadístico no es distinto a cero de forma estadísticamente significativa. Además, el autocorrelograma no converge a cero como es distintivo en procesos autorregresivos, por lo que esto nos hace sospechar que el proceso tenga un componente de media móvil de orden 3. Luego, el autocorrelograma presenta una

disipación súbita de significancia después del primer rezago, lo que es más consistente con un componente autorregresivo de orden 4. Sin embargo, algunos rezagos son significativos en baja magnitud. Esto respalda la existencia de ambos componentes: MA(4) y AR(3).

Estimamos el modelo escogido por Box-Jenkins y realizamos la prueba de ruido blanco de Breusch-Godfrey para los residuos estimando previamente con $T^{\frac{1}{3}} = 68$ rezagos, con el fin de validar que el modelo es un candidato válido que no genera residuos inconsistentes con una correcta estimación.

Las hipótesis son las siguientes:

H_0 : Los errores predichos no presentan correlación serial.

H_1 : Los errores predichos presentan correlación serial.

Aplicamos el test de Breusch-Godfrey, obteniendo los siguientes resultados:

Test de Breusch-Godfrey para ruido blanco	
Estadístico	0.028
Valor-p ($Q \sim \chi^2(1)$)	0.8670

Debido a que el valor-p es mayor a nuestra tolerancia no rechazamos que la serie sigue un proceso de ruido blanco, por lo que nuestra estimación queda validada.

En este punto estimamos mediante máxima verosimilitud todos los posibles modelos ARMA(p, q), $\forall p, q \leq 5$. Lo anterior, mediante comando *arima* y un ciclo *loop*. Al comparar cuantitativamente los posibles modelos a seleccionar, nos decidimos por usar el criterio BIC para toda estimación en desmedro de AIC, ya que el primero penaliza por el número de parámetros a estimar y así evitar caer en sobreajuste (overfitting). Por criterio de menor BIC escogemos el modelo ARMA(2, 5), en línea con nuestras sospechas en el Criterio de Box-Jenkins.

Volvemos a estimamos por medio de *arima* el proceso ARMA(2,5), en este caso para obtener estimaciones de los residuos. Estos son testeados por una prueba de *Breusch – Godfrey*. Los resultados son los siguientes:

Test de Breusch-Godfrey para ruido blanco	
Estadístico	0.020
Valor-p ($Q \sim \chi^2(1)$)	0.8888

Debido a que la significancia estadística respecto al modelo ARMA(3,4) es mayor en el test de ruido blanco para los residuos, concluimos que C_t^{HP} , sigue un proceso ARMA(2,5).

Pregunta 8: Índice Consumer Sentiment:

El Índice Consumer Sentiment es un índice resultante de un cuestionario llevado a cabo por la Universidad de Michigan, donde realizan a los encuestados consultas como las siguientes:

- ¿Como cree que esta su familia financieramente **hoy?**, ¿bien o mal?. Luego, la misma pregunta anterior, pero en **12 meses más**, es decir, sus expectativas.
- Perspectiva de la economía en general en los próximos 12 meses y para los siguientes años. Es decir, las expectativas sobre el panorama general según su percepción.

Luego, mediante una fórmula se agregan los resultados y se produce el índice. Este índice no es perfecto, en el sentido en que mejoras podrían incluir espacio para otras preguntas relevantes, por ejemplo, si la persona cree que mantendrá o no su trabajo durante los próximos meses, si tienen planificado comenzar un negocio en los próximos meses, entre otras. El nivel de este índice nos da una idea de las percepción de los consumidores sobre el estado de la economía actual, y lo que creen sobre el futuro de esta. Altos niveles se asociarían con una perspectiva positiva y viceversa.

Pregunta 9: Modelo ARMA(2,5) para el ciclo incorporando el sentimiento

Se estimará el siguiente modelo, agregando la variable de sentimiento del consumidor en logaritmo. También, se genera el vector de ruidos blancos mediante el comando *arima* para generar el componente MA(5) del modelo.

$$C_{HP} = \phi_0 + \phi_1 C_{HP-1} + \phi_2 C_{HP-2} + \phi_3 \epsilon_{t-1} + \phi_4 \epsilon_{t-2} + \phi_5 \epsilon_{t-3} + \phi_6 \epsilon_{t-4} + \phi_7 \epsilon_{t-5} + \phi_8 \text{Log_Sent} + \epsilon_t \quad (3)$$

```
arima C_hp L_Sent if t>=52, arima(2,0,5)
```

Hemos decidido agregar el sentimiento del consumidor en niveles (logaritmo), ya que en momentos de perspectiva positiva, variaciones positivas del sentimiento podrían no afectar la inversión. Sin embargo, el nivel del sentimiento estaría relacionado con el retorno proyectado de la inversión, independiente de la variación que sufran ambas variables.

Primero que todo, antes de agregar el índice del consumidor al modelo ARMA(2,5) analizamos si es estacionario o no, y vemos que no lo es, al no rechazar H_0 para el logaritmo del sentimiento.

Phillips-Perron para raíces unitarias *Log_Sent*

Estadístico de Phillips-Perron	-3.375
Valor-p	0.0147

Luego, estimamos el modelo.

VARIABLES	(1) C_t^{HP}	(2) ARMA	(3) sigma
L.ar		1.856*** (0.0446)	
L2.ar		-0.909*** (0.0410)	
L.ma		-1.132 (480.3)	
L2.ma		0.00765 (63.32)	
L3.ma		-0.0231 (59.65)	
L4.ma		0.0455 (70.75)	
L5.ma		0.102 (48.88)	
Log(Sent)	0.0259** (0.0128)		
Constante	-0.115** (0.0568)		0.0338 (8.118)
Observations	255	255	255
Errores estándar en paréntesis			
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1			

La estimación del modelo cumple significancia global al 1 %. Vemos que al igual que en los modelos anteriores, la inversión pasada afecta positivamente a la inversión de hoy y la inversión rezagada en dos periodos tiene un pequeño efecto negativo hoy (Misma interpretación que en (4)). Como ya mencionamos, esto se puede deber a la estabilización del ajuste de la inversión, la cual toma varios periodos en alcanzar el nivel de capital óptimo.

Por otra parte, vemos como los ruidos blancos, la parte **MA** del modelo, tiene poco impacto en la inversión contemporánea. Los coeficientes de media móvil poseen magnitud pequeña y poco impacto económico. Esto tiene correlato con que los componentes **MA** son poco persistentes estadísticamente, es decir, que el efecto que tiene sobre la inversión se apaga rápidamente. Económicamente, sabemos que la inversión es el componente más volátil de la cuentas nacionales. Los shocks transitorios sólo añaden volatilidad a la inversión, sin embargo, son otros los factores que tienden a explicar predominantemente la inversión, consistente con la teoría económica.

Por último, el índice de sentimiento del consumidor tiene un eco positivo en la inversión de hoy, es decir, si las personas tienen una buena percepción de la economía hoy o buenas expectativas del futuro, la inversión tiende a aumentar. Esto se explicaría por menor incertidumbre y por mayor proyección de retornos al capital invertido, lo que genera que se lleven a cabo las decisiones de inversión.

Pregunta 10: Estimación para el ciclo con interacciones de crisis

Conforme a lo solicitado por el enunciado, estimamos los siguientes modelos.

$$C_t^{HP} = \alpha_0 + \alpha_1 C_{t-1}^{HP} + \alpha_2 Crisis_t + \alpha_3 (Crisis_t \times C_{t-1}^{HP}) + \epsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta I_t = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta I_{t-1} + \gamma_2 Crisis_t + \gamma_3 (Crisis_t \times \Delta I_{t-1}) + \epsilon_t \quad (5)$$

A continuación se despliegan los resultados para el modelo (4):

VARIABLES	(1) C_t^{HP}
C_{t-1}^{HP}	0.751*** (0.0329)
$Crisis_t$	-0.0597*** (0.00780)
$Crisis_t == 0 \times C_t^{HP}$	0 (0)
$Crisis_t == 1 \times C_t^{HP}$	0.0505 (0.106)
Constante	0.00827*** (0.00227)
Observations	305
Errores estándar en paréntesis	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

A continuación se despliegan los resultados para el modelo (5):

VARIABLES	(1) ΔI_t
ΔI_{t-1}	0.0683 (0.0630)
$Crisis_t$	-0.0665*** (0.00824)
$Crisis_t == 0 \times \Delta I_{t-1}$	0 (0)
$Crisis_t == 1 \times \Delta I_{t-1}$	-0.254 (0.182)
Constante	0.0171*** (0.00249)
Observations	304
Standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

Primero se analizan los coeficientes del modelo estimado por la ecuación (4).

- C_{t-1}^{HP} : El rezago del ciclo, impacta de forma positiva en el C_{hp} , es decir, gran parte de cómo se comporte el ciclo está explicado por lo que pasó el trimestre anterior. Por lo general, en los ciclos económicos de bonanza económica o recuperación (post-terremoto), la inversión tiende a elevarse demasiado porque conlleva una decisión postergada y como este componente macroeconómico se demora en materializar o tienen un porceso lento de ajuste, la inversión de ayer sigue **persistiendo hoy**, por tanto, los resultados tienen correlato con los resultados. La inversión se ajustaría en varios periodos.
- $Crisis_t$: La presencia de una crisis, impacta de forma negativa en el ciclo. En un contexto en que vemos la realización de un **shock** negativo a la economía, por ejemplo el COVID, la llegada de este shock depresivo tendería a postergar las decisiones de inversión por menor retorno proyectado.
- $Crisis \times C_{t-1}^{HP}$: Por último, vemos que controlando por la interacción entre la crisis y el rezago del ciclo, vemos que implica un impacto positivo en el ciclo. La presencia de una crisis impacta de forma negativa en el ciclo controlando por tendencia. Esto eventualmente podría cambiar el efecto del rezago. Al materializarse una crisis las decisiones de inversión se postergarían, generando un cambio en el efecto del rezago anterior, por lo que el coeficiente asociado a esta variable capturaría este ajuste en tiempo real realizado por los agentes.

Finalmente, se analizan los coeficientes para el modelo estimado por la ecuación (5).

- ΔI_{t-1} : Trabajar en diferencias nos permite forzar estacionaridad en caso de que la serie no lo fuera, pero el contra es que ya no estamos trabajando con la variable en sí y debemos realizar las interpretaciones sobre el crecimiento de la variable. En este contexto, el crecimiento de la inversión del periodo anterior impacta de forma positiva en el crecimiento vigente de la inversión. Ahora bien, llegamos a una conclusión similar que en los modelos anteriores en donde se analiza la inversión rezagada, sin embargo, en este caso la magnitud no es tan alta, esto se debe principalmete a como se está tratando la variable. Variaciones positvas de la inversión en periodos anteriores se asocian a variaciones positivas en periodos vigentes, pero asociado a un impacto

mucho menor. Económicamente, la inversión se ajusta pero lo hace a una velocidad cada vez menor. Es decir, la mayor parte del ajuste se realizaría en los primeros trimestres después de cambiar las decisiones.

- $Crisis_t$: Esta variable recibe la misma interpretación que en el modelo anterior.
- $Crisis \times \Delta I_{t-1}$: Análogo al modelo anterior, la presencia de una crisis impactaría de forma negativa el cambio de la inversión. Esto eventualmente podría cambiar el efecto del rezago. Al materializarse una crisis las decisiones de inversión se postergarían, generando un cambio en el efecto del rezago anterior, por lo que el coeficiente asociado a esta variable capturaría este ajuste en tiempo real realizado por los agentes.

Pregunta 11: Agregando la tasa de interés al modelo (5) de inversión

Para agregar la tasa de interés de la economía, usamos como variable proxy las tasas de interés de bonos del tesoro americano a 3 meses: “3 month treasury bill US”. Esta variable fue descargada de FRED e incorporada en frecuencia trimestral.

Esta variable fue incluida ya que según el modelo neoclásico, mayores niveles de la tasa de interés de la economía se asociarían a mayor costo de capital, generando que la inversión baje. Adicionalmente, considerando que existe un costo de oportunidad entre el ahorro y la inversión, al aumentar la tasa de interés los agentes de la economía tendrían mayores incentivos para invertir en bonos, disminuyendo así los recursos destinados a la inversión.

En cuanto al modelo escogido, nos decantamos por el modelo para el cambio porcentual de la inversión ya que nos parece que la teoría económica brinda mayor sustento a la relación directa entre el nivel de la inversión y la tasa de interés.

El modelo está dado por la siguiente ecuación.

$$\Delta I_t = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta I_{t-1} + \gamma_2 Crisis_t + \gamma_3 (Crisis_t \times \Delta I_{t-1}) + \gamma_4 TB3MS + \epsilon_t \quad (6)$$

Los resultados de la estimación son los siguientes:

VARIABLES	(1) ΔI_t
ΔI_{t-1}	0.0688 (0.0633)
$Crisis_t$	-0.0675*** (0.00847)
$Crisis_t == 0 \times \Delta I_{t-1}$	0 (0)
$Crisis_t == 1 \times \Delta I_{t-1}$	-0.265 (0.181)
Tasa a 3 meses	0.000527 (0.000783)
Constante	0.0151*** (0.00385)
Observations	304
Errores estándar en paréntesis	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

En contra de nuestra intuición sustentada en la teoría económica, obtenemos un efecto positivo de la tasa de interés de poca magnitud. En definitiva, un aumento de un punto porcentual en la tasa de interés de la economía tiene un efecto porcentual sobre la inversión despreciable. Al indagar en las posibles razones que expliquen esta situación pudimos establecer que tanto el cambio para la inversión como la tasa de interés poseen tendencia. Al observar la tendencia de la tasa de interés observamos que desde la década de los 40 hasta la década de los 80, la tasa de interés fue en aumento, mientras que desde los 90 en adelante fue en disminución. En general, nuestra muestra incluye más periodos de aumentos en tendencia que en disminución de esta, por lo que nuestros datos podrían estar captando un leve correlación positiva a falta de un mayor trabajo de datos.

Si nuestra hipótesis post-regresión es la correcta, a pesar de que no nos es clara la manipulación más adecuada para la tasa de interés considerando que la serie se puede dividir en dos tramos, de todas formas el resultado de nuestra estimación ilustraría la importancia de manipular correctamente los datos.

Notar que la significancia individual de la tasa de interés es nula estadísticamente, pero el modelo sí lo es conjuntamente al obtener un valor-p de cero para el test de Fisher.

Referencias

https://en.wikipedia.org/wiki/Gross_private_domestic_investment

<https://www.bea.gov/index.php/help/glossary/gross-private-domestic-investment>