

¿Cuáles han sido los efectos macroeconómicos de la Expansión Cuantitativa en Estados Unidos?

Trabajo Final del Grado en Administración y Dirección de Empresas

Antonio José Fernández Fernández

Curso 2016/2017

Resumen

El objetivo de este trabajo es estudiar cuáles han sido los efectos a corto y medio plazo de los programas de Quantitative Easing (QE) sobre las distintas variables macroeconómicas de Estados Unidos. Para ello se utiliza un modelo de Vector Autorregresivo para el cálculo de las funciones de impulso respuesta. Los principales resultados obtenidos son que los programas de QE estimularon la tasa de crecimiento del PIB hasta en un 1% en el tercer trimestre de 2015, reduciendo la tasa de desempleo hasta en un 0.38% en el primer trimestre de 2017 y estimulando la tasa de inflación hasta en un 0.47% en el último trimestre del año 2016.

Palabras clave: Expansión cuantitativa, Reserva Federal, tipo de interés sombra, Vector Autorregresivo, funciones de impulso-respuesta.

Dirigido por Víctor López Pérez / Departamento de Economía

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Los programas de Expansión Cuantitativa	6
2.1. ¿Qué es un programa de Expansión Cuantitativa?	6
2.2. Consecuencias de los programas de Expansión Cuantitativa	7
2.3. Riesgos de este tipo de programas	8
2.4. Programas de Expansión Cuantitativa de la Reserva Federal	9
3. Datos	10
3.1. Variables utilizadas	10
3.1.1. La tasa de crecimiento del PIB	10
3.1.2. La tasa de desempleo	12
3.1.3. La tasa de inflación	13
3.1.4. El tipo de interés sombra.....	15
3.2. Tratamiento de los datos	18
3.2.1. Ajuste estacional de los datos	18
3.2.2. Separación del componente cíclico	19
4. Modelo del tipo Vector Autorregresivo (VAR)	23
4.1. ¿Qué es un Modelo de Vector Autorregresivo?	24
4.2. Modelo Utilizado	25
4.3. Funciones de impulso - respuesta	28
5. Resultados	35
5.1. Cálculo del Shock	35
5.2. Respuestas Totales	37

6. Conclusiones	40
Bibliografía	41
Apéndice	45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Bonos en posesión de la FED durante la aplicación del QE	9
Gráfica 2. Evolución de la tasa de crecimiento del PIB (EE.UU)	11
Gráfica 3. Evolución de la tasa de desempleo (EE.UU.)	13
Gráfica 4. Evolución de la tasa de inflación (EE.UU.)	14
Gráfica 5. Comparación tipos de interés fondos federales y tipo de interés sombra.....	16
Gráfica 6. Evolución del tipo de interés sombra (EE.UU.)	17
Gráfica 7. Serie suavizada de la tasa de crecimiento del PIB	20
Gráfica 8. Serie suavizada de la tasa de desempleo	21
Gráfica 9. Serie suavizada de la tasa de inflación	22
Gráfica 10. Serie suavizada del tipo de interés	23
Gráfica 11. Respuesta tipo de interés a un shock en el tipo de interés	29
Gráfica 12. Respuesta tasa de crecimiento del PIB a un shock en el tipo de interés.....	30
Gráfica 13. Respuesta tasa de desempleo a un shock en el tipo de interés	31
Gráfica 14. Respuesta tasa de inflación a un shock en el tipo de interés	32
Gráfica 15. Respuesta tasa de desempleo a un shock en la tasa de crecimiento PIB	33
Gráfica 16. Respuesta tasa de inflación a un shock en la tasa de crecimiento del PIB..	34
Gráfica 17. Respuesta total de la tasa de crecimiento del PIB	37
Gráfica 18. Respuesta total de la tasa de desempleo	38
Gráfica 19. Respuesta total de la tasa de inflación	39

1. Introducción

Dicen que diez años no son nada, pero dan para mucho. Esa es la sensación que queda en el mundo después de vivir, o más bien de seguir recuperándonos, de unas de las crisis económicas y financieras más salvajes que se recuerdan. Como bien decía Albert Einstein [1] "en los momentos de crisis, sólo la imaginación es más importante que el conocimiento" y eso es lo que debieron de pensar los principales bancos centrales internacionales cuando intentaban buscar soluciones para reactivar las economías de sus respectivos países, y combatir así a una crisis que no dejó un territorio sin conquistar.

Corría el verano del año 2007 cuando estalla la ya anunciada por muchos economistas años antes, "crisis de las hipotecas subprime", conocidas así porque se concedieron a personas de escasa solvencia a altos tipos de interés. El estallido colapsó los mercados financieros de una manera tan drástica que la Reserva Federal y el Banco Central Europeo se vieron obligados a inyectar cientos de miles de millones y a bajar los tipos de interés. Esto hizo que los bancos centrales entraran en aguas inexploradas de política monetaria. Sin embargo, no sería hasta septiembre de 2008 con la caída de Lehman Brothers, señal definitiva de que el sistema estaba infectado, cuando se dieron cuenta de que esto iba en serio, con una Reserva Federal incapaz de parar un tsunami financiero que alcanzaba ya a todos los mercados internacionales.

La Reserva Federal comandada por Ben Bernanke, en un intento desesperado de remendar una situación fatal, sigue bajando los tipos de interés, dejándolos casi a cero, esperando una reacción de la economía estadounidense que no sucedió. Ante un escenario en el que las medidas convencionales de política monetaria no eran suficientes, este organismo decide llevar a cabo lo que denominó "Programas de Quantitative Easing (QE)", que consistía en la compra masiva de bonos del estado y cédulas hipotecarias. Estos programas se dividieron en 3 fases (QE1, QE2 y QE3) aplicándolos en noviembre de 2008, noviembre de 2010 y septiembre de 2012 respectivamente. La aplicación de estos programas generó muchas dudas en el sector económico y financiero, ya que eran muchos los que dudaban de su posible eficacia porque pensaban, al igual que el economista británico John Maynard Keynes [2] que en situaciones de depresión económica, la política monetaria es ineficaz. Sin embargo, la actual presidenta de la Reserva Federal, Janet Yellen [3], defendía estos estímulos como "la vía más segura" para volver a lo que denominó "normalidad monetaria".

Otros bancos centrales también han llevado a cabo estrategias de expansión cuantitativa como el Banco de Japón con su famoso programa "Abenomics" o el Banco Central Europeo que aún sigue comprando deuda soberana con sus programas de expansión cuantitativa, ya que como ha indicado su presidente Mario Draghi [4] "hay que tener paciencia con la política monetaria expansiva, ya que los efectos tardarán algo de tiempo en notarse" concepto clave a la hora de seguir una estrategia de este tipo. En definitiva, un experimento único para una crisis única.

Tras diez años, y aunque muchos son los datos que dicen que ya está superada esta crisis, lo cierto es que muchos países aún se están recuperando de uno de los periodos más negros de la historia económica mundial, por lo que la pregunta que muchos políticos, empresarios, economistas e inversores se están haciendo ahora mismo es si estos programas de QE han incidido positivamente en la economía de Estados Unidos, haciendo que la economía se recupere más rápidamente, o que, por el contrario, no han incidido significativamente en las variables macroeconómicas y que ha sido la propia tendencia económica la causante de dicha recuperación.

Muchos economistas como Christopher J. Neely (2013) en su artículo Four Stories of Quantitative Easing, entre otros, han estudiado los distintos programas de QE, tanto los realizados por la Reserva Federal como los que hizo el Banco de Japón y como los que está aplicando el Banco Central Europeo a día de hoy, trabajando con distintos modelos y sacando distintas conclusiones al respecto. Pero sin embargo ninguno de ellos proporciona exactamente la respuesta a la pregunta de cómo han afectado estos programas a las distintas variables macroeconómicas de Estados Unidos. Por ello, este proyecto tratará de cuantificar cuáles han sido los efectos a corto y medio plazo de esta estrategia no convencional de política monetaria sobre la economía estadounidense y saber definitivamente, una vez finalizados ya estos programas de QE, si han sido beneficiosos para la economía estadounidense o no.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: En la sección 2 se explica en qué consisten los programas de QE. La sección 3 detalla las variables utilizadas y el tratamiento de los datos. En la sección 4 se explica el modelo utilizado. En la sección 5 se exponen los principales resultados y en la última sección figuran las conclusiones.

2. Los programas de expansión cuantitativa

Como se ha indicado en la introducción, el objetivo de este trabajo es estimar y analizar los efectos a corto y medio plazo de los programas de expansión cuantitativa, también llamados de flexibilización cuantitativa, realizados por la Reserva Federal sobre las variables macroeconómicas de Estados Unidos. Por ello y antes de comenzar con el análisis de este proyecto, es conveniente saber qué es un programa de expansión cuantitativa y por qué un banco central decide llevarlo a cabo para una correcta comprensión de en qué consiste este trabajo de fin de grado.

2.1. ¿Qué es un programa de expansión cuantitativa?

*"La **Expansión Cuantitativa** (en inglés **Quantitative Easing**, cuyo acrónimo es **QE**) es una herramienta no convencional de política monetaria utilizada por algunos bancos centrales para aumentar la oferta de dinero, aumentando el exceso de reservas del sistema bancario, por lo general mediante la compra de bonos para estabilizar o aumentar sus precios y con ello reducir las tasas de interés a largo plazo. Esta medida suele ser utilizada cuando los métodos más habituales de control de la oferta de dinero no han funcionado." (OroyFinanzas.com) [5]*

Como bien expresa la definición, un programa de expansión cuantitativa consiste en una compra masiva de bonos del estado, en el caso de Estados Unidos también de cédulas hipotecarias, por lo que al aumentar la demanda de los mismos, los gobiernos de cada país e incluso los bancos privados que tengan en posesión bonos del estado podrán colocarlos con mayor facilidad en el mercado. Si aumenta la demanda de bonos, los precios de éstos suben, produciéndose así una correlación inversa entre el precio y el interés, ya que si los precios de los bonos suben, los intereses bajan y viceversa. Por lo tanto si la Reserva Federal de Estados Unidos llena la economía de dinero, los intereses bajan haciendo que la moneda, en este caso el dólar estadounidense, tenga menos valor.

La definición anterior también hace referencia a que los programas de expansión cuantitativa son una herramienta no convencional de política monetaria. Esto significa que es una estrategia que sólo se utiliza cuando las medidas convencionales no han funcionado, es decir, en el caso extremo en el que un determinado banco central ya no

puede bajar más los tipos de interés porque ya están cercanos a cero y la economía no ha dado signos de cambio.

2.2. Consecuencias de los programas de expansión cuantitativa

Al aplicar un banco central un programa de QE en la economía de un país o conjunto de países, se espera que se produzcan una serie de consecuencias a corto y medio plazo. O dicho de otra manera, qué es lo que un banco central cree que debería suceder en la economía con la aplicación de un programa de este tipo. A continuación se exponen los principales efectos desde el punto de vista de la economía de un país, de los gobiernos y de los bancos privados, que también son actores principales de esta estrategia de política monetaria:

- **Se reducen los tipos de interés:** Como se ha especificado en el apartado anterior, al aumentar la demanda de bonos del estado y de cédulas hipotecarias hace que los precios de éstos suban y que los tipos de interés caigan.
- **La situación financiera de los bancos privados mejora:** Algunos programas de QE no solo consisten en la compra de bonos del estado que ofertan los gobiernos de cada país, sino también los bonos del estado que están en poder de bancos privados (esta práctica ha sido llevada a cabo por el Banco Central Europeo en los últimos años para favorecer la inversión económica).
- **Incremento en la concesión de nuevos créditos:** El balance de los bancos privados es más sólido por lo que disponen de una mayor capacidad para extender nuevos créditos a los particulares y a otras empresas. Por otro lado, los bajos tipos de interés hacen que éstos bancos busquen invertir en nuevos activos, ya que la compra de deuda pública ya no sería un negocio rentable para ellos, lo que hace asumir mayores riesgos a los bancos aumentando la concesión de nuevos créditos
- **Se incrementan los precios de los productos:** Si aumenta el crédito del sector privado, hace que el gasto y la inversión económica de los bancos comerciales sea mucho mayor, reavivando la economía y fomentando así el consumo. Este

proceso hace que los precios se eleven poco a poco, combatiendo así a la deflación.

- **Un marco macroeconómico estable:** Un mayor acceso a los créditos bancarios por parte de los particulares, un mayor gasto interno y una subida general de los precios hacen que los agentes económicos se sientan mucho más cómodos con el nuevo escenario económico y financiero, aumentando así la inversión y el consumo, lo que reactivaría la economía.

2.3. Riesgos de este tipo de programas

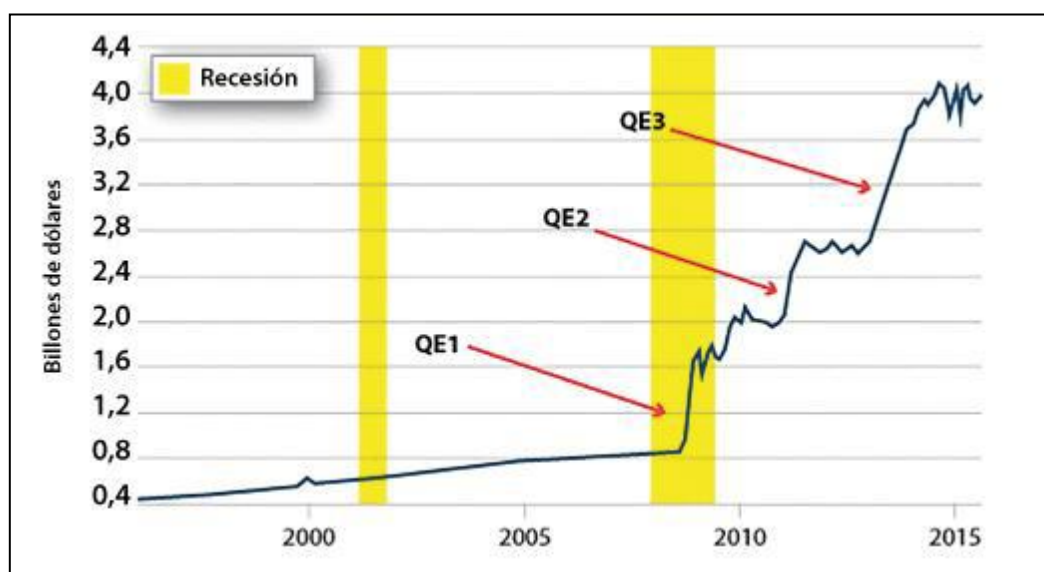
La aplicación de este tipo de programas no convencionales de política monetaria también conlleva una serie de riesgos que pueden hacer que dicho programa no sea efectivo, o bien que no se consigan los objetivos que se han propuesto inicialmente. Uno de los posibles casos que se pueden dar es que el banco central que lo aplique perdería margen de maniobra a la hora de gestionar su moneda, incluyendo la posibilidad de que si no se aplica en el momento adecuado los precios podrían subir más de lo esperado, produciéndose así una inflación descontrolada o hiperinflación.

Otro posible efecto es que los bajos tipos de interés no relancen la economía a base de endeudamiento, mientras que la liquidez inyectada en los bancos comerciales puede que no se utilice para incrementar los créditos a empresas y particulares, los cuales seguirían altamente endeudados con respecto a su capacidad futura de generar riqueza. Además, si uno de los objetivos de este programa es que los bancos privados aumenten su inversión, asumiendo así más riesgos, puede que esto lleve a que dichos bancos inviertan en activos más rentables pero a su vez más arriesgados, avanzando así hacia una situación de fragilidad financiera. También se debe tener en cuenta que si se produce una bajada de los tipos de interés y se concedieran más créditos a las empresas, aquellas empresas que se hayan endeudado a un interés más alto verán su deuda como una desventaja competitiva frente al resto.

2.4. Los programas de QE de la Reserva Federal.

A raíz del comienzo de la crisis financiera internacional a finales del año 2007, han sido varios los bancos centrales que han decidido llevar a cabo medidas no convencionales de política monetaria para intentar impulsar la economía de sus respectivos países. Uno de los más activos en este tipo de medidas ha sido la Reserva Federal de Estados Unidos, que aplicó la primera fase (QE1) de su programa de expansión cuantitativa en noviembre del año 2008 con una compra masiva de bonos del estado y de cédulas hipotecarias. Tras dos años de estabilización en la compra de dichos activos, la Reserva Federal decide aplicar la segunda fase de su programa de QE (QE2) en noviembre del año 2010, aumentando así la cantidad de bonos y cédulas hipotecarias en su posesión. Y ya en septiembre del año 2012 aplica la última fase (QE3), alcanzando la cantidad máxima de activos en posesión de todo el periodo.

A continuación se puede observar una gráfica donde se representa la cantidad de bonos en posesión por parte de este organismo durante todo el periodo de aplicación del programa QE:



Gráfica 1. Bonos en posesión de la FED durante la aplicación del QE. Fuente: Inversor Global

En esta gráfica se muestra claramente el incremento de bonos en reservas de la Reserva Federal durante el periodo analizado. Se puede observar que se produce un aumento de alrededor de 4 billones de dólares en concepto de compra de bonos. Sin embargo, en este gráfico no se muestra la cantidad de cédulas hipotecarias que compra la Reserva Federal, que fue alrededor de casi 2 billones de dólares.

Aunque no es objeto de estudio de este proyecto, cabe mencionar que la aplicación de estos programas puede producir situaciones de devaluación competitiva (varios países compiten entre sí para mantener su moneda o divisa artificialmente baja) ya que es una práctica habitual que un banco central compre divisa extranjera, lo que hace que ésta se aprecie frente a la moneda local. En este caso el dólar se depreciaría automáticamente y los inversores se posicionarían en corto sobre esta moneda, lo que aceleraría su depreciación. Por ello muchos países, principalmente China, han acusado a Estados Unidos de estar depreciando su moneda conscientemente a través de sus programas de QE.

3. Datos

Una vez comprendido en qué consisten los programas de expansión cuantitativa se procede a explicar las variables representativas que se han empleado para realizar el análisis empírico de los efectos a corto y medio plazo de los programas de expansión cuantitativa realizados por la Reserva Federal sobre las variables macroeconómicas de Estados Unidos. Para ello se va a explicar paso por paso tanto el proceso de obtención de los datos como su tratamiento, de cara a obtener resultados que permitan construir un modelo económico con el que poder realizar las estimaciones de dichos efectos.

3.1. Variables utilizadas

Para este estudio se han escogido una serie de variables económicas representativas de la economía estadounidense, construyendo distintas series temporales a partir de diversas fuentes estadísticas y utilizando datos trimestrales en cada una de ellas. Los datos obtenidos comienzan en el primer trimestre del año 1984 y finalizan en el tercer trimestre del 2015 al no poderse obtener datos más recientes del tipo de interés sombra.

Las variables que se han utilizado para la estimación han sido:

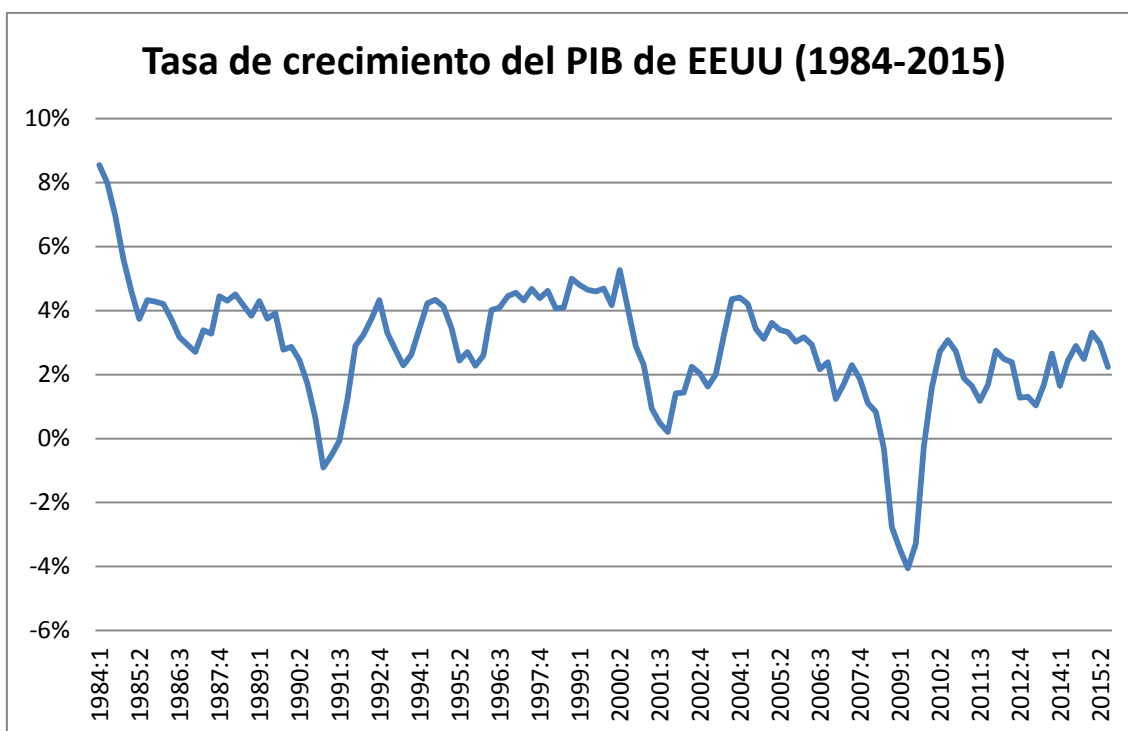
3.1.1. La Tasa de Crecimiento del Producto Interior Bruto (TPIB)

"El PIB (Producto Interior Bruto) es el valor total de los bienes y servicios producidos en un país en un período, normalmente un año, deduciendo lo consumido en la producción, es decir, el valor total final. Éste incluye lo producido por los extranjeros en el país pero no lo producido por los nacionales fuera del país" (Expansión) [6]

La primera variable que se va a estudiar es el producto interior bruto de la economía estadounidense (PIB), que es la principal medida que se utiliza para medir la riqueza de un país. Se utiliza la tasa de crecimiento del PIB real, que ésta no se distorsiona por el efecto de la inflación, ya que compara todas las cantidades con el precio de un año base, permitiendo así apreciar si la economía americana ha crecido en su conjunto o no en el periodo analizado.

Los datos obtenidos proceden de la página web de indicadores financieros "multpl.com". Aunque generalmente las tasas de variación del PIB se pueden medir por años o por trimestres, se ha preferido utilizar datos trimestrales para poder realizar un análisis más detallado de las variaciones que ha experimentado esta variable macroeconómica en el periodo analizado.

A continuación se puede observar el crecimiento de la economía americana a lo largo del periodo analizado:



Gráfica 2. Evolución de la tasa de crecimiento del PIB (USA) Fuente: Multpl.com

Como se puede observar en esta gráfica, a finales de 2007 y coincidiendo con la explosión de la crisis de las hipotecas subprime y más concretamente a finales del año siguiente, con la caída de Lehman Brothers, se produce un descenso significativo en el crecimiento de la economía americana, entrando incluso en terrenos de decrecimiento

(recesión). También se puede observar como a finales de 2010 y hasta el final del período su tendencia se vuelve más estable, volviendo a rondar el 2% de tasa de crecimiento.

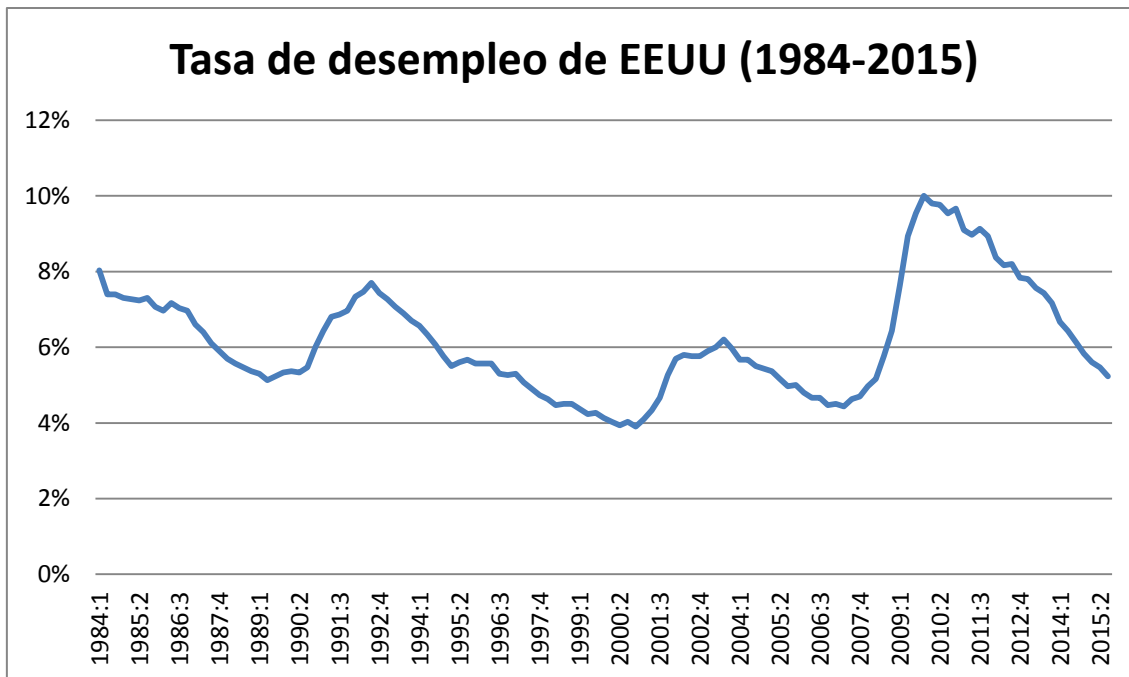
3.1.2. La Tasa de Desempleo (Des)

"La Tasa de desempleo es una medida del porcentaje de la fuerza de trabajo total que está desempleada, pero que buscan activamente empleo y están dispuestos a trabajar"
(Investing.com) [7]

La segunda variable escogida es la tasa de desempleo de la economía estadounidense. Éste es un indicador muy importante, ya que indica el porcentaje de la población activa que no tiene y no encuentra trabajo, por lo que revela una imagen muy significativa de la economía, en este caso la estadounidense. Este indicador suele estar íntimamente relacionado con la situación económica que vive un país, es decir, en periodos de recesión la tasa de desempleo es relativamente alta mientras en periodos de expansión económica la tasa de desempleo suele situarse en niveles generalmente más bajos.

Los datos obtenidos proceden de la página web de inversión "Investing.com". Al contrario que pasaba con la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de desempleo se mide mensualmente, por lo que para convertir los datos en trimestrales es necesario pasar los datos de una tasa mensual a una tasa trimestral, realizando una media aritmética de los tres meses que componen cada trimestre.

A continuación se puede observar la evolución de la tasa de desempleo en Estados Unidos durante el periodo analizado:



Gráfica 3. Evolución de la tasa de desempleo (USA). Fuente: Investing.com

Al igual que en la gráfica anterior, se puede observar que durante la crisis económica la tasa de desempleo de la economía estadounidense aumenta de manera significativa. Esto es porque la economía se estanca, es decir, al bajar la demanda la producción disminuye por lo que la tasa de desempleo tiende a aumentar, llegando al punto máximo del periodo analizado en el último trimestre de 2009 con una tasa de desempleo del 10%. Es ya a finales de 2010 cuando ésta comienza a bajar hasta llegar a niveles de épocas anteriores (5,23%) en el tercer trimestre de 2015.

3.1.3. La Tasa de Inflación (i)

*"La **Inflación** es el aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes y servicios en un país durante un período de tiempo sostenido" (El Economista) [8]*

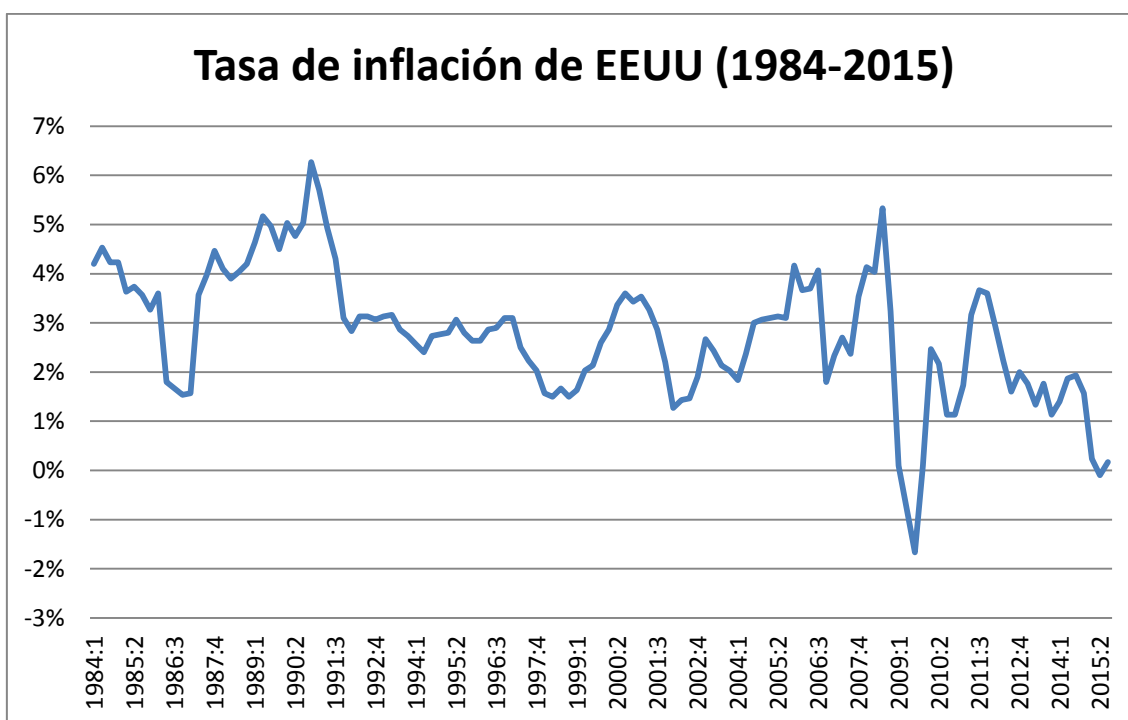
La tercera variable que se va a analizar es la inflación, a través de la denominada tasa de inflación que mide el aumento o descenso porcentual de los precios de los bienes y servicios de un país durante el periodo objeto de estudio. Uno de los objetivos de todo banco central es el mantenimiento de la estabilidad de los precios en el medio plazo, que en el caso de la Reserva Federal de Estados Unidos es mantener la tasa de inflación en torno al 2% anual. En la siguiente cita se explica el por qué de esta medida:

"Una inflación del 2% es la tasa más coherente para el buen funcionamiento de la economía a largo plazo, ya que con el tiempo, una alta tasa de inflación reduciría la capacidad de la toma de decisiones tanto económicas como financieras, mientras que una baja inflación podría estar asociada a una elevada probabilidad de caer en deflación, lo cual significaría un descenso, en promedio, de los precios y salarios, lo que provocaría condiciones económicas especialmente débiles."

(Traducción propia realizada de la web de la Board of Governors of the Federal Reserve System.) [9]

Al igual que la tasa de desempleo, los datos obtenidos proceden de la página web "Investing.com". Los datos de inflación son tasas interanuales mensuales por lo que para pasar de una tasa interanual mensual a una interanual trimestral se ha realizado una media aritmética de los tres meses que componen cada trimestre.

A continuación se puede ver los aumentos y descensos porcentuales de los precios en Estados Unidos durante el periodo analizado:



Gráfica 4. Evolución de la tasa de inflación (USA). Fuente: Investing.com

Durante los años de la crisis económica se puede observar un descenso significativo de la tasa de inflación, llegando incluso a valores por debajo del 0%, lo que se traduce en deflación. Aunque, como se puede ver en la gráfica, la tasa de inflación consigue enlazar una tendencia alcista, llegando incluso a superar el 3% de crecimiento a finales del año 2011, vuelve posteriormente a una tendencia bajista, entrando en terrenos negativos en el año 2015, lo que la aleja del objetivo de la Reserva Federal del 2%.

3.1.4. El Tipo de interés sombra (Ti)

La aplicación en los últimos años de medidas no convencionales de política monetaria para estimular las economías de los distintos países a causa de la crisis económica ha supuesto que los bancos centrales tengan que adentrarse en terrenos antes desconocidos, bajando los tipos de interés y situándolos a niveles cercanos al 0% o incluso en el mismo 0%. Sin embargo no se traspasa ese límite, es decir, los tipos de interés no entran en terrenos negativos. Este escenario se denomina "Zero lower bound" o "Límite inferior de cero" en castellano.

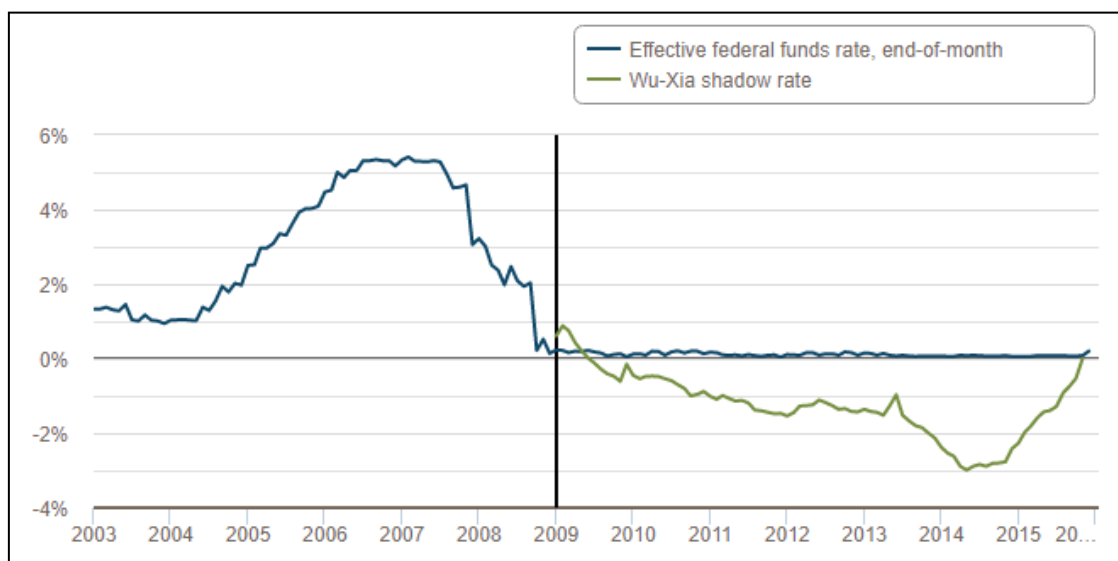
"El Zero Lower Bound o Límite inferior de cero en castellano es un problema macroeconómico cuando los tipos de interés nominales a corto plazo están cerca de cero o en cero, creando una trampa de liquidez al limitar la capacidad del banco central de estimular la economía con más bajadas de los tipos." (OroyFinanzas.com) [10]

Durante la crisis económica muchos bancos centrales decidieron no entrar en terrenos negativos ya que pensaban que los tipos de interés no podían bajar más allá del 0% porque los sistemas de mercados monetarios no serían capaces de operar adecuadamente con tipos de interés negativos y que esto perjudicaría a las empresas del sector financiero. Por esta razón se intentan buscar otras herramientas de política monetaria cuando el tipo de interés ronda el 0%, considerado como el límite natural de los tipos de interés.

Esta nueva situación económica y monetaria que supuso la aplicación de los programas de expansión cuantitativa hizo que fuese muy complicado que los economistas pudiesen medir los efectos de estas nuevas políticas de expansión monetaria sobre las variables macroeconómicas con los modelos económicos tradicionales, ya que se dieron cuenta de que usando como variable el tipo de interés de los fondos federales, o "federal funds

rate" en inglés, no se conseguía captar o identificar los cambios en la política monetaria producidos con estos programas de QE.

Debido a esto, en mayo de 2015 dos investigadoras Jing Cynthia Wu y Fan Dora Chia publicaron un artículo en la prestigiosa revista "Chicago Booth Review" de la Escuela de Negocios Booth de Chicago, proponiendo una nueva variable que permitía captar adecuadamente estas nuevas políticas monetarias, denominándola "tipo de interés sombra" o "shadow interest rate" en inglés. Estas dos investigadoras demostraban en su artículo que incorporando el tipo de interés sombra en un modelo de vector autorregresivo (VAR) éste era capaz de captar los efectos de las medidas no convencionales de política monetaria, es decir, los programas de expansión cuantitativa, pudiendo entrar incluso en terrenos negativos ya que éste no tiene en cuenta el límite inferior a cero. Por ello, se podría definir al tipo de interés sombra como el tipo de interés que se observaría en la economía si, al aplicar los programas de expansión cuantitativa, no existiese el zero lower bound o límite inferior a cero para los tipos de interés nominales.



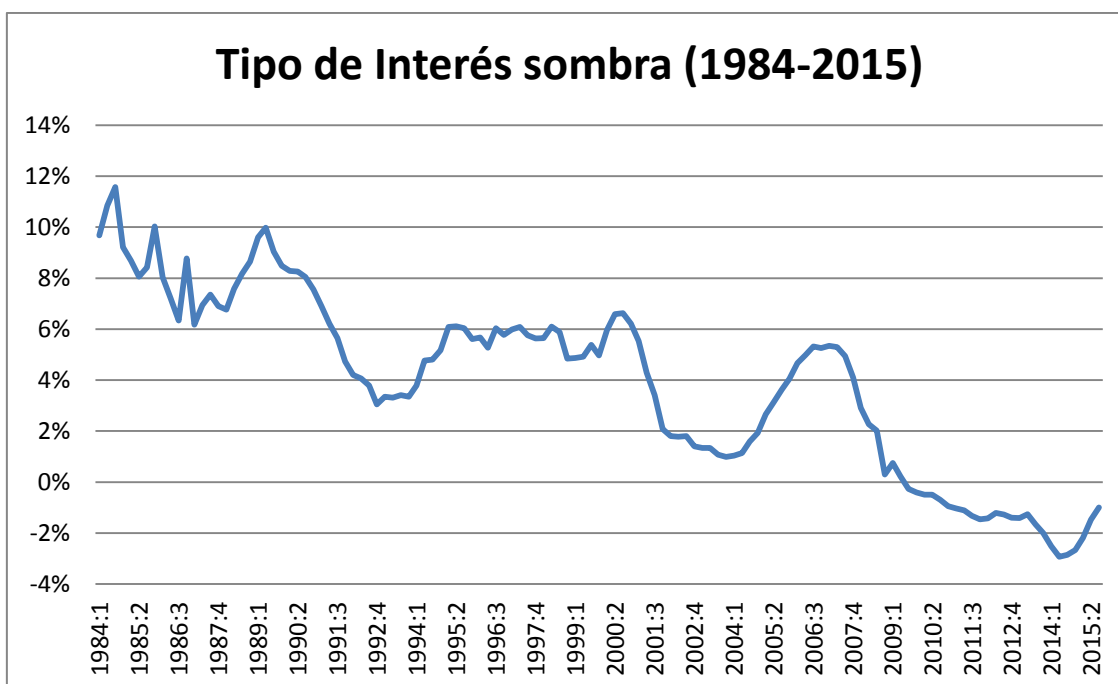
Gráfica 5. Comparación de los tipos de interés de los fondos federales y el tipo de interés sombra. Fuente: Reserva Federal de Atlanta.

En este gráfico se puede observar como los tipos de interés de los fondos federales se sitúan cercanos al 0% a partir de finales de 2008, no traspasándose ese límite (zero lower bound) mientras que el tipo de interés sombra si traspasa ese límite, entrando en terrenos negativos durante casi todo el periodo analizado. Esto permite poder medir las

nuevas políticas monetarias, ya que el shadow interest rate no contempla ese límite inferior a cero que sí tienen en cuenta los tipos de interés nominales.

Para la realización del proyecto se han obtenido los datos ya calculados del tipo de interés sombra para el periodo 2009-2015 procedentes de la Reserva Federal de Atlanta, por lo que no será necesario calcularlo. Como ya se ha dicho, el tipo de interés sombra es el tipo de interés que tendría la economía estadounidense, si al aplicarse los programas de QE, no existiese el límite inferior de cero para los tipos de interés nominales. Para nuestro estudio se utilizará como variable el tipo de interés de los fondos federales hasta el comienzo del año 2009, momento en el que dejan de ser útiles para captar los cambios en la política monetaria debido al zero lower bound, pasando a utilizar el tipo de interés sombra hasta el final del periodo analizado, con el objetivo de que nuestro modelo pueda medir adecuadamente los efectos de los programas de QE, a diferencia de los modelos económicos tradicionales.

Al ser los datos mensuales, ya que el tipo de interés que reflejan los datos es el tipo de interés utilizado en el último día de cada mes, se procede a transformarlos a una tasa trimestral, utilizando una media aritmética de los tres meses que componen cada trimestre. A continuación se puede observar cual habría sido la evolución del tipo de interés si no existiera el límite inferior a cero:



Gráfica 6. Evolución del tipo de interés sombra (USA) Fuente: Reserva Federal de Atlanta.

Como se puede observar en la gráfica, desde el comienzo del periodo analizado hay una tendencia decreciente, entrando en terrenos negativos a finales de 2009, ya comenzada la crisis económica. La tendencia se vuelve creciente con la recuperación económica a partir de principios del 2014, aunque todavía se encontraba en terrenos negativos a principios de 2015.

3.2. Tratamiento de los datos

Una vez conocidas y estudiadas las variables que se van a utilizar y después de haber realizado la conversión de todos los datos obtenidos a tasas trimestrales, se procede a explicar paso por paso el tratamiento que se le ha realizado a los datos para que permitan construir un modelo con el que poder conocer el efecto a corto y medio plazo de los programas de expansión cuantitativa sobre las variables utilizadas. Para ello se va a trabajar con el programa informático de análisis estadístico y de estimación de modelos econométricos Gretl.

3.2.1. Ajuste estacional de los datos

"La Desestacionalización o Ajuste estacional es la eliminación de un dato o serie, mediante la aplicación de un cierto filtro o procedimiento estadístico, del efecto de las variaciones cíclicas estacionales que esa variable experimenta a lo largo del año" (Fundéu BBVA) [11]

Construidas las series temporales de cada una de las variables utilizadas e incorporadas al programa Gretl, se procede a realizar el primer paso, la desestacionalización de las series temporales. Para el buen entendimiento de este procedimiento es conveniente saber que toda serie temporal está formada por cuatro componentes:

1. Componente Tendencial
2. Componente Cíclico
3. Componente Estacional
4. Componente de Error

El objetivo de este primer proceso es el de eliminar el componente estacional, es decir, las variaciones que experimentan las variables a causa de la estacionalidad o la época del año, ya que las distintas estaciones del año tienen un impacto diferente sobre la actividad económica, lo que dificulta su interpretación y su comparabilidad con los

distintos años analizados. Para eliminar los efectos estacionales en la aplicación Gretl se ha utilizado la herramienta "Análisis X12-ARIMA".

3.2.2. Separación del componente cíclico

Una vez realizado el ajuste estacional de las series temporales se procede al siguiente paso que consiste en descomponer la serie temporal en dos, es decir, separar el componente cíclico y el componente tendencial para conocer y estudiar sus fluctuaciones cíclicas. Para ello se utiliza el filtro de Hodrick-Prescott, que como justifican Kydland y Prescott (1990) [12] es un filtro bien definido, lineal y simétrico, independiente a la serie a la que se aplica, exento de juicios subjetivos y fácil de replicar, que permite extraer la tendencia que uno podría dibujar a mano alzada. Este filtro requiere la elección a priori de un parámetro, el cual modula la suavidad de la tendencia.

Este parámetro es conocido como lambda (λ) y la elección apropiada de este parámetro depende de la longitud de los ciclos que se quieran extraer y la periodicidad de los datos (Ana del Rio, 1999) [13]. Aunque generalmente este parámetro tiene unos valores estándar asignados (100 para series anuales, 1600 para series trimestrales y 14400 para series mensuales) la elección de los valores de lambda (λ) depende del objetivo del estudio. Aunque muchos expertos sugieren la utilización de los valores estándar, lo que interesa es que la serie resultante tenga sentido desde un punto de vista cíclico, es decir, que la variable resultante capture adecuadamente el ciclo de la economía estadounidense. Por ello se ha decidido que los valores del parámetro que se van a asignar al filtro de cada variable sean los siguientes:

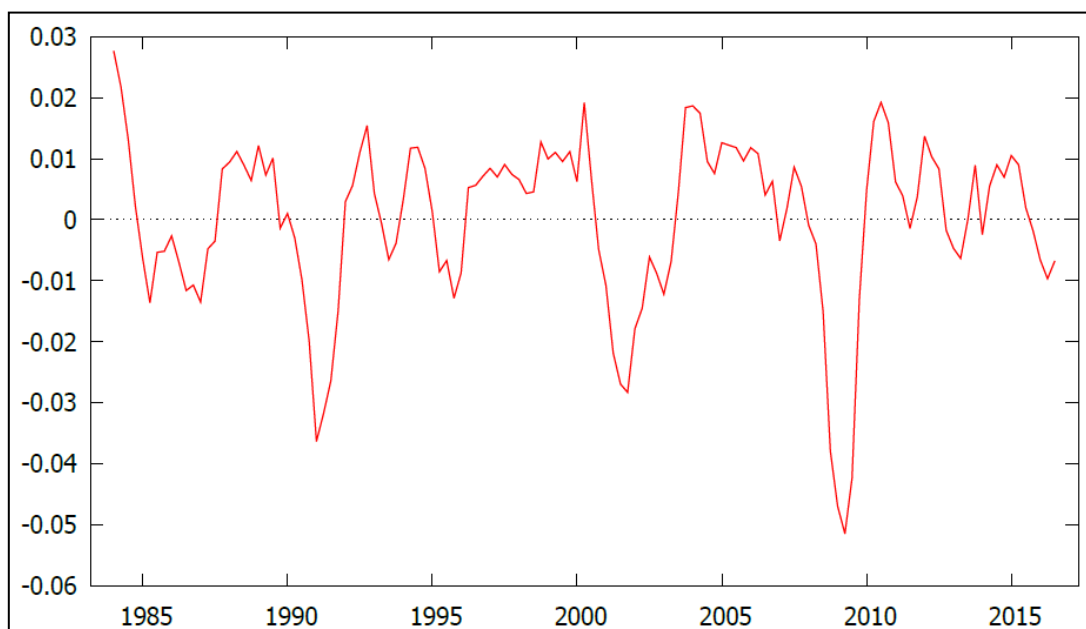
- ❖ Lambda (λ) de la Tasa de Crecimiento del PIB: 7.000
- ❖ Lambda (λ) de la Tasa de Desempleo: 50.000
- ❖ Lambda (λ) de la Tasa de Inflación: 20.000
- ❖ Lambda (λ) del Tipo de Interés Sombra: 15.000

La elección de estos valores se ha realizado tras distintas comprobaciones con distintos valores de lambda (λ), utilizando en primer lugar los valores estándar, en este caso 1600 ya que son series trimestrales, con cada una de las variables. Pero al ver que las variables resultantes no capturaban adecuadamente el ciclo de la economía estadounidense durante el periodo analizado, se decide ir aumentando el valor del

parámetro de cada variable hasta conseguir que cada serie suavizada se separara de la serie original.

A continuación se expondrán las gráficas correspondientes a cada variable resultante una vez desestacionalizadas y extraídas sus tendencias utilizando los valores de lambda (λ) escogidos para cada una de ellas, analizando los distintos ciclos económicos de la economía estadounidense a través de las desviaciones que experimenta la variable respecto a su tasa o nivel natural a largo plazo, que en este proyecto será normalizada al valor "0" como se puede observar en las siguientes gráficas:

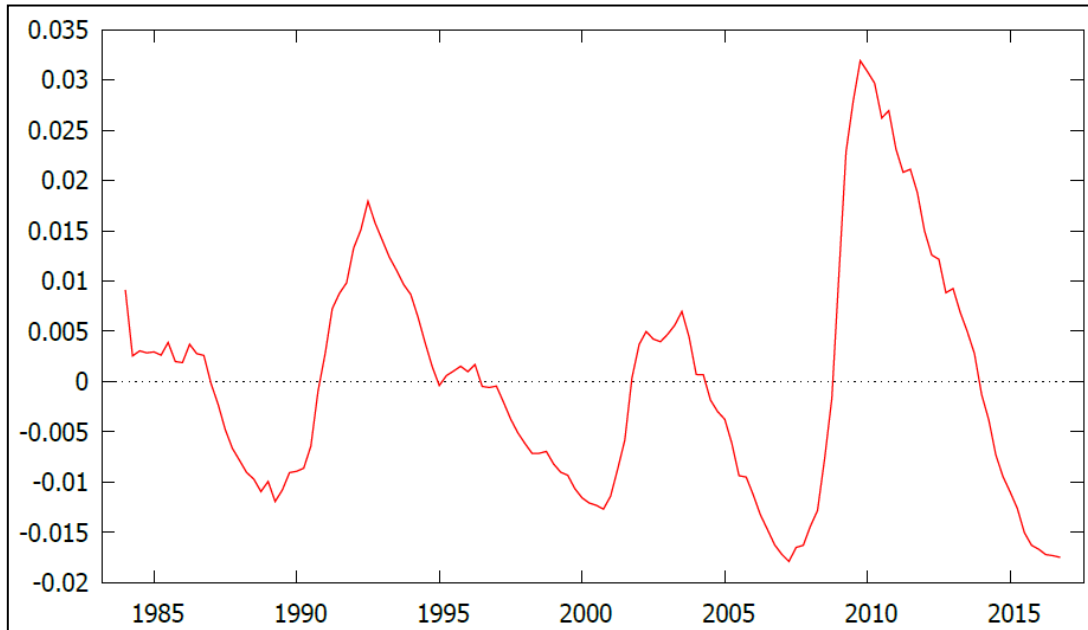
Tasa de crecimiento del PIB (λ : 7.000)



Gráfica 7. Serie suavizada de la tasa de crecimiento del PIB. Fuente: Elaboración propia

Eligiendo este valor de lambda (λ) para la tasa de crecimiento del PIB se puede observar cómo las desviaciones con respecto a la tasa natural a largo plazo capturan los distintos ciclos económicos que ha vivido la economía americana durante el periodo analizado. Se puede observar como durante la expansión de la economía americana a finales de los años noventa la serie suavizada de la tasa de crecimiento del PIB crece por encima de dicha tasa natural, mientras que durante la crisis a principios del milenio se puede observar un decrecimiento de la economía, volviendo a recuperarse a partir del año 2003. Ya con la crisis financiera, vemos que la serie alcanza su mínimo durante los años 2008 y 2009 volviendo a resurgir a partir del año 2010, estabilizándose con la recuperación económica posterior.

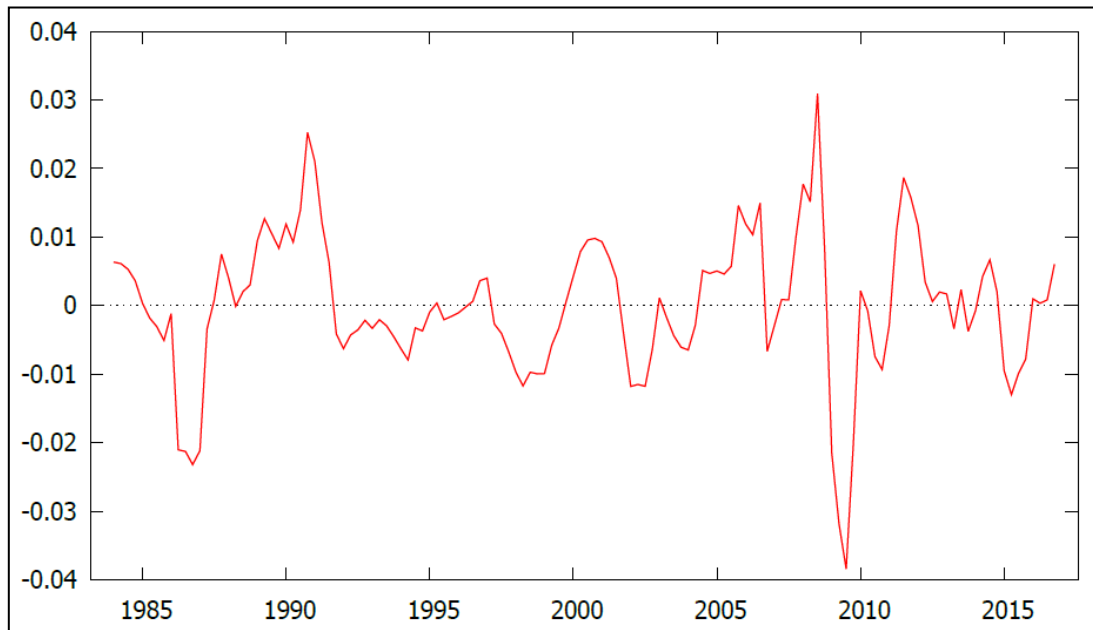
Tasa de desempleo ($\lambda : 50.000$)



Gráfica 8. Serie suavizada de la tasa de desempleo. Fuente: Elaboración propia

Eligiendo un valor de lambda (λ) de 50.000 para extraer la tendencia de la serie temporal, se puede observar como las desviaciones respecto a la tasa de desempleo natural a largo plazo capturan adecuadamente los ciclos de la economía estadounidense en el periodo analizado. En la expansión económica de finales de los años noventa se puede observar un descenso significativo de la serie suavizada de la tasa de desempleo, situándose por debajo de la tasa de desempleo natural a largo plazo. Luego aumentó a finales del año 2000 y principios de 2001 situándose por encima de dicha tasa natural, ya que la economía americana se encontraba en una fase de recesión. Ya a partir de 2003, con la recuperación económica tras la crisis de las "punto com" vuelve a descender hasta alcanzar el mínimo del periodo analizado. Llegada la crisis financiera de 2008 se puede observar como la serie crece desmesuradamente por encima de su tasa natural llegando a máximos de todo el periodo, lo que se tradujo en un aumento considerable de la tasa de desempleo durante los años 2008 y 2009, comenzando a descender ligeramente a partir del año 2010, hasta la recuperación económica cuando la tasa de desempleo vuelve a estabilizarse.

Tasa de Inflación ($\lambda : 20.000$)



Gráfica 9. Serie suavizada de la tasa de inflación. Fuente: Elaboración propia

Para la tasa de inflación se ha elegido un valor de lambda (λ) de 20.000, muy superior al valor estándar de 1600, ya que éste no capturaba adecuadamente los ciclos de la economía estadounidense. Comenzando con la expansión económica de los años noventa, se puede observar que la serie suavizada asciende ligeramente, mientras que con la entrada de la crisis de las "punto com" desciende a niveles previos a la expansión económica. Es con la recuperación económica a partir del 2003 cuando se puede observar que las desviaciones empiezan a ser mucho más significativas, con un claro crecimiento hasta el comienzo de la crisis financiera cuando, como se puede observar, la serie desciende de manera abultada y entra incluso en terrenos negativos a finales de 2009. Vuelve a recuperarse posteriormente haciendo que la tasa de inflación retorne a niveles estables, alrededor de su tasa a largo plazo.

4.1. ¿Qué es un modelo de Vector Autorregresivo?

Los vectores autorregresivos (VARs) son introducidos por Sims (1980) en la década de los años ochenta para la estimación de ecuaciones simultáneas con el propósito de mejorar el análisis empírico de las relaciones económicas, proporcionando una exitosa técnica para hacer pronósticos de sistemas de variables de series temporales interrelacionadas donde cada variable ayuda a pronosticar a las demás variables. Como bien especifica Hamu López (2015) [14], el modelo VAR consiste en la definición de la relación de un conjunto de variables denominadas endógenas en función de un número determinado de sus propios retardos y de retardos de otras variables exógenas, si las hubiese. Es decir, que cada variable depende de una constante, de sus propios retardos y de los retardos de las demás variables del vector. El modelo VAR más simple con dos variables endógenas se podría expresar de esta manera:

$$Y_t = C_1 + \sum \alpha_{1n} Y_{t-n} + \sum \beta_{1n} X_{t-n} + \sum \pi_{1n} Z_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

$$X_t = C_2 + \sum \alpha_{2n} Y_{t-n} + \sum \beta_{2n} X_{t-n} + \sum \pi_{2n} Z_{t-n} + \epsilon_{2t}$$

- Y_t : Es el valor de la primera variable endógena en el instante t
- X_t : Es el valor de la segunda variable endógena en el instante t
- Y_{t-n} : Es el valor de la variable Y en el periodo t-n
- X_{t-n} : Es el valor de la variable X en el periodo t-n
- Z_{t-n} : Es el valor de la variable exógena Z en el periodo t-n (puede existir más de una variable exógena o ninguna)
- ϵ_t : Son perturbaciones aleatorias con esperanza condicionada igual a cero

En la explicación que realiza Hamu López (2015) de cada parámetro de las funciones del modelo se puede observar que aparecen conceptos como variable endógena, variable exógena o de retardo. Si no se está familiarizado con la terminología econométrica o estadística puede resultar complicado entender la fórmula anterior y sus parámetros. Sin embargo, son claves para entender los modelos VAR en su conjunto.

Como bien define la web Ecolink [15] en su artículo publicado el 28 de febrero de 2008 "Variable endógena", éstas son variables que se explican en un modelo económico a partir de sus relaciones con otras variables y cuyo valor es deducido al operar con las

ecuaciones del modelo. Por contra, las variables exógenas están determinadas fuera del modelo, es decir, están predeterminadas, el modelo las toma como fijas y mantienen siempre el mismo valor. Por lo tanto, nuestro modelo contaría con cuatro variables endógenas: la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de desempleo, la tasa de inflación y el tipo de interés sombra. Por otro lado, Hidalgo (2014) [16] define el retardo como el periodo de tiempo hasta el cual se considerará que las variables del sistema influyen sobre ellas mismas y el resto de las variables, siendo importante el contraste estadístico para averiguar hasta que retardo es significativa la representación del VAR, lo cual se analizará más adelante.

Como se ha dicho al comienzo de este apartado, los vectores autorregresivos (VARs) se crean para mejorar el análisis empírico de las relaciones económicas, empleándose en dos aplicaciones adicionales a las propias de los modelos econométricos. Como bien señala Ballabriga (1991) [17] la primera aplicación consiste en la descomposición de la varianza del error de predicción para detectar los factores asociados a cada perturbación, mientras que la segunda consiste en la simulación de los efectos de un shock en las distintas perturbaciones aleatorias, lo que se obtiene a través de la construcción de funciones impulso-respuesta. Ambos usos tienen como objetivo reconocer las interacciones dinámicas que caracterizan al sistema de ecuaciones estimado.

4.2. El modelo utilizado

Una vez comprendido en qué consiste un modelo VAR y el por qué de su empleo en este proyecto, se procede a la construcción del modelo que se va a utilizar. Como se pretende analizar los efectos de los programas de QE, no vamos a utilizar una muestra que incluya el periodo en el que se implantaron dichos programas, por lo que utilizaremos una muestra que va desde el primer trimestre del año 1984 hasta el segundo trimestre del año 2007 (el tercer trimestre del 2007 se podría considerar el germen de la crisis económica internacional, como ya se ha dicho anteriormente). Se procede así porque se quiere evitar que la propia existencia del QE distorsione los resultados de la estimación. De hecho, al estimar un modelo con la muestra completa (hasta 2015) se obtiene que una subida de tipos de interés tiene un efecto positivo sobre la inflación, algo que no tiene sentido económico.

Teniendo en cuenta la fórmula general del apartado anterior, se construye la ecuación general para cada una de las variables en el periodo t donde se incluyen, además de sus propios retardos, los retardos de las otras cuatro variables endógenas:

1.
$$TPIB_t = C_1 + \sum_{j=1}^{\infty} \beta_{1j} TPIB_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_{1j} U_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{1j} INF_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_{1j} Ti_{t-j} + \epsilon_{1t}$$
2.
$$U_t = C_2 + \sum_{j=1}^{\infty} \beta_{2j} U_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_{2j} TPIB_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{2j} INF_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_{2j} Ti_{t-j} + \epsilon_{2t}$$
3.
$$INF_t = C_3 + \sum_{j=1}^{\infty} \beta_{3j} INF_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_{3j} TPIB_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{3j} U_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_{3j} Ti_{t-j} + \epsilon_{3t}$$
4.
$$Ti_t = C_4 + \sum_{j=1}^{\infty} \beta_{4j} Ti_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_{4j} TPIB_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{4j} U_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_{4j} INF_{t-j} + \epsilon_{4t}$$

Como se ha indicado anteriormente, es importante averiguar hasta que retardo es estadísticamente significativa la representación del VAR, ya que no es posible identificar infinitos parámetros. Para ello definimos el orden del VAR, es decir, el máximo valor de j, mediante el programa informático Gretl.

La estrategia que se va a utilizar consiste en examinar los denominados "criterios de información" que como indica A.Noales (2014) [18] son determinadas correcciones sobre el valor muestral de la función logaritmo de verosimilitud. En este caso Gretl propone tres criterios de información distintos: El criterio de Akaike (AIC), el criterio bayesiano de Schwarz (BIC) y el criterio de Hannan-Quinn (HQC). Debido a sus características no cabe esperar que lleguen a la misma conclusión. Para cada criterio, se elige el valor del orden del VAR que produce un menor valor mínimo. Especificando en el programa un máximo orden posible de 8 retardos, los resultados han sido los siguientes:

Sistema VAR, máximo orden de retardos 8					
Los asteriscos de abajo indican los mejores (es decir, los mínimos) valores de cada criterio de información, AIC = criterio de Akaike, BIC = criterio bayesiano de Schwarz y HQC = criterio de Hannan-Quinn.					
retardos	log.veros	p (RV)	AIC	BIC	HQC
1	1433.66467		-32.875922	-32.305144*	-32.646211*
2	1450.77615	0.00507	-32.901771	-31.874370	-32.488290
3	1465.19874	0.02500	-32.865087	-31.381063	-32.267836
4	1478.39264	0.04881	-32.799829	-30.859182	-32.018808
5	1507.20632	0.00000	-33.097821*	-30.700552	-32.133032
6	1514.83021	0.50657	-32.903028	-30.049136	-31.754469
7	1531.18588	0.00807	-32.911299	-29.600785	-31.578971
8	1546.61513	0.01403	-32.898026	-29.130889	-31.381928

Tabla 1. Orden del Var. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en esta tabla que proporciona la herramienta de Gretl para la selección del orden del VAR, tanto el criterio bayesiano de Schwarz (BIC) y el criterio de Hannan-Quinn (HQC) escogen un retardo mientras que el criterio de Akaike (AIC) indica que el valor mínimo sería para cinco retardos. Con estos resultados se escoge el modelo con un solo retardo. Por lo tanto este modelo VAR contará con cuatro variables endógenas con un retardo cada una, por lo que cada ecuación del modelo se representaría de esta manera:

$$1. TPIB_t = C_1 + \beta_1 TPIB_{t-1} + \gamma_1 U_{t-1} + \delta_1 INF_{t-1} + \varphi_1 Ti_{t-1} + \epsilon_{1t}$$

$$2. U_t = C_2 + \beta_2 U_{t-1} + \gamma_2 TPIB_{t-1} + \delta_2 INF_{t-1} + \varphi_2 Ti_{t-1} + \epsilon_{2t}$$

$$3. INF_t = C_3 + \beta_3 INF_{t-1} + \gamma_3 TPIB_{t-1} + \delta_3 U_{t-1} + \varphi_3 Ti_{t-1} + \epsilon_{3t}$$

$$4. Ti_t = C_4 + \beta_4 Ti_{t-1} + \gamma_4 TPIB_{t-1} + \delta_4 U_{t-1} + \varphi_4 INF_{t-1} + \epsilon_{4t}$$

Dónde los β , γ , δ , y φ son los parámetros a estimar, utilizando el programa Gretl para estimar el modelo por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Debido a su extensión y a la cantidad de información ofrecida, los resultados de la estimación se encuentran en el apéndice de este proyecto.

4.3 Funciones de impulso - respuesta

Anteriormente se ha indicado que los vectores autorregresivos (VARs) se emplean en dos aplicaciones adicionales a las propias de los modelos econométricos. La primera era la descomposición de la varianza del error de predicción y la segunda era la construcción de las funciones impulso-respuesta. Para el estudio de este proyecto, se utilizarán las funciones de impulso respuesta, simulando los efectos de un shock en las distintas perturbaciones aleatorias.

Como bien describen Emilio Domínguez Irastorza, Miren Ullíbarri Arce y Idoia Zabaleta Arregui [19] en su artículo "Un modelo VAR aplicado al empleo y a las horas de trabajo" publicado en 2010 en la revista Estadística Española, las funciones de impulso-respuesta permiten modificar transitoriamente la perturbación de la ecuación que gobierna el comportamiento de alguna de las variables, y a través de la evolución del sistema, comprobar el efecto que ese cambio ha producido sobre todas las variables endógenas del modelo. En este caso el impulso será la aplicación del programa de expansión cuantitativa que se utilizará para estudiar los cambios que se producen en las variables elegidas a causa de éste.

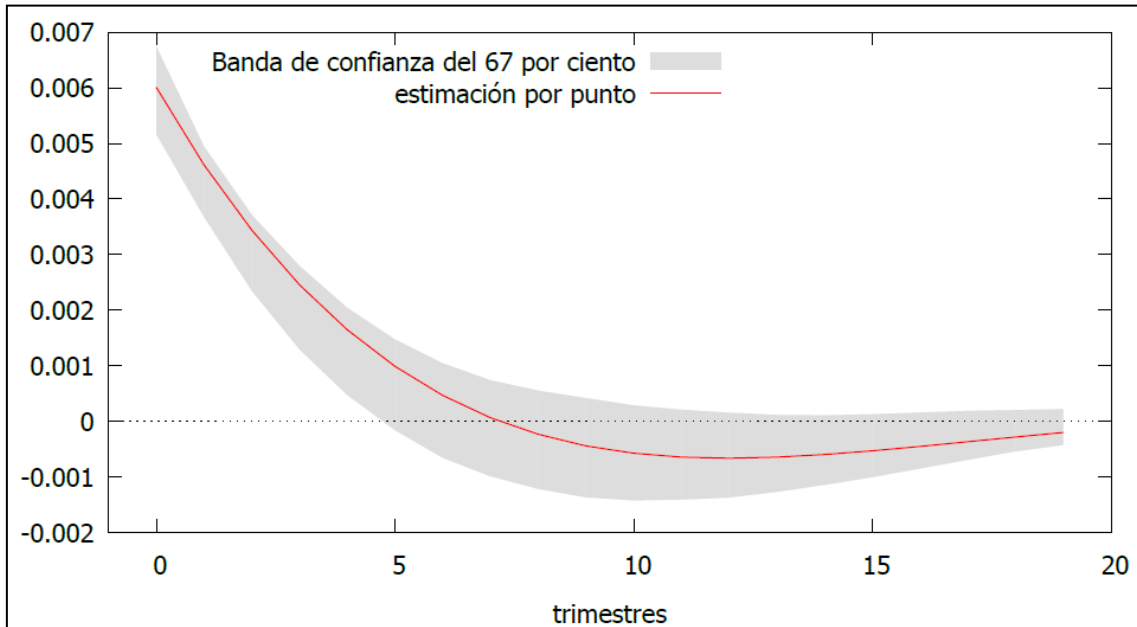
Estos mismos autores especifican que para su cálculo se necesita especificar el comportamiento contemporáneo de las variables. Puesto que la forma funcional del modelo VAR impide recoger explícitamente dicha relación entre las distintas variables endógenas, Sims (1980) [20] propone utilizar lo que se llamó "la descomposición de Cholesky" para solucionar este problema.

Éste método consiste ortogonalizar las perturbaciones mediante una descomposición triangular de la matriz de covarianzas. Sin embargo, los resultados de las funciones de impulso-respuesta que se obtengan serán distintos dependiendo del orden en el que introduzcan las variables en el modelo (ordenación de Cholesky). En nuestro modelo la ordenación de las variables se ha decidido por su grado de exogeneidad, yendo de más a menos: en primer lugar irá el tipo de interés sombra (Ti) seguida de la tasa de crecimiento del PIB (TPIB), la tasa de desempleo (U) y por último la tasa de inflación (INF).

Para el cálculo de las funciones de impulso-respuesta en el programa Gretl, se utiliza la ordenación de Cholesky elegida anteriormente, incluyendo un intervalo de confianza

bootstrap con un nivel de confianza $(1-\alpha)$ de 0.67. A continuación se exponen las siguientes funciones de impulso respuesta:

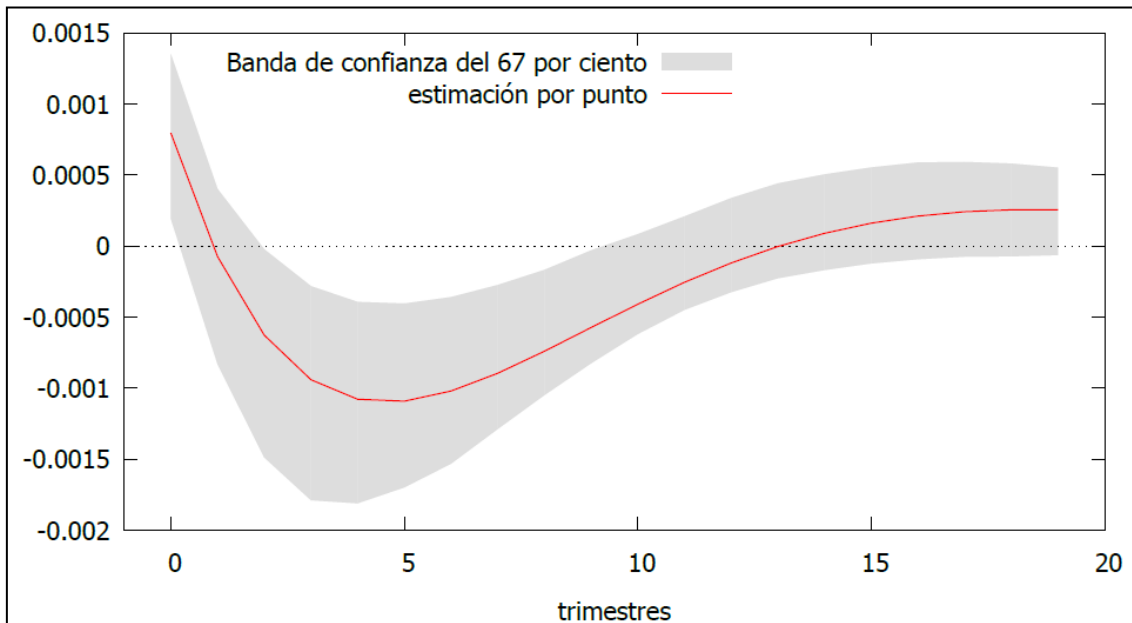
Respuesta del tipo de interés a un shock en el tipo de interés



Gráfica 11. Respuesta del tipo de interés a un shock en el tipo de interés. Fuente: Elaboración propia

Cuando el término de error de la ecuación del tipo de interés toma un valor positivo, el tipo de interés aumenta de forma estadísticamente significativa por encima de su valor a largo plazo durante aproximadamente dos años. Como la Reserva Federal estadounidense históricamente ha ido cambiando los tipos de interés de forma gradual, el retorno del tipo de interés hacia su valor a largo plazo también es gradual en el modelo VAR estimado.

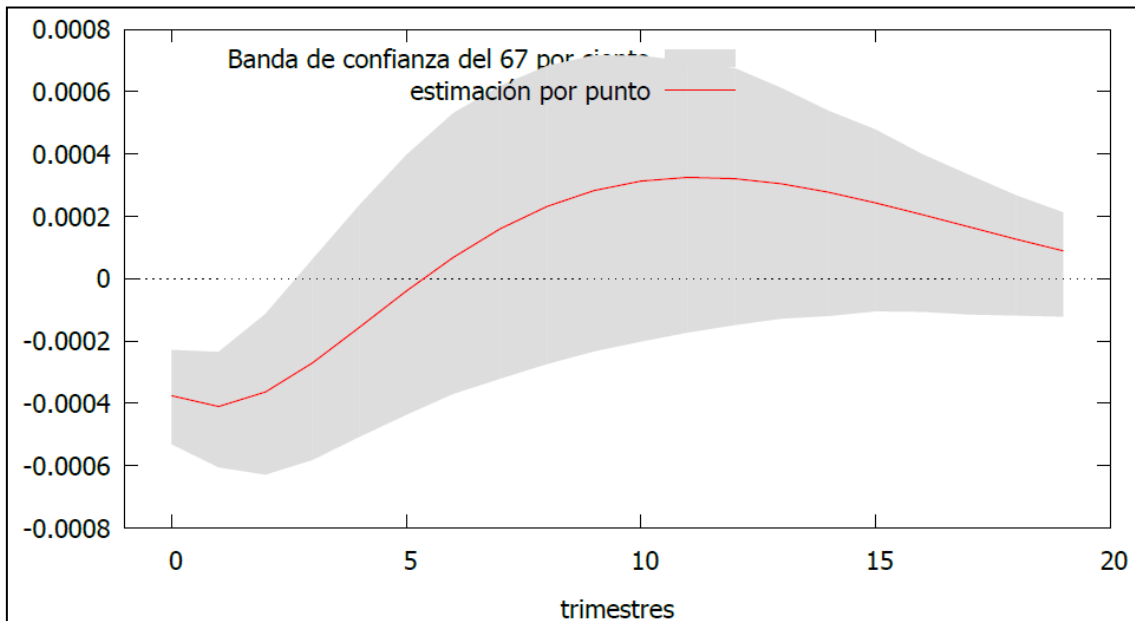
Respuesta de la tasa de crecimiento del PIB a un shock en el tipo de interés



Gráfica 12. Respuesta tasa de crecimiento del PIB a un shock en el tipo de interés. Fuente: Elaboración propia

Cuando el tipo de interés permanece por encima de su valor a largo plazo, la tasa de crecimiento del PIB inicialmente aumenta por encima de su tasa a largo plazo durante un par de trimestres, algo contrario a la teoría económica. Después, y más en consonancia con la teoría, crece por debajo de su valor a largo plazo: cuando los tipos de interés suben, se encarecen los préstamos y por lo tanto disminuyen el consumo y la inversión hasta que los tipos de interés retornan a su valor a largo plazo.

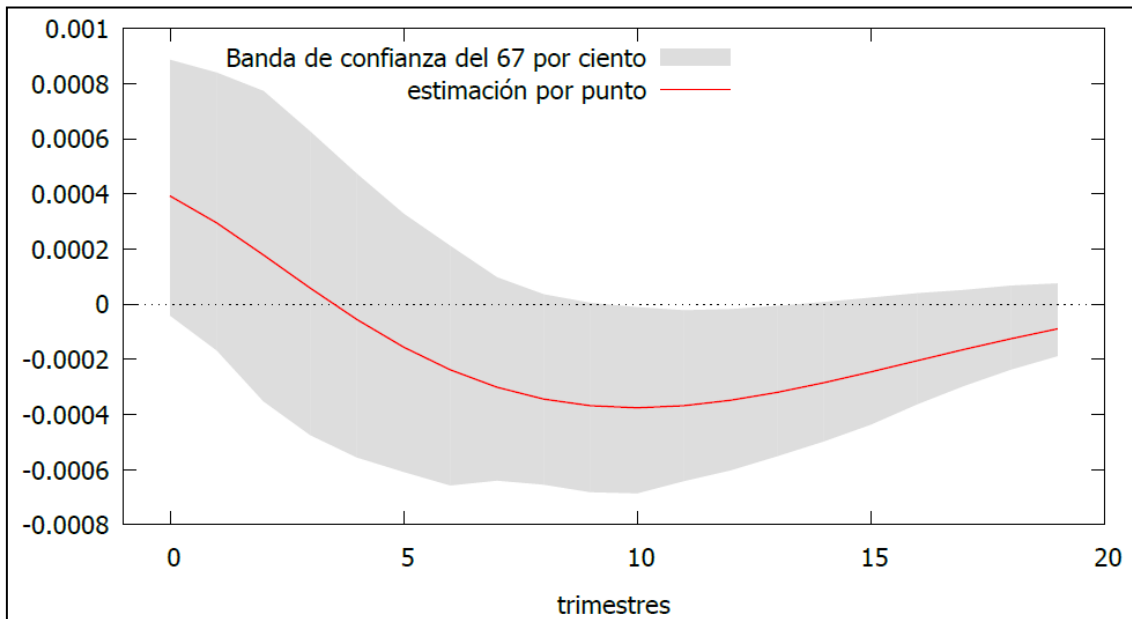
Respuesta de la tasa de desempleo a un shock en el tipo de interés



Gráfica 13. Respuesta tasa de desempleo a un shock en el tipo de interés. Fuente: Elaboración propia

En este caso al subir los tipos de interés, inicialmente disminuye la tasa de desempleo como consecuencia del aumento inicial de la tasa de crecimiento del PIB. Esta disminución inicial del desempleo es contraria a lo indicado por la teoría y dura aproximadamente un año. Posteriormente, el desempleo aumenta conforme a lo esperado: disminuye la producción y la inversión y se necesita menos mano de obra, lo que hace que la tasa de desempleo crezca por encima de su valor natural a largo plazo. A partir del quinto trimestre crece por encima de 0, aunque como se puede ver las bandas de confianza nos indican que su crecimiento no sería muy significativo ya que el intervalo de confianza abarca el 0.

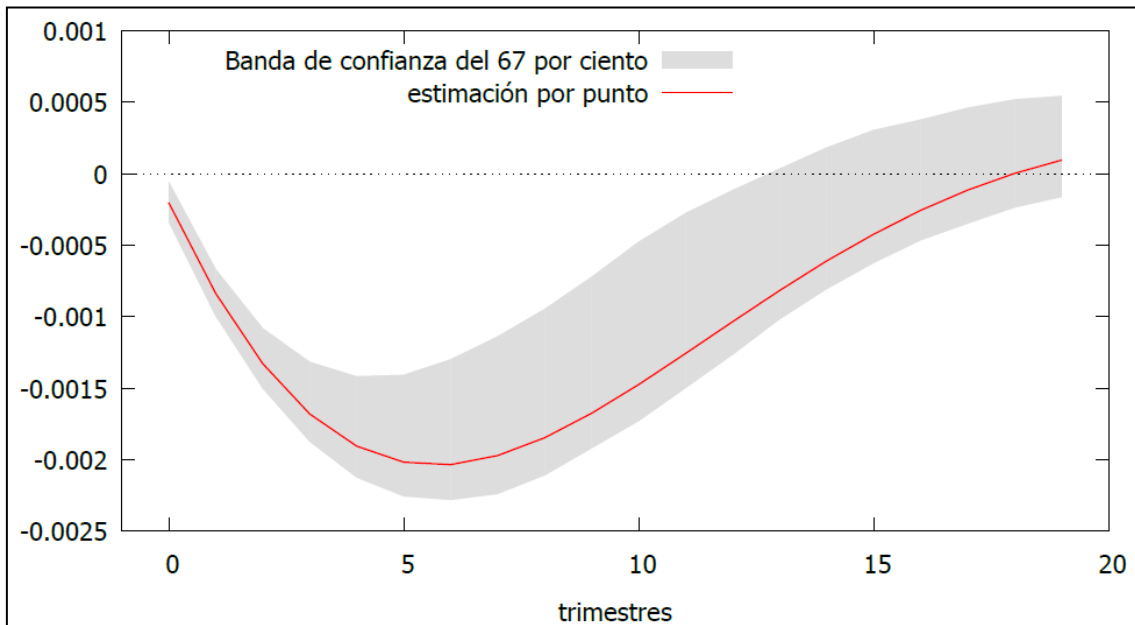
Respuesta de la tasa de inflación a un shock en el tipo de interés



Gráfica 14. Respuesta tasa de inflación a un shock en el tipo de interés. Fuente: Elaboración propia

Una vez que los tipos de interés suben, la tasa de inflación inicialmente aumenta en respuesta a la bajada inicial del desempleo. De nuevo, este aumento es lo contrario de lo esperado y dura unos cuatro trimestres. Posteriormente, se observa que la tasa de desempleo aumenta y, como consecuencia de esto, la inflación disminuye ya que el consumo es menor porque la gente tiene menos dinero para gastar o para invertir. Al disminuir la demanda, los precios de los bienes y servicios disminuyen. En este caso vemos como crece por debajo de su valor a largo plazo a partir del cuarto trimestre, hasta que los tipos de interés retornan a su valor a largo plazo.

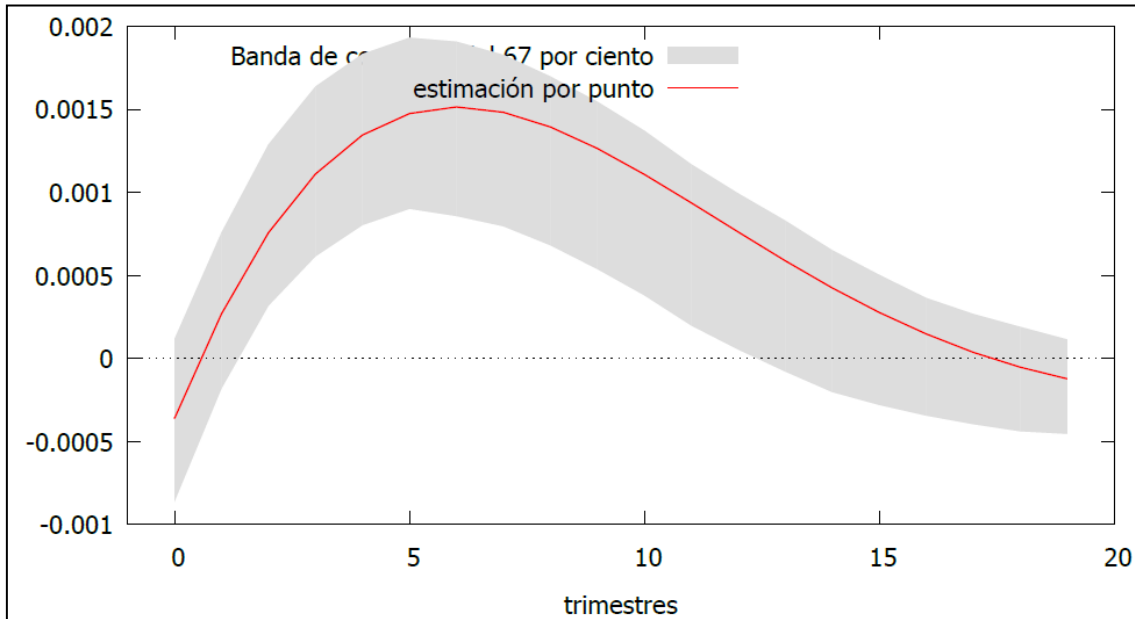
Respuesta de la tasa de desempleo a un shock en la tasa de crecimiento del PIB



Gráfica 15. Respuesta tasa de desempleo a un shock en la tasa de crecimiento del PIB. Fuente: Elaboración propia

Al revés que en las funciones de impulso respuesta anteriores, cuando el término de error de la ecuación de la tasa de crecimiento del PIB toma un valor positivo, la tasa de desempleo crece por debajo de su valor a largo plazo: al aumentar el PIB aumenta la producción de bienes y servicios lo que hace que se necesite más mano de obra y aumenten los puestos de trabajo, haciendo que la tasa de desempleo disminuya.

Respuesta de la tasa de inflación a un shock en la tasa de crecimiento del PIB



Gráfica 16. Respuesta tasa de inflación a un shock en la tasa de crecimiento del PIB. Fuente: Elaboración propia

Cuando el término de error de la ecuación de la tasa de crecimiento del PIB toma un valor positivo, la tasa de inflación crece por encima de su valor a largo plazo. Al aumentar el PIB, disminuye la tasa de desempleo y aumenta el consumo lo que hace que la inflación aumente hasta retornar a su valor a largo plazo cuando la tasa de crecimiento del PIB vuelva a su valor a largo plazo.

Hay que tener en cuenta que estas funciones de impulso respuesta representan los efectos que se producen en las variables estudiadas cuando se produce un shock positivo en las distintas perturbaciones aleatorias. En el caso de nuestro modelo sería al revés ya que los programas de QE hacen que bajen por sorpresa los tipos de interés, lo que aumenta el consumo y la inversión. Este mayor consumo hace que aumente la tasa de crecimiento del PIB, haciendo disminuir la tasa de desempleo y por consiguiente, como se ha podido observar en las funciones de impulso-respuesta expuestas, la tasa de inflación aumenta.

En la práctica las decisiones de política monetaria no tienen un efecto inmediato en la economía ya que es necesario que pase un periodo de tiempo antes de los cambios en el tipo de interés afecten al resto de variables macroeconómicas. Nuestro modelo eso no lo contempla. Como indica Alessandro Flamini (2012) [21], "de acuerdo con la

experiencia de los bancos centrales son necesarios entre 2-6 trimestres antes de que un shock a los tipos de interés afecte a la producción y al desempleo y entre 4-10 trimestres antes de que afecte a la inflación". Por lo tanto vamos hacer cero las respuestas de la tasa de crecimiento del PIB a un shock al tipo de interés durante los dos primeros trimestres, las respuestas de la tasa de desempleo a un shock al tipo de interés durante los dos primeros trimestres y las respuestas de la tasa de inflación a un shock al tipo de interés durante los cuatro primeros trimestres. Así, además, eliminamos casi por completo las respuestas contrarias a la teoría económica.

5. Resultados

Las funciones de impulso-respuesta, como bien se ha indicado en el apartado anterior, simulan los efectos de un shock en las distintas perturbaciones aleatorias. Sin embargo, al trabajar con el programa Gretl, los shocks que generan las funciones de impulso-respuesta analizadas son de una desviación estándar de la perturbación y por lo tanto este shock no es del tamaño que se asocia a la implantación de un programa de expansión cuantitativa por parte de un banco central. Por ello, para poder generar una función de impulso respuesta que represente el verdadero efecto que han tenido estos programas de política monetaria ultra-expansiva sobre las distintas variables estudiadas, se debe calcular el shock correcto.

5.1. Cálculo del shock

Continuando con el mismo modelo de cuatro variables endógenas con un solo retardo y con muestra (1984:1 - 2007:2), se vuelve a utilizar el programa Gretl.

El primer paso será obtener los residuos de la primera ecuación del modelo (la del tipo de interés sombra), que los proporciona el propio programa, para conocer la desviación típica del error de la ecuación del tipo de interés.

Una vez obtenida la desviación típica de la perturbación de la ecuación del tipo de interés, se procede a calcular el shock correcto para el primer periodo de la simulación. Para ello se utilizan los datos iniciales del tipo de interés sombra, eligiendo el primer valor negativo que se da en el tercer trimestre del año 2009 (-0.27%) como el primer shock de la aplicación de los programas de QE. Esto tiene una explicación, ya que los

agentes económicos no esperan que el tipo de interés entre en terrenos negativos, por lo que podríamos considerarlo como un verdadero shock para la economía. A partir de entonces, el shock será la diferencia entre el tipo de interés sombra del periodo correspondiente y el tipo de interés esperado en el periodo anterior, es decir, el previsto por el VAR estimado tras el shock del periodo anterior.

Como el objetivo es obtener unas funciones respuesta que representen el verdadero efecto que tienen los programas de QE, se debe averiguar las respuestas del tipo de interés al shock que hemos calculado. Para ello se multiplica la funciones impulso-respuesta del tipo de interés a un shock en el tipo de interés por el resultado de dividir el primer shock (-0.27%) entre la desviación típica del error de la ecuación del tipo de interés que proporciona Gretl. De esta manera se puede observar cómo responde el tipo de interés sombra al shock del tercer trimestre de 2009.

Siguiendo la Ordenación de Cholesky elegida, pasamos a obtener las respuestas de la tasa de crecimiento del PIB al shock en el tipo de interés. Se obtienen las respuestas a este shock multiplicando cada respuesta por el resultado obtenido en la división anterior entre el primer shock y la desviación típica del error de la ecuación del tipo de interés. Una vez multiplicadas las respuestas del tipo de interés y el PIB, continuamos con la obtención de las respuestas de la tasa de desempleo al shock en el tipo de interés sombra, multiplicándolas de nuevo por el mismo resultado que las dos ecuaciones anteriores. Por último se obtiene la respuesta de la tasa de inflación a un shock en el tipo de interés y su posterior multiplicación por la división entre el primer shock y la desviación típica del error de la ecuación del tipo de interés. De esta manera se obtiene como han reaccionado las variables macroeconómicas a un shock en el tipo de interés en el primer periodo estudiado. A continuación pasamos a calcular el shock para el segundo periodo (2009:4).

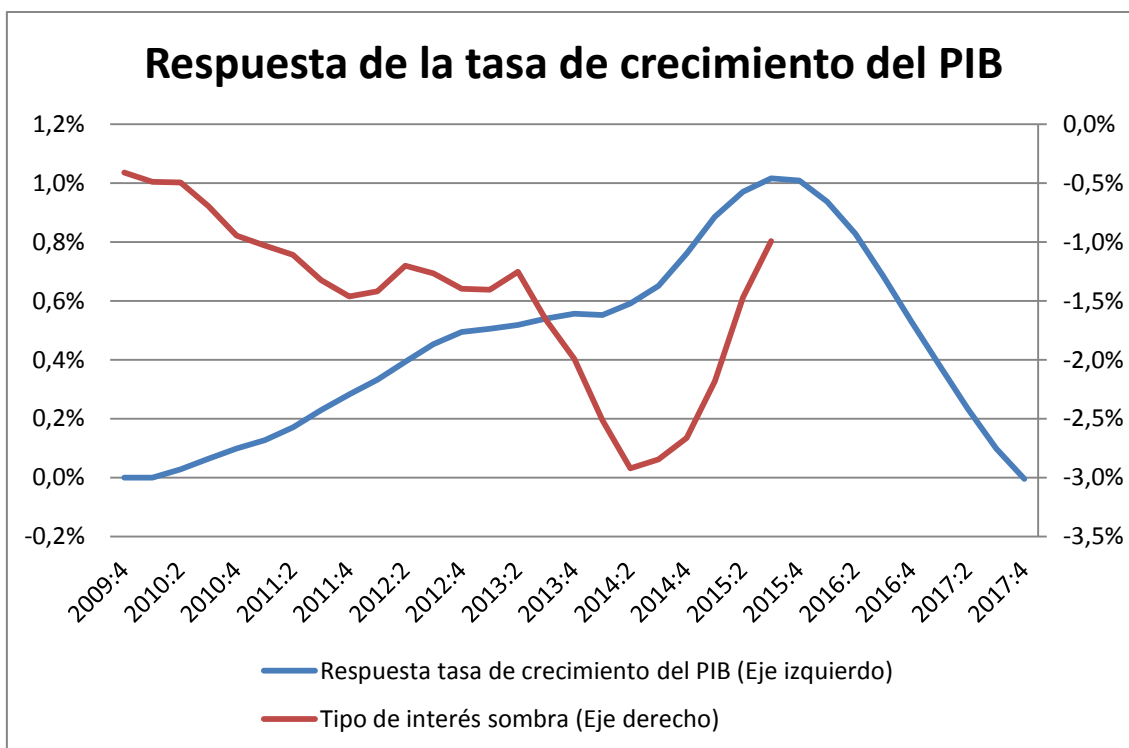
Utilizando el mismo proceso que en el periodo anterior, calculamos el shock que será la diferencia entre el tipo de interés sombra del trimestre siguiente (cuarto trimestre del 2009) y el tipo de interés esperado por la economía, que en este caso será el valor de la respuesta del tipo de interés a un shock en el tipo de interés para el segundo periodo, es decir, el valor esperado por el VAR estimado para el tipo de interés en el segundo periodo. Una vez calculado el segundo shock, y al igual que con en el primer periodo, se divide por la desviación típica del error de la ecuación del tipo de interés y se

multiplican las respuestas al impulso del tipo de interés por dicho resultado. Una vez calculadas las respuestas del tipo de interés para el segundo periodo, se calculan las respuestas del PIB, el desempleo y la inflación respectivamente multiplicando sus respuestas por el mismo resultado. Cuando se hayan obtenido las funciones respuesta de cada periodo (primer periodo y segundo periodo), se suman periodo a periodo para obtener la respuesta total.

Analógicamente se calcularán las respuestas a los shocks durante el resto de periodos utilizando el mismo proceso hasta alcanzar el último shock del tercer trimestre del 2015, momento en que todas las funciones respuesta de las variables estudiadas para cada uno de los periodos se sumarán periodo a periodo obteniendo así la respuesta total a todo el programa de QE de cada una de las variables.

5.2. Respuestas totales

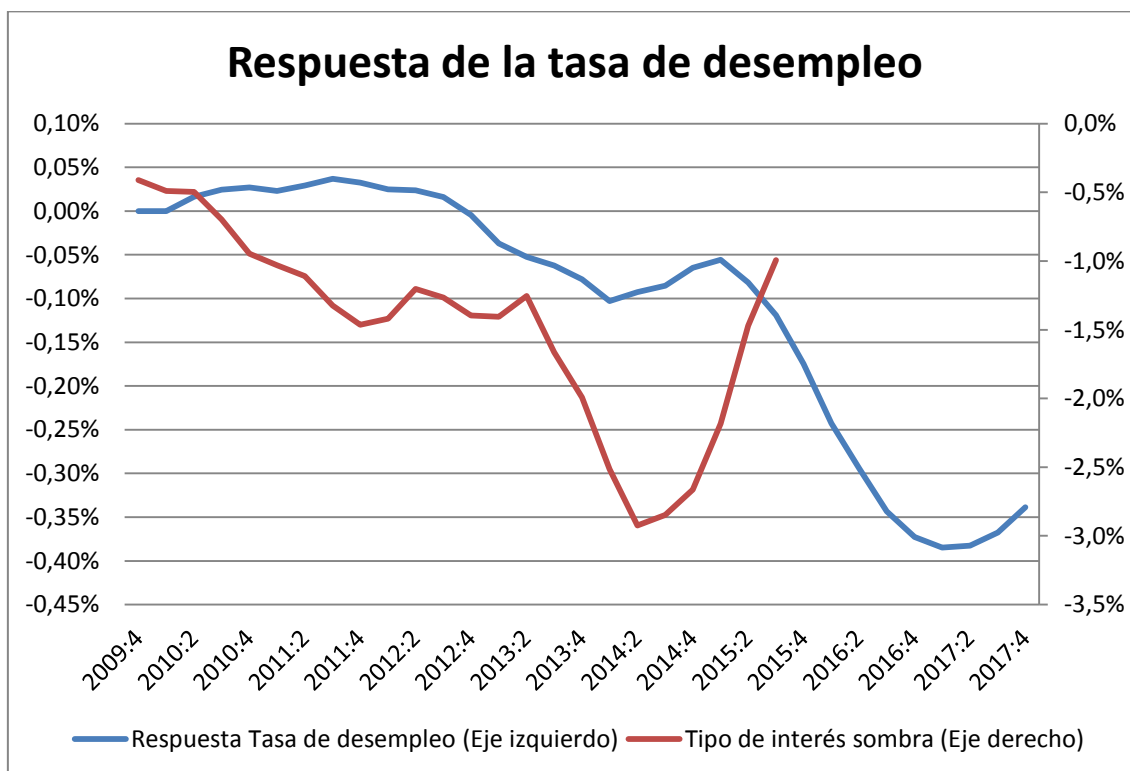
Una vez realizado todo el proceso de cálculo, se obtienen las siguientes funciones de impulso respuesta para cada una de las variables elegidas:



Gráfica 17. Respuesta total de la tasa de crecimiento del PIB. Fuente: Elaboración propia.

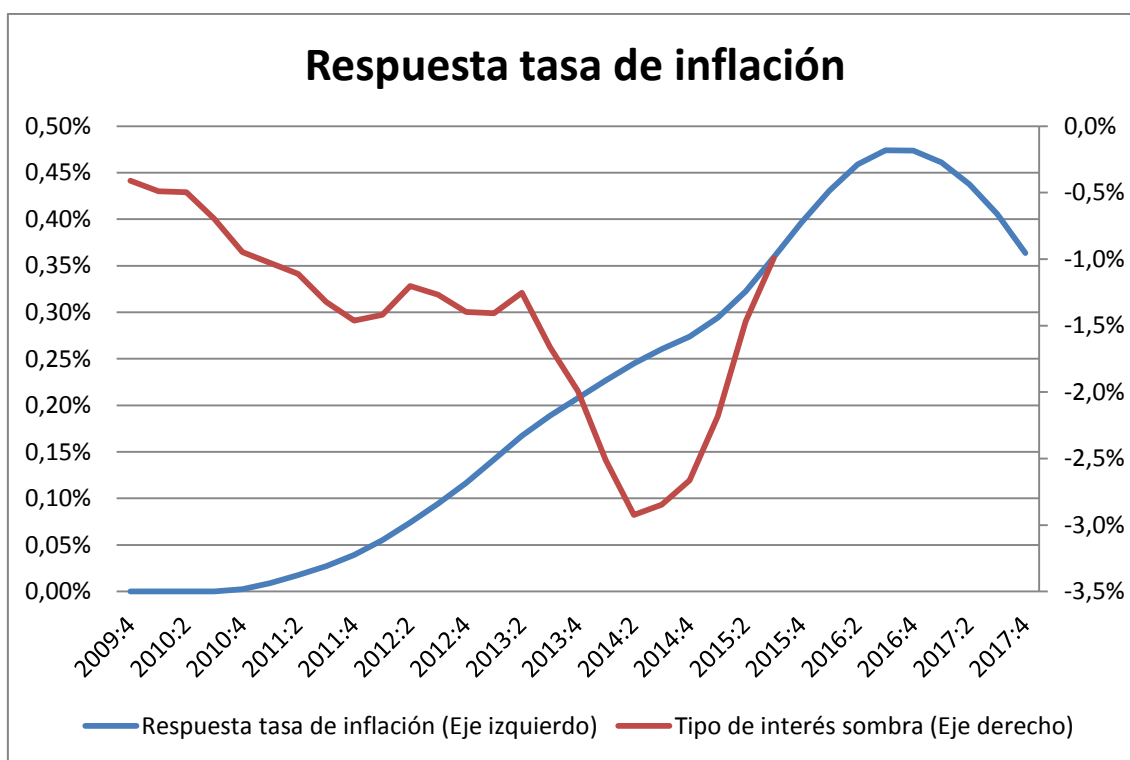
Como se puede observar, una vez pasados los dos primeros trimestres la tasa de crecimiento del PIB se encuentra por encima de su valor a largo plazo durante todo el

periodo. Sin embargo no es hasta varios años después de que se active el QE cuando la tasa de crecimiento del PIB comienza a responder significativamente. Esto es porque la política monetaria tarda en hacer efecto sobre las variables macroeconómicas. Tomando de referencia distintos períodos como por ejemplo el tercer trimestre del año 2010, momento en el que la tasa de crecimiento del PIB sobrepasa el 3%, algo que no hacía desde hacía cuatro años, con la aplicación de los programas de QE crece un 3.08% mientras que sin él sólo hubiese crecido un 3.01 %. En el tercer trimestre de 2015, que como se puede observar en la gráfica es el máximo de todo el periodo, el QE hace que la tasa de crecimiento del PIB crezca un 2.24%, mientras que si no se hubiese aplicado el programa hablaríamos de un crecimiento negativo de un 1.22%. Comparando distintos trimestres podemos observar como los efectos de la aplicación del QE tardan en notarse en las distintas variables macroeconómicas. Con estos resultados podemos concluir que la aplicación de estos programas de expansión cuantitativa ha permitido que la tasa de crecimiento del PIB crezca por encima de su valor a largo plazo durante el periodo analizado. Esto es muy significativo, ya que como se ha comentado a lo largo del proyecto, uno de los principales objetivos de un programa de expansión cuantitativa es reactivar la economía a base de imprimir e imprimir moneda.



Gráfica 18. Respuesta total de la tasa de desempleo. Fuente: Elaboración propia

A causa del crecimiento del PIB, la tasa de desempleo se sitúa por debajo de su valor a largo plazo. Como se puede observar en la gráfica, ésta no comienza a situarse por debajo de su valor a largo plazo hasta 2013. Al igual que con la tasa de crecimiento del PIB, vamos a tomar de referencia una serie de periodos para analizar el efecto del QE sobre la tasa de desempleo: en el primer trimestre del 2014, momento en que la tasa de desempleo consigue bajar definitivamente de la barrera del 7% después de cinco periodos intentando superarla definitivamente, es de 6.67%. Sin la aplicación del QE hubiese sido 6.77%, mientras en el tercer trimestre de 2015 el QE hace que la tasa de desempleo se reduzca a un 5.23%, mientras que si no se hubiese aplicado el programa hablaríamos de una tasa de desempleo del 5.34%. Es a partir de principios de 2016 cuando podemos observar que los efectos sobre la tasa de desempleo comienzan a ser mucho más significativos. Aunque la tasa de desempleo de Estados Unidos no ha llegado a niveles como los vistos en España, donde se superó el 20%, vemos que con el crecimiento del PIB la tasa de desempleo ha vuelto a los niveles anteriores a la crisis financiera, cuando se situaba alrededor del 5%.



Gráfica 19. Respuesta total de la tasa de inflación. Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha dicho en este proyecto, el principal objetivo de un banco central es mantener una inflación controlada y estable. El objetivo de inflación de la Reserva

Federal se sitúa en el 2%. En esta gráfica se puede observar como la tasa de inflación crece por encima de su valor a largo plazo durante todo el periodo analizado pero no será hasta unos trimestres más tarde de que el tipo de interés esté por debajo de cero para que se puedan observar los efectos de los programas de QE en la tasa de inflación, los cuales van aumentando paulatinamente. Esto se puede observar comparando distintos periodos, al igual que se ha hecho con las variables anteriores. Si cogemos de referencia por ejemplo el segundo trimestre del año 2011 donde la tasa de inflación es de un 3.17%, sin la aplicación del QE por parte de la Reserva Federal hablaríamos de una tasa inflación de 3.15%. El efecto no es tan significativo. Sin embargo, si observamos el tercer trimestre del año 2015, la tasa de inflación se sitúa en 0.17% mientras que si no se hubiese aplicado el programa, la tasa de inflación entraría en terrenos negativos con un -0.19%. Analizando la gráfica de la tasa de inflación del apartado de los datos vemos que en el trimestre anterior (segundo trimestre del año 2015) la inflación entra después de seis años en terrenos negativos. Ese dato negativo es algo puntual porque inmediatamente al trimestre siguiente vuelve a ser positiva. Sin embargo, sin la aplicación del QE, la tasa de inflación habría estado en terrenos negativos durante todo el año 2015. Éste es quizás uno de los indicadores más importantes del éxito relativo de los programas de QE ya que, como se ha dicho antes, mantener una inflación estable es el objetivo de todo banco central moderno.

6. Conclusiones

Como se ha indicado durante todo este proyecto, el objetivo de este trabajo de fin de grado ha sido estimar cuáles han sido los efectos macroeconómicos a corto y medio plazo de los programas de Quantitative Easing que ha realizado la Reserva Federal de Estados Unidos, ya que los efectos a más largo plazo que puedan tener este tipo de programas, como pueden ser la posibilidad de inestabilidad financiera o una hiperinflación, tan solo el tiempo los dirá. Con este fin se han escogido unas variables representativas de la economía estadounidense como son la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de desempleo, la tasa de inflación y el ya explicado tipo de interés sombra, utilizando para su estudio el método del vector autorregresivo.

Con los resultados obtenidos podemos concluir que los programas de expansión cuantitativa han incidido positivamente en la economía de Estados Unidos ya que, como

bien nos han expresado las respuestas de cada variable al programa de QE, dicho programa incide en mayor o menor medida en cada una ellas haciendo que el escenario resultante coincida con las consecuencias esperadas de aplicar un programa de este tipo. Una bajada de los tipos de interés provoca que aumente la inversión lo que hace que el PIB aumente. El aumento de la producción hace que la economía necesite más mano de obra lo que reduce la tasa de desempleo, aumenta el consumo y con ello la inflación.

Una vez cuantificados los efectos podemos concluir que la Reserva Federal acierta en su estrategia de política monetaria, aplicando los programas de QE para reactivar una economía muy afectada por la crisis financiera internacional. Sin embargo, y aunque el uso de estrategias no convencionales de política monetaria por parte de los bancos centrales internacionales ha estado muy presente desde hace ya varios años debido a la gran crisis financiera internacional, no hay que olvidar que son estrategias arriesgadas que implican tomar decisiones correctas en el momento adecuado para evitar consecuencias contrarias a las esperadas, cosa que no siempre sucede. Lo que sí está claro es que las siglas "QE" aún seguirán estando muy presentes en la mente de todos los agentes económicos en los próximos años y con un papel protagonista.

Bibliografía

Autores

- ALESSANDRO FLAMINI (2012). Transmission Lags and Optimal Monetary Policy [21]
- ALFONSO NOVALES (2014). Modelos vectoriales autoregresivos (VAR). [18]
- ANA DEL RIO (1999). Agregación temporal y filtro de Hodrick Prescott. [12] [13]
- JING CYNTHIA y WU FAN DORA XIA (2015). Measuring the Macroeconomic Impact of Monetary Policy at the Zero Lower Bound.

- EMILIO DOMÍNGUEZ IRASTORZA, MIREN ULLÍBARRI ARCE e IDOYA ZABALETA ARREGUI (2010). Un modelo VAR aplicado al empleo y a las horas de trabajo. Estadística Española. [19]
- FERNANDO C. BALLABRIGA (1991). Instrumentación de la Metodología VAR. [17]
- FINN E. KYDLAND & EDWARD C. PRESCOTT (1990). Quaterly review. Business Cycles, real facts and a monetary myth.
- MANUEL ALEJ. HIDALGO (2014). Vectores Autorregresivos. [16]
- SANTIAGO DE LA FUENTE FERNÁNDEZ. Series temporales (UAM)
- SIMS (1980). Econometrica. Macroeconomics and Reality [20]
- VANESA HAMU LOPEZ (2015). ¿Qué Consecuencias tiene la Depreciación del Euro para la Economía Española? [14]
- ANTONIO JOSÉ FERNÁNDEZ (2016). Proyecto Guerra de Divisas. Economía Monetaria 3º G.A.D.E.

Páginas Webs y Artículos de Prensa

- Chicago Booth Review
<http://review.chicagobooth.edu/magazine/summer-2014/is-fed-intervention-effective-ask-the-shadow-rate>

<http://review.chicagobooth.edu/economics/2017/article/%E2%80%98shadow-rate%E2%80%99-can-measure-effects-qe>
- Ecolink.com
<https://www.econlink.com.ar/definicion/varendog.shtml> [15]
- Economipedia
<http://economipedia.com/definiciones/nominal-y-real.html>

- El Economista.es
<http://www.eleconomista.es/economia/noticias/8571466/08/17/Draghi-pide-paciencia-con-politica-monetaria-ultra-expansiva-del-BCE.html> [4]
<http://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/inflacion> [8]
- El País
https://elpais.com/diario/2009/01/11/negocio/1231683266_850215.html [2]
https://economia.elpais.com/economia/2013/11/13/actualidad/1384379787_900792.html [3]
- Expansión
<http://www.expansion.com/diccionario-economico/producto-interior-bruto-pib.html> [6]
- Federal Reserve
https://www.federalreserve.gov/faqs/economy_14400.htm [9]
- Federal Reserve of Atlanta
https://www.frbatlanta.org/cqer/research/shadow_rate.aspx?panel=1
- Fundeu BBVA
<http://www.fundeu.es/recomendacion/desestacionalizar-verbo-valido/> [11]
- Inversor Global
<http://inversor.global/2015/10/como-provocar-inflacion-en-15-minutos/>
- Investing
<https://es.investing.com/economic-calendar/unemployment-rate-300> [7]
<https://es.investing.com/economic-calendar/cpi-733>

- Multpl

<http://www.multpl.com/us-gdp-growth-rate/table/by-quarter>

- Oroyfinanzas

<https://www.oroymfinanzas.com/tag/ge-quantitative-easing-expansion-cuantitativa-monetaria/> [5]

<https://www.oroymfinanzas.com/2015/05/que-tipo-interes-zero-lower-bound-zlb/>
[10]

- WordPress.com (Blog Jose Luis Sorcia)

<https://jlsorcia.wordpress.com/2008/10/16/en-los-momentos-de-crisis-solo-la-imaginacion-es-mas-importante-que-el-conocimientoalbert-einstein/> [1]

Apéndice

Sistema VAR, orden del retardo 1
 Estimaciones de MCO, observaciones 1984:2-2007:2 (T = 93)
 Log-verosimilitud = 1539.3412
 Determinante de la matriz de covarianzas = 4.9336594e-020
 AIC = -32.6740
 BIC = -32.1294
 HQC = -32.4541
 Contraste Portmanteau: LB(23) = 410.718, gl = 352 [0.0168]

Ecuación 1: Tipo de interés

Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Constante	-0.0003	0.0007	-0.5080	0.6127	
Tipo de interés / retardo 1	0.7106	0.0987	7.1979	<0.0001	***
PIB / retardo 1	0.2201	0.0567	3.8795	0.0002	***
Desempleo / retardo 1	-0.3772	0.1617	-2.3321	0.0220	**
Inflación / retardo 1	0.0747	0.1296	0.5762	0.5659	
Media de la vble. dep.	0.0004		D.T. de la vble. dep.	0.0156	
Suma de cuad. residuos	0.0033		D.T. de la regresión	0.0061	
R-cuadrado	0.8511		R-cuadrado corregido	0.8443	
F(4, 88)	225.4871		Valor p (de F)	2.31e-45	
rho	-0.0055		Durbin-Watson	1.9798	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de Tipo de interés F(1, 88) = 51.81 [0.0000]
 Todos los retardos de PIB F(1, 88) = 15.051 [0.0002]
 Todos los retardos de Desempleo F(1, 88) = 5.4385 [0.0220]
 Todos los retardos de Inflación F(1, 88) = 0.33205 [0.5659]

Ecuación 2: Tasa de crecimiento del PIB

Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Constante	-0.0002	0.0006	-0.3269	0.7445	
Tipo de interés / retardo 1	-0.1217	0.0627	-1.9396	0.0556	*
PIB / retardo 1	0.8447	0.0512	16.4915	<0.0001	***
Desempleo / retardo 1	-0.0800	0.1140	-0.7024	0.4843	
Inflación / retardo 1	-0.1196	0.0960	-1.2457	0.2162	
Media de la vble. dep.	0.0006		D.T. de la vble. dep.	0.0121	
Suma de cuad. residuos	0.0033		D.T. de la regresión	0.0061	
R-cuadrado	0.7516		R-cuadrado corregido	0.7403	
F(4, 88)	69.5405		Valor p (de F)	1.96e-26	
rho	0.2195		Durbin-Watson	1.5523	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de Tipo de interés $F(1, 88) = 3.7619 [0.0556]$

Todos los retardos de PIB $F(1, 88) = 271.97 [0.0000]$

Todos los retardos de Desempleo $F(1, 88) = 0.49339 [0.4843]$

Todos los retardos de Inflación $F(1, 88) = 1.5517 [0.2162]$

Ecuación 3: Tasa de desempleo

Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Constante	-0.0002	0.0002	-1.3820	0.1705	
Tipo de interés / retardo 1	0.0027	0.0167	0.1622	0.8715	
PIB / retardo 1	-0.1037	0.0156	-6.6138	<0.0001	***
Desempleo / retardo 1	0.9771	0.0377	25.8627	<0.0001	***
Inflación / retardo 1	0.0582	0.0194	2.9869	0.0037	***
Media de la vble. dep.	-0.0016		D.T. de la vble. dep.	0.0081	
Suma de cuad. residuos	0.0001		D.T. de la regresión	0.0014	
R-cuadrado	0.9695		R-cuadrado corregido	0.9681	
F(4, 88)	636.4245		Valor p (de F)	4.91e-64	
rho	0.2415		Durbin-Watson	1.4418	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de Tipo de Interés $F(1, 88) = 0.026305 [0.8715]$

Todos los retardos de PIB $F(1, 88) = 43.742 [0.0000]$

Todos los retardos de Desempleo $F(1, 88) = 668.88 [0.0000]$

Todos los retardos de Inflación $F(1, 88) = 8.9216 [0.0037]$

Ecuación 4: Tasa de inflación

Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Constante	-0.0003	0.0004	-0.6985	0.4867	
Tipo de interés / retardo 1	-0.0240	0.0407	-0.5906	0.5563	
PIB / retardo 1	0.0883	0.0339	2.6021	0.0109	**
Desempleo / retardo 1	-0.1493	0.0737	-2.0248	0.0459	**
Inflación / retardo 1	0.7958	0.0712	11.1767	<0.0001	***
Media de la vble. dep.	0.0000		D.T. de la vble. dep.	0.0087	
Suma de cuad. residuos	0.0020		D.T. de la regresión	0.0047	
R-cuadrado	0.7122		R-cuadrado corregido	0.6992	
F(4, 88)	34.7391		Valor p (de F)	2.20e-17	
rho	0.1202		Durbin-Watson	1.7577	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de Tipo de Interés $F(1, 88) = 0.34877 [0.5563]$

Todos los retardos de PIB $F(1, 88) = 6.7708 [0.0109]$

Todos los retardos de Desempleo $F(1, 88) = 4.0999 [0.0459]$

Todos los retardos de Inflación $F(1, 88) = 124.92 [0.0000]$