

**Análisis empírico de la relación entre la tasa de cambio real, la tasa de cambio nominal y los precios reales del petróleo ¿Qué mueve la competitividad en el mercado internacional?**

Por: Salomón Quirós Gomez.

Escuela de finanzas economía y gobierno, Universidad EAFIT

Economía

Asesor: Carlos Esteban José Posada

29 de Marzo de 2025

Universidad EAFIT

## **Resumen**

El petróleo, como uno de los productos más demandados y exportados a nivel mundial, representa la principal fuente de ingresos para varias naciones. En este contexto, la tasa de cambio real refleja la competitividad de un país en relación con otros, mientras que la tasa de cambio nominal indica la demanda de su moneda frente a la de otros.

Dada la importancia de estos factores, surge la necesidad de investigar si existe una correlación significativa entre el precio del petróleo y estas variables cambiarias. Para ello, se analizó un grupo de diez países utilizando datos históricos que abarcan el periodo 1986-2023.

Estos son introducidos a unos modelos panel VAR estimados por método generalizado de los momentos y mínimos cuadrados ordinarios. Las variables dependientes son la tasa de cambio real y la nominal con una variable exógena o predeterminada siendo esta el precio real del petróleo.

Los resultados muestran que la tasa de cambio real y el precio del petróleo real sí tienen una correlación negativa pero pequeña mientras que la tasa de cambio nominal no muestra evidencias de correlación.

## **Introducción**

La tasa de cambio es uno de los indicadores más importantes para cualquier economía, pues representa su estado de competitividad con respecto a los otros países. La tasa de cambio se divide en dos: la nominal, que es la razón entre una moneda extranjera contra la moneda del país de origen. La otra es la real, que para calcularla se necesita la tasa de cambio nominal multiplicada por los precios de un país de comparación, dividido por los precios del país hogar. Esta última tiene diferentes formas de calcularse. Aquí, los precios son reemplazados ya sea por comercio tradicional o comercio no tradicional.

La tasa de cambio real tiene una gran importancia a largo plazo en términos macroeconómicos, pues representa la paridad de poder adquisitivo de un país y de cómo se compara contra un país objetivo o un grupo de países. Pero no solo muestra esto, sino que también se refiere una correlación con el crecimiento de los países, según el estudio de Hugo C. et. Al. (Iasco-Pereira & Missio, 2023).

De otro lado, el petróleo es un bien que ha sido crucial en el crecimiento y desarrollo de muchas economías del mundo, y se ha posicionado como el bien más exportado de algunos países, tanto es así que cuando este sufre un golpe en su precio nominal, se habla de una pérdida en el crecimiento de estas economías. Con base en esto, surge la pregunta de qué tanto afecta su precio a otras áreas de la economía, más específicamente cómo afecta el precio real del petróleo a la tasa de cambio real y nominal.

En este artículo, buscamos responder a esta pregunta analizando la correlación entre la tasa de cambio real, la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo, por medio del uso de modelos VAR para identificar esta relación y determinar si existe.

## Marco teórico y antecedentes en literatura

La definición de la tasa de cambio nominal y la tasa de cambio real nos la proporciona Williamson, junto con algunas implicaciones teóricas.

La tasa de cambio nominal es el precio del dinero de un país X comparado con el precio del dinero del país Y. Por ejemplo, el dólar americano es equivalente a 4274<sup>1</sup> pesos colombianos. Esta métrica muestra la relación de qué tan demandada es una moneda de un país con respecto a otro, es decir, a mayor valor de la tasa de cambio nominal, más se está demandando la moneda comparada.

Es importante aclarar que la tasa de cambio nominal en el corto plazo es susceptible a choques exógenos, pero a largo plazo es controlada por la política monetaria de un país. Esto se detalla más a fondo con un modelo de demanda del dinero, al determinar cómo es la relación entre estas dos variables (Williamson, 2018).

Williamson define la tasa de cambio real como un producto de:

$$\text{Tasa de cambio real} = \frac{eP^*}{P}$$

Donde  $e$  es la tasa de cambio nominal,  $P^*$  es el nivel de precios del país extranjero que se está comparando y  $P$  es el nivel de precios del país doméstico (Williamson, 2018).

La tasa de cambio real también se puede interpretar como los términos de intercambio entre países. Otra implicación teórica:

$$P = eP^*$$

Esto, según Williamson, es la paridad de poder adquisitivo o también llamada la ley de un precio. Si la paridad de poder adquisitivo se mantiene, entonces la tasa de cambio real sería igual a 1. Sin embargo, esta paridad no sucede con frecuencia.

El estudio de los factores determinantes de la tasa de cambio real es un tema que ha fascinado a los economistas desde el inicio de la economía moderna. Un ejemplo de esto es el trabajo que desarrolló William H. Branson, en el que expandió el trabajo que él mismo hizo en 1977. Su proposición es que, al agregar expectativas racionales, la tasa de cambio nominal y la real responderán a los cambios en la cantidad de dinero en la economía, la cuenta corriente y los precios relativos (Branson et al., 1981).

Su estudio se basa en cuatro países: Estados Unidos (US), Reino Unido (UK), Alemania y Japón. Los resultados del modelo VAR que implementa el autor muestran que US tiene una

---

<sup>1</sup> Para el 25 de abril de 2025.

correlación negativa con la cantidad de dinero, mientras que UK y Alemania tienen correlación positiva, y Japón muestra una relación casi 0.

El balance de la cuenta corriente es positivo para todas las economías excepto para UK, y los precios relativos exhiben una correlación negativa con US, UK y Alemania (Branson et al., 1981). Este trabajo nos muestra los factores que afectan a la tasa de cambio real y también nos brinda una idea de qué tanto se ha investigado el tema.

Un artículo que nos ayuda a entender el comportamiento de la tasa de cambio real es *Real and monetary determinants of real Exchange rate behavior theory and evidence from developing countries*, en el que se utiliza un modelo dinámico de economía abierta de tres bienes.

El modelo de Edwards incorpora las diferentes partes de la economía: decisiones de portafolio, el lado de la demanda, la oferta, el gobierno, el sector externo, e introduce variaciones como los aranceles, el flujo de capital y decisiones de políticas. Además, hace un análisis teórico y procede a tomar países en vía de desarrollo como Brasil, Colombia, Malasia e India, y los incorpora a un modelo ARMA para ver si los resultados son consistentes con la teoría (Edwards, 1988).

Los resultados del modelo de Edwards muestran que la tasa de cambio real sí es afectada por movimientos de variables reales y nominales a corto plazo. A su vez, las políticas macroeconómicas expansivas generan apreciación a la tasa de cambio real (Edwards, 1988).

Este artículo es relevante para la discusión, pues nos indica que los cambios nominales afectan de una manera u otra la tasa de cambio real.

Otra de las primeras investigaciones en analizar la relación entre la tasa de cambio real y nominal fue elaborada por Richard Clarida, en el que podemos ver un estudio de cuatro países: Alemania, Japón, Inglaterra y Canadá, donde se estima un modelo basado en el modelo de Obstfeld (Obstfeld et al., 1985) ampliado por los autores, con un sistema de ecuaciones de un modelo IS-LM de economía abierta.

Allí, la ecuación IS representa la demanda de un país de economía abierta relativa a la producción extranjera. La ecuación determinante de los precios es resultado de estudios analizados por Clarida, teniendo en cuenta economías abiertas. Los niveles de precios están determinados por las expectativas de las personas de acuerdo con el estado del mercado. Estas expectativas se encuentran ponderadas por el factor  $\theta$  que, entre más se acerque a 1, muestra que los precios son flexibles y determinados por la oferta, mientras que, si se acerca a 0, los precios ya se encuentran predeterminados un periodo atrás (Clarida & Gali, 1994).

La ecuación LM no tiene nada especial. Se trata de la diferencia de la cantidad de dinero y los precios en un periodo  $t$ , que son iguales a la diferencia del producto del país de origen y el factor  $\lambda$ , que representa la sensibilidad de la demanda de dinero al tipo de interés multiplicado por la tasa de interés en el momento  $t$  (Clarida & Gali, 1994).

Utilizando un modelo de VMA(1) a partir de la combinación y solución del sistema de ecuaciones anteriormente mencionado usan el método de identificación de Blanchard-Quah, se encuentra que la tasa de cambio real se ve afectada por los choques nominales, pero solo para dos de los cuatro países estudiados: Japón y Alemania, mientras que Canadá e Inglaterra no muestran cambios significativos ante los choques nominales. Además de esto, la tasa de cambio real, por más afectada que se encuentre por estos choques, solo es a corto plazo y vuelve a su estado normal luego de unos cuantos periodos (Clarida & Gali, 1994).

Dos artículos que establecen la relación entre la tasa de cambio real y los precios del petróleo son los de R.A. Amano y S. van Norden.

En el primero se analiza si hay una relación entre los choques a los precios del petróleo y la tasa de cambio real de Estados Unidos, llamado *Oil prices and the rise and fall of the US real Exchange rate*.

Este trabajo busca establecer una unión entre el precio del petróleo y la tasa de cambio real en el periodo después del tratado de Bretton Woods. Para esto, usan las observaciones mensuales de la tasa de cambio real de Estados Unidos y el precio real del petróleo para este mismo país desde el segundo trimestre de 1972 hasta el primer trimestre de 1993. Así, usando un modelo de corrección de errores (ECM), buscan capturar el proceso dinámico del precio del petróleo y la tasa de cambio real.

El resultado de este modelo muestra que sí hay una correlación y que el precio del petróleo puede explicar el 6.7% de la variación mes a mes. Otro aspecto importante para recalcar en este artículo es que en la prueba de causalidad de Granger, el precio del petróleo Granger causa la tasa de cambio real, mientras que la tasa de cambio real no Granger causa el precio del petróleo (Amano & Van Norden, 1998b).

El siguiente artículo, que se considera relevante para este trabajo, es *Exchange rate and oil prices*, en el que se busca si hay una relación robusta entre el precio del petróleo y la tasa de cambio real en Estados Unidos, Alemania y Japón.

En las pruebas de causalidad y exogeneidad, podemos ver aspectos interesantes que soportan la parte metodológica de este trabajo. Entre ellas está la prueba de Johansen de exogeneidad débil. En esta se muestra que el precio del petróleo es débilmente exógeno, lo que significa que el precio del petróleo afecta a la tasa de cambio real. Sin embargo, la tasa de cambio real no afecta a los precios del petróleo.

La otra prueba por recalcar es la de causalidad de Granger, donde se muestra que el precio del petróleo Granger causa la tasa de cambio real. Es importante recalcar que no se encuentra evidencia de que la tasa de cambio real Granger causa el precio del petróleo (Amano & Van Norden, 1998a).

En la conclusión del artículo de Amano y van Norden, se encuentra una relación robusta entre la tasa de cambio real y el precio real del petróleo para los países analizados. En esta, el precio real del petróleo captura los choques exógenos de los términos de intercambio y se

sugiere que puede ayudar a determinar la tasa de cambio real a largo plazo (Amano & Van Norden, 1998a).

Nelson C. Mark hace una investigación parecida a la de Clarida cuya diferencia principal es su enfoque, su forma de abordar el tema y las conclusiones a las que llega. Al igual que Clarida, Nelson utiliza un modelo VMA para comprobar si los choques que recibe la tasa de cambio nominal afectan de manera significativa la tasa de cambio real.

La conclusión del artículo de Nelson es que la tasa de cambio nominal tiene un efecto prevalente en el largo plazo sobre la tasa de cambio real al igual que los niveles de precio (Mark, 1990).

La conclusión de este artículo contradice los resultados de algunos estudios subsecuentes, el papel del trabajo de Nelson en este estudio es para comparar las diferencias en cómo se aborda este tema, pues en la revista de coyuntura económica de EAFIT (Posada et al., 2023) se reta la conclusión a la que llega Nelson; esta discrepancia está dada por los métodos con los cuales se estima el modelo, avances en la tecnología, una base de datos más extensa y un cambio en la variable de estudio.

En la revista de coyuntura número 21 capítulo 6, inflación y política monetaria Carlos Esteban Posada, Liz Londoño y Salomón Quirós nos concentraremos en la sección cinco en donde se habla de los resultados de un análisis empírico de la relación entre la tasa de cambio nominal y tasa de cambio real en donde se encuentra que la tasa de cambio nominal no tiene un efecto a largo plazo con la tasa de cambio real (Posada et al., 2023). Para llegar a esta conclusión los autores estiman el siguiente modelo VAR (1):

$$y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$y_t = [ITCR, ITCN]$$

ITCR es el índice de la tasa de cambio real, ITCN es el índice de la tasa de cambio nominal, al hacer la función de impulso respuesta se encuentra que la tasa de cambio real no es afectada fuertemente por los choques aleatorios que recibe el índice de tasa de cambio nominal y además su prevalencia es de cinco meses (Posada et al., 2023). Con este estudio nos guiamos para crear el modelo para hacer el análisis que propone nuestro trabajo.

En *Oil prices and real exchange rates* se hace un análisis de panel de datos acerca de cómo las fluctuaciones en el precio real del petróleo afectan la tasa de cambio real de los países del G7 y si existe una relación a largo plazo entre estas variables, el modelo principal que utilizan es:

$$q_{i,t} = \alpha_i + \beta_i p_{i,t} + \beta_2 (r_{i,t} - r_{i,t}^*) + \beta_3 (y_{i,t} - y_{i,t}^*) + \varepsilon_{i,t}$$

Donde  $q$  representa el logaritmo de la tasa de cambio real en el país  $i$  en el periodo  $t$ ,  $p$  es el logaritmo de los precios reales del petróleo,  $r-r^*$  es la diferencia entre la tasa de interés nominal y la tasa de interés real y  $y-y^*$  es el logaritmo de la diferencia de la productividad y la productividad potencial (Chen & Chen, 2007).

El método de estimación del modelo es FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) que es una forma de estimar modelos por medio de OLS (mínimos cuadrados ordinarios) teniendo en cuenta la cointegración y corrigiendo los sesgos de endogeneidad.

Las conclusiones del artículo de Chen nos explican que el poder predictivo del precio del petróleo sobre la tasa de cambio real es significativo (Chen & Chen, 2007).

Doğan, Ustaoglu & Demez (2012) hacen un estudio de la relación entre las tasas de cambio real y el precio real del petróleo para el caso de Turquía, una economía que, de un lado, se ha abierto al mercado mundial y, de otro, una de sus exportaciones más importantes es el petróleo. Además, como el plan de crecimiento económico de este país está basado en la exportación (Doğan et al., 2012), se vio la necesidad de investigar la relación entre la tasa de cambio real que, como se ha dicho anteriormente, determina los términos de intercambio (Williamson, 2018) y los precios reales del petróleo que, como lo han demostrado Chen & Chen (2007), tienen una fuerte correlación con la tasa de cambio real.

En ese sentido, se estima un modelo de cambios estructurales para analizar qué tan fuerte es la correlación entre estas variables e investigar si es una correlación a largo plazo (Doğan et al., 2012).

Las conclusiones de este artículo nos dan a entender que los cambios en los precios reales del petróleo afectan de manera negativa la tasa de cambio real (Doğan et al., 2012). A su vez, este trabajo nos muestra lo que podemos esperar para las economías exportadoras de petróleo, pues recordando las definiciones de Williamson, un cambio negativo en la tasa de cambio real significa que la competitividad del país mejora con respecto al país de comparación, lo que en consecuencia hace que la relación de  $eP^*$  disminuya, por lo que los bienes extranjeros serían más asequibles para los ciudadanos del país doméstico.

Brahmasrene, Huang & Sissoko hacen una investigación de la relación de la tasa de cambio y de los precios del petróleo, para ello usan el siguiente modelo VAR:

$$y_t = \alpha + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 x_t$$

Donde

$$y_t = [\log(E_t), \log(P_t)]$$

**E** es la tasa de cambio, **P** representa los precios del petróleo, en este caso **x** es una variable dummy que utilizan los autores para capturar el efecto de la crisis del 2008. En este artículo se nos reitera lo que Chen señala, la tasa de cambio está correlacionada con el precio del petróleo a corto plazo, además se nos muestra que hay causalidad de Granger entre las dos series (Brahmasrene et al., 2014), lo que significa que los valores anteriores de una serie ayudan a la predicción de la otra, estos resultados nos dan una buena idea del tipo de relación que hay entre estas variables.

Los artículos presentados anteriormente nos dan una idea del estado del arte, en síntesis, podemos ver que la tasa de cambio nominal y la tasa de cambio real, indiferente de la magnitud, tienen una relación a corto plazo, sin embargo, no tiene una relación a largo

plazo, esto va acorde a la teoría pues la tasa de cambio real debería ser afectada de manera fuerte solo por los cambios en las variables reales. La relación con los precios reales del petróleo es más difícil de caracterizar pues, aunque se hayan hecho estudios no se ha elaborado uno que caracterice la relación entre las variables y los diferentes tipos de economías.

## **Metodología**

El enfoque de este estudio es encontrar si existe una correlación entre los precios del petróleo, la tasa de cambio real y la tasa de cambio nominal. Para analizar esto, se construyen dos modelos panel VAR. El primero, con el precio real del petróleo como variable exógena, se estima mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y el método generalizado de los momentos (MGM). El segundo modelo panel VAR, que incorpora el precio real del petróleo como variable predeterminada, se estima utilizando el método generalizado de los momentos (MGM).

Estos modelos los utilizamos por varias razones. La principal es que en la literatura encontrada y citada en este trabajo no se ha planteado de la misma forma que lo hemos desarrollado aquí. Consideramos que este tipo de modelo nos puede dar información interesante que se ha obviado en los modelos anteriores.

El por qué un modelo de variable exógena y un modelo de variable predeterminada, y no un panel VAR, es porque en la literatura (Amano & Van Norden, 1998b) se nos dice que la relación es exógena por parte de los importadores, mientras que, por el lado de los exportadores, al no incluir países de la OPEP, puede afirmarse que las tasas de cambio no deberían tener un efecto sobre los precios reales del petróleo.

En cuanto a por qué dos especificaciones del modelo, se debe a que la exogeneidad tiene restricciones bastante estrictas. Entre ellas, el hecho de que la variable que determinamos exógena no puede tener correlación con el término de error pasado presente y futuro. La variable predeterminada tiene menos restricciones, además de que esta, como lo indica su nombre, está determinada antes del periodo actual y puede tener efectos en los choques futuros.

Teniendo esto en cuenta, seguimos de manera laxa el tipo de modelo que utilizó Carlos Esteban, Liz Londoño y Salomón Quirós. Con esto en mente, tomamos diez países: cinco exportadores y cinco importadores.

Para determinar si clasificamos un país como exportador o importador, usamos la herramienta *Atlas of economic complexity* y observamos todos los países seleccionados para el estudio. Si su exportación principal, en minerales, es el petróleo crudo, se selecciona como exportador. De lo contrario, decimos que es un importador de este producto.

Así, los países que seleccionamos fueron: Australia, Austria, Chile, Japón, Alemania, Brasil, Canadá, Colombia, México y Noruega. La decisión de esta elección se debe a que estos países tienen una buena cantidad de datos disponibles y exportan e importan buenas cantidades de petróleo.

Usamos un modelo panel VAR con efectos fijos y variable exógena estimado por MGM. Se estimaron tres modelos con la única diferencia siendo la cantidad de rezagos en las variables dependientes.

$$y_{i,t} = A_i + y_{i,t-1} B_1 + x_{i,t} C + E_{i,t}$$

$$y_{i,t} = A_i + y_{i,t-1} B_1 + y_{i,t-2} B_2 + x_{i,t} C + E_{i,t}$$

Donde

$$y_{i,t} = [LITCR_{i,t}, LTCN_{i,t}]$$

$$x_{i,t} = [LROP_{i,t}]$$

$$A_i = \begin{bmatrix} \alpha_i & 0 \\ 0 & \gamma_i \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \beta & 0 \\ 0 & \rho \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} \pi & 0 \\ 0 & \tau \end{bmatrix}$$

Estas ecuaciones representan las diferentes formas reducidas del VAR que se estima (primer rezago, segundo rezago). La diferencia principal entre el modelo de variable exógena y el predeterminado viene en su estimación, la cual no se demuestra porque no tiene relevancia en este trabajo, pero en efecto su forma escrita es igual al de variable exógena pues en esta especificación no hay variable exógena.

En el método de estimación del paquete de R que se usa para este trabajo tenemos una decisión importante y es si usar el método de transformación de first orthogonal difference o first difference, esto se hace para remover efectos individuales en los modelos dinámicos de panel (Hayakawa, 2009; Phillips, 2019).

Se decide usar first orthogonal difference por dos razones, la primera es que en los artículos publicados por Hayakawa y Phillips al estimarse un mismo modelo y aplicar la transformación de first orthogonal difference y first difference los resultados más robustos se encuentran en los modelos con la primera transformación. La otra razón es por el artículo publicado por Phillips en donde nos explica como al tener un periodo T más grande que la cantidad de sujetos es más apropiada aplicar esta transformación (Phillips, 2024).

La siguiente cuestión para explicar dentro de la metodología y de la forma en la que se decidió estimar el modelo es en la cantidad de pasos de la estimación (steps), el paquete de R que usamos proporciona tres opciones, onestep, twostep y mstep.

Decidimos para este trabajo usar solo el primer paso (onestep) por cuestiones prácticas y por la probabilidad de que el modelo esté especificado<sup>2</sup> de manera incorrecta, lo que nos puede producir resultados sesgados que no capturen la realidad de los datos.

Para afirmar esto último nos apoyamos en el trabajo de Wang y Schmidt donde explican de una manera satisfactoria como un modelo con problemas de especificación no reacciona bien a un mayor número de pasos.

Finalmente se hace las funciones GIRF (Generalized impulse response function) y OIRF (Orthogonal impulse response function) para observar cómo reacciona una variable ante un choque exógeno en otra variable. Es necesario para este trabajo aclarar que en estas funciones solo se verá la tasa de cambio real y la nominal, mientras que el precio del petróleo no, esto debido a que al incluir el precio del petróleo en el modelo no consideramos que la tasa de cambio real ni nominal afecten a este y por ende sus movimientos serán completamente ajenos a este trabajo, por el lado matemático se puede explicar de la siguiente manera:

Reescribimos el PVAR-X (1) como un PVMA-X (Sigmund & Ferstl, 2021):

$$y_{i,t} = A_i + \left( \sum_j^{\infty} B^{j-1}[C] \right) [x_{i,t-j}] + \left( \sum_j^{\infty} B^j \right) [E_{i,t-j}]$$

Aclaremos que el uso de la predeterminada es tratado de la misma forma que la variable exógena (Sigmund & Ferstl, 2021), digamos que  $\Sigma_E$  es la matriz de covarianzas de  $E_{i,t}$  donde  $\Sigma_E$  es una matriz definida positiva, por ende, existe una descomposición de Cholesky única tal que  $\Sigma_E = PP^T$

con esto en cuenta se deriva y se usa la descomposición de Cholesky para obtener la OIRF:

$$OIRF(k, r) = \frac{\partial y_{i,t+k}}{\partial (\mu_{i,t})_r} = \Theta_k \mathbf{e}_r$$

Donde  $\mathbf{k}$  es el número de periodos después de un choque al componente  $\mathbf{r}$  de  $\mathbf{E}_{i,t}$   $\mathbf{e}_r$  es un vector de dimensiones  $\mathbf{m}$  por 1 con uno en la columna  $\mathbf{r}$  y cero en el resto,  $\mu_{i,t} = P^{-1}E_{i,t}$  donde  $P$  es la matriz triangular inferior y  $\Theta = B^k P$  (Sigmund & Ferstl, 2021)

Para el GIRF como nos explica Sigmund nos basamos en la metodología propuesta por Pesaran y Shin para hacer el GIRF el cual, en vez de choquear todos los elementos de  $E_{i,t}$  se hace el shock a un solo elemento y se integran los otros choques a partir de la data histórica que se tiene de la distribución de los errores (Pesaran & Shin, 1998; Sigmund & Ferstl, 2021) escribiéndolo de forma matemática obtenemos:

---

<sup>2</sup> Véanse las ecuaciones que se proporcionan en la metodología.

$$GIRF(k, r, \Sigma_E) = \mathbb{E}[y_{i,t+k} | E_{i,t,r} = \delta_r, \Sigma_E] - \mathbb{E}[y_{i,t+k} | \Sigma_E]$$

Si determinamos que  $\delta_r = \sqrt{\Sigma_{E,r,r}}$  obtenemos la GIRF (Sigmund & Ferstl, 2021)

$$GIRF(k, r, \Sigma_E) = B^k \Sigma_E (\sigma_{r,r})^{-1/2}$$

$\sigma_{r,r}$  es la diagonal del elemento  $\mathbf{r}$  de  $\Sigma_E$

## Datos

Los datos que usamos son extraídos de world bank data, estos son la tasa de cambio real (Real effective Exchange rate index 2010 = 100), tasa de cambio nominal en dólares americanos (official Exchange rate LCU per-US\$ period average), PIB nominal en dólares americanos (GDP current US\$), PIB real en dólares americanos (GDP constant 2015 US\$) (*World Bank Open Data | Data*, n.d.). La última variable que usamos fue extraída de FRED y usamos los precios de Crude oil prices WTI en dólares americanos (*Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI) - Cushing, Oklahoma (DCOILWTICO) | FRED | St. Louis Fed*, n.d.). Todos los datos están en frecuencia anual, desde 1986 hasta 2023.

Los datos que nombramos cada uno recibió un cambio de una forma u otra, la primera transformación fue a ambas tasas de cambio a las cuales le aplicamos el logaritmo natural para suavizar las series, esto es aceptable pues el objetivo de este trabajo es observar si hay relación con el precio del petróleo. Continuamos con el precio del petróleo, primero dividimos el PIB nominal por el real y conseguimos el deflactor de la economía deseada, luego usamos el deflactor para dividir el precio del WTI para obtener el precio real del petróleo.

A continuación, presentamos la tabla de estadísticas descriptivas donde LITCR es el logaritmo del índice de la tasa de cambio real, LTCN es el logaritmo de la tasa de cambio nominal y LROP es el logaritmo de los precios reales del petróleo.

Para los datos conjuntos tenemos la siguiente estadística descriptiva:

	LITCR	LTCN	LROP
<b>Min</b>	3.985	-18.947	2.532
<b>Primer cuartil</b>	4.422	0.258	3.570
<b>Mediana</b>	4.4556	1.770	3.903
<b>Media</b>	4.519	2.187	3.865
<b>Tercer cuartil</b>	4.625	4.713	4.201
<b>Max</b>	4.908	8.372	4.672
<b>Desviación estándar</b>	0.1561984	3.405587	0.4348443
<b>Varianza</b>	0.02439794	11.59802	0.1890896

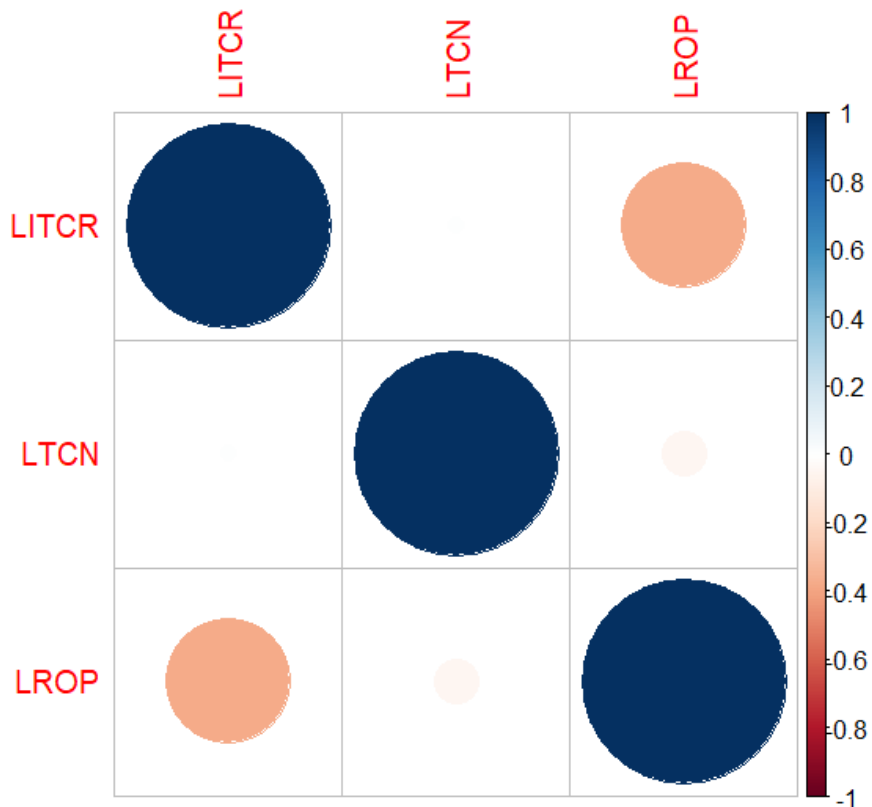
Para los exportadores:

	LITCR	LTCN	LROP
--	-------	------	------

<b>Min</b>	3.985	-18.9467	2.939
<b>Primer cuartil</b>	4.382	0.3515	3.656
<b>Mediana</b>	4.505	1.8435	3.980
<b>Media</b>	4.473	1.9629	3.922
<b>Tercer cuartil</b>	4.596	2.5996	4.213
<b>Max</b>	4.813	8.3724	4.579
<b>Desviación estándar</b>	0.1598324	4.02944	0.3573647
<b>Varianza</b>	0.02554638	16.23639	0.1277095

Finalmente, para los importadores tenemos las siguientes estadísticas:

	<b>LITCR</b>	<b>LTCN</b>	<b>LROP</b>
<b>Min</b>	4.062	-0.38578	2.532
<b>Primer cuartil</b>	4.501	0.05596	3.467
<b>Mediana</b>	4.601	0.56415	3.884
<b>Media</b>	4.566	2.41037	3.809
<b>Tercer cuartil</b>	4.650	4.83893	4.201
<b>Max</b>	4.908	6.77229	4.672
<b>Desviación estándar</b>	0.1379785	2.630664	0.4950253
<b>Varianza</b>	0.01903806	6.920394	0.24505



En la gráfica anterior podemos ver la correlación de las variables de este trabajo en donde no hay mucha correlación aparente excepto entre el logaritmo de la tasa de cambio real y el logaritmo del precio real del petróleo.

## Resultados

Presentamos los resultados de las regresiones en conjunto, importadores y exportadores, se dará una pequeña explicación de lo que nos cuentan las regresiones y las pruebas estadísticas

### Conjunto

Los resultados del conjunto de países son los siguientes, para la estimación inicial en donde usamos un modelo de fixed effects estimado por mínimos cuadrados ordinarios, los resultados son:

$$\begin{bmatrix} LITCR_{i,t} \\ LTCN_{i,t} \end{bmatrix} = LITCR_{i,t-1} \begin{bmatrix} 0.8369 \\ 0.1504 \end{bmatrix} + LTCN_{i,t-1} \begin{bmatrix} -0.0047 \\ 0.8709 \end{bmatrix} + LROP_{i,t} \begin{bmatrix} -0.0236 \\ -0.0396 \end{bmatrix} + E_{i,t}$$

Para la ecuación de la tasa de cambio real tenemos que los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0303, 0.0019 y 0.0092 respectivamente, todos los resultados son significativos al menos al 5%, lo que nos da a entender este modelo es que la tasa de cambio real es afectada por su rezago de manera que un aumento del 1% de su rezago nos da un aumento del valor actual de la tasa de cambio real del 0.8369%, el rezago de la tasa de cambio nominal afecta de forma que un aumento del 1% sobre la tasa de cambio nominal nos da una disminución del 0.0047% sobre la tasa de cambio real y el precio real del petróleo ante un aumento del 1% nos da una disminución del 0.0236% de la tasa de cambio real.

Para la tasa de cambio nominal tenemos que los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.1308, 0.0081 y 0.0398 donde el único resultado significativo al menos al nivel del 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal por lo tanto nos interesa más que nada como se relaciona consigo misma esta variable pues los otros resultados no muestran evidencia fuerte de relevancia en este caso, un cambio del 1% en el rezago de la tasa de cambio nominal nos genera un aumento en la tasa de cambio nominal del periodo siguiente de 0.8709%.

Estos resultados iniciales nos dan una idea de lo que podemos esperar en el resto de las regresiones.

A diferencia del primer modelo, el modelo estimado por método generalizado de los momentos con el petróleo como variable predeterminada nos muestra estos resultados (primero mostraremos los resultados de la tasa de cambio real junto con sus dos rezagos y sus errores, luego el de la tasa de cambio nominal y explicaremos brevemente cada resultado para finalmente dar un análisis conjunto al final)

$$LITCR_{i,t} = \alpha_i + 0.8394 LITCR_{i,t-1} - 0.0049 LTCN_{i,t-1} - 0.0238 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Tenemos que las variables significativas al 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal y el rezago de la tasa de cambio real, el precio real del petróleo pierde su significancia, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0329, 0.0004 y 0.0155 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

La interpretación de este modelo viene siendo que ante un aumento del 1% del rezago de la tasa de cambio real podemos esperar en promedio un aumento de la tasa de cambio real en un 0.8394%, ante un aumento del 1% de la tasa de cambio nominal podemos esperar que la tasa de cambio real disminuya en un 0.0049% y ante un aumento del 1% del precio real del petróleo podemos esperar una disminución de la tasa de cambio real del 0.0238%. Para el componente  $\alpha_i$  que representa el intercepto de cada país (el efecto fijo) podemos ver que

País	$\alpha$
Australia	0.8158
Austria	0.8389
Chile	0.7874
Japón	0.8085
Alemania	0.8550
Brasil	0.8320
Canadá	0.8324
Colombia	0.8258
México	0.8446
Noruega	0.8239

La interpretación de los efectos fijos se da resolviendo  $(e^{\alpha_i} - 1) * 100$ , su interpretación es que el país es  $(e^{\alpha_i} - 1) * 100\%$  más grande que la variable del sistema que es un intercepto representando el nivel base de la variable dependiente.

$$LITCR_{i,t} = \alpha_i + 1.0607 LITCR_{i,t-1} - 0.2788 LITCR_{i,t-2} + 0.0128 LTCN_{i,t-1} - 0.0160 LTCN_{i,t-2} - 0.0224 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Las variables significativas por lo menos al nivel del 5% son el primer rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio real y el segundo rezago de la tasa de cambio nominal, con los siguientes errores estándar de los coeficientes, 0.0633, 0.0068, 0.0313, 0.0064, 0.0155 para el rezago de la tasa de cambio real, rezago de la tasa de cambio nominal, segundo rezago de la tasa de cambio real, segundo rezago de la tasa de cambio nominal y precio real del petróleo.

Los resultados se leen como ante un aumento del 1% del primer rezago de la tasa de cambio real la tasa de cambio real presente verá un aumento del 1.0607%, ante un aumento del 1% en el segundo rezago de la tasa de cambio real la tasa de cambio real verá una disminución del 0.2788%, ante un aumento del 1% en el primer rezago de la tasa de cambio nominal la tasa de cambio real verá un aumento del 0.0128%, ante un aumento del 1% del segundo rezago de la tasa de cambio nominal la tasa de cambio real verá una disminución

del 0.0160% y ante un aumento del 1% del precio real del petróleo la tasa de cambio real ve una disminución del 0.0224%

<b>País</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Australia	1.0642
Austria	1.0990
Chile	1.0299
Japón	1.0607
Alemania	1.1043
Brasil	1.0729
Canadá	1.0942
Colombia	1.0780
México	1.0990
Noruega	1.0766

Para la tasa de cambio nominal podemos ver que

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i + 0.1336 LITCR_{i,t-1} + 0.8692 LTCN_{i,t-1} - 0.0346 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

Las variables significativas por lo menos al 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes son 0.1625, 0.0017, 0.0229 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio del petróleo real respectivamente.

<b>País</b>	<b><math>\gamma</math></b>
Australia	-0.4140
Austria	-0.4635
Chile	-0.1446
Japón	-0.4361
Alemania	0.3758
Brasil	0.5854
Canadá	-0.5035
Colombia	0.1257
México	-0.1074
Noruega	-0.2066

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i - 0.0756 LITCR_{i,t-1} + 0.2269 LITCR_{i,t-2} + 1.2113 LTCN_{i,t-1} - 0.3285 LTCN_{i,t-2} - 0.0014 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al 5% son el primer rezago de la tasa de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real y el segundo rezago de la tasa de cambio nominal, con el error estándar de los coeficientes siendo 0.0784, 0.1565, 0.0786, 0.1407, 0.0254 para el primer rezago de la tasa de cambio real, el primer rezago de la tasa

de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

<b>País</b>	<b><math>\gamma</math></b>
Australia	-0.6292
Austria	-0.6595
Chile	-0.4765
Japón	-0.6451
Alemania	0.0658
Brasil	0.2486
Canadá	-0.7018
Colombia	-0.1354
México	-0.3908
Noruega	-0.4433

Realizando las pruebas de los criterios de información obtenemos los siguientes resultados para estos modelos

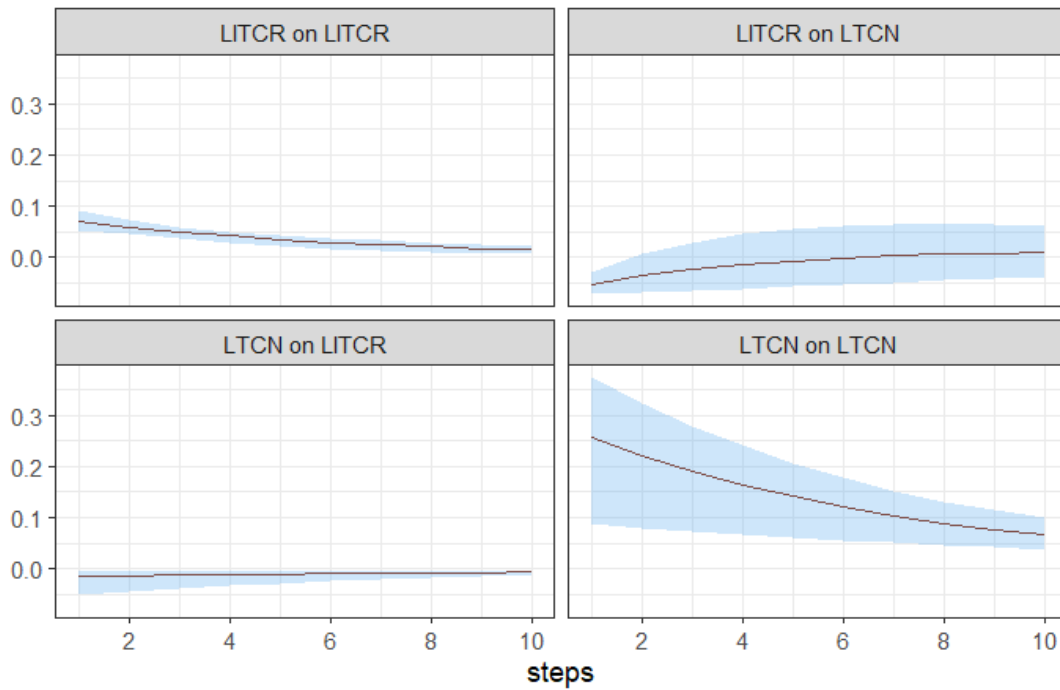
<b>Modelo</b>	<b>BIC</b>	<b>AIC</b>	<b>HQIC</b>
Conjunto un rezago	-5255.081	-1769.246	-3314.282
Conjunto dos rezagos	-5178.377	-1756.39	-3275.265

Los criterios de información nos dicen que el modelo que mejor se ajusta a los datos es el modelo con un rezago.

Para las funciones GIRF y OIRF tenemos las siguientes graficas para el modelo con un solo rezago.

## Generalized impulse response function

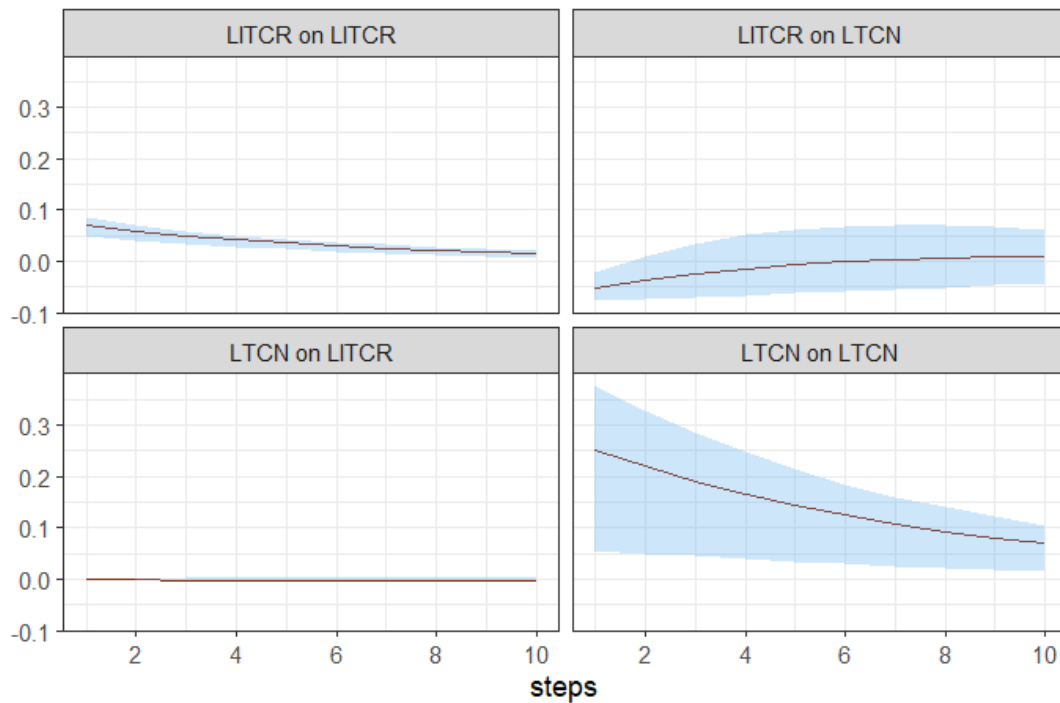
GIRF and 95% confidence bands



GIRF modelo con un rezago

## Orthogonalized impulse response function

OIRF and 95% confidence bands



Acá podemos ver de manera más clara los efectos que tiene la tasa de cambio real sobre la nominal y viceversa sobre un periodo de 10 años. Podemos ver que todos los movimientos de la tasa de cambio real son mínimos y se recuperan de manera rápida mientras que los movimientos de la tasa de cambio nominal son relativamente fuertes y en algunos casos se puede decir que la afectan a largo plazo.

### Importadores

Tal como lo hicimos con el conjunto de los datos primero estimamos un modelo panel VAR con variable exógena por medio de mínimos cuadrados ordinarios, los resultados del modelo son:

$$\begin{bmatrix} LITCR_{i,t} \\ LTCN_{i,t} \end{bmatrix} = LITCR_{i,t-1} \begin{bmatrix} 0.8784 \\ 0.0419 \end{bmatrix} + LTCN_{i,t-1} \begin{bmatrix} 0.0419 \\ 0.9085 \end{bmatrix} + LROP_{i,t} \begin{bmatrix} -0.0323 \\ 0.0006 \end{bmatrix} + E_{i,t}$$

Para la ecuación de la tasa de cambio real tenemos que las variables significativas al menos al nivel del 5% son el rezago de la tasa de cambio real y el precio real del petróleo, los errores estándar de los coeficientes de esta primera ecuación son 0.0389, 0.0071, 0.0102 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

Para la ecuación de la tasa de cambio nominal tenemos que las variables significativas al menos al nivel del 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes de esta ecuación son 0.1554, 0.0284, 0.0408 para el rezago de la tasa de cambio real, rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

Continuamos presentando los modelos estimados por el método generalizado de los momentos con variable exógena, primero mostraremos las ecuaciones de la tasa de cambio real.

$$LITCR_{i,t} = \alpha_i + 0.8885 LITCR_{i,t-1} - 0.0043 LTCN_{i,t-1} - 0.0319 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% para esta ecuación es el rezago de la tasa de cambio real, los errores estándar de los coeficientes de esta ecuación son 0.0299, 0.0074, 0.0228 para el rezago la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\alpha$
Australia	0.6306
Austria	0.6420
Chile	0.6589
Japón	0.6350
Alemania	0.6272

$$LITCR_{i,t} = 1.1553 LITCR_{i,t-1} - 0.3163 LITCR_{i,t-2} + 0.0108 LTCN_{i,t-1} - 0.0165 LTCN_{i,t-2} - 0.0313 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% para esta ecuación son la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio real y el segundo rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0515, 0.0102, 0.0264, 0.0063 y 0.0213 para el primer rezago de la tasa de cambio real, el primer rezago de la tasa de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\alpha$
Australia	0.8472
Austria	0.8702
Chile	0.8942
Japón	0.8630
Alemania	0.8609

Para las ecuaciones de la tasa de cambio nominal de los modelos tenemos

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i + 0.0294 LITCR_{i,t-1} + 0.9059 LTCN_{i,t-1} - 0.0001 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel de 5% para esta ecuación es el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes son 0.0382, 0.0065, 0.0168 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\gamma$
Australia	-0.1022
Austria	-0.1398
Chile	0.4886
Japón	-0.1519
Alemania	0.3063

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i - 0.3817 LITCR_{i,t-1} + 0.4674 LITCR_{i,t-2} + 0.8443 LTCN_{i,t-1} + 0.0643 LTCN_{i,t-2} - 0.0028 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% para esta ecuación son todas las variables en la ecuación excepto el precio real del petróleo, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0527, 0.0130, 0.0316, 0.0119, 0.0145 para el primer rezago de la tasa de cambio real, el primer rezago de la tasa de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\gamma$
Australia	-0.3390
Austria	-0.3990
Chile	0.2259
Japón	-0.4037
Alemania	0.0413

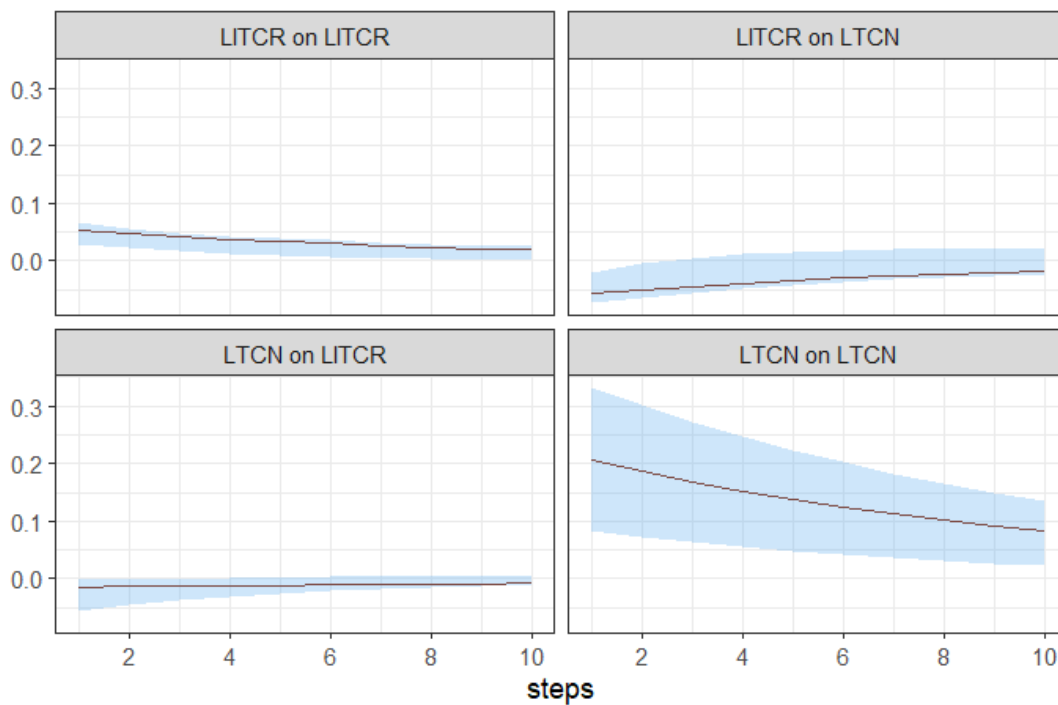
Los criterios de información de los modelos son

Modelo	BIC	AIC	HQIC
Importadores un rezago	-2853.279	-1093.959	-1898.054
Importadores dos rezagos	-2806.939	-1082.131	-1871.244

Los criterios de información nos indican que el mejor modelo es el de un solo rezago, a partir de esto calculamos y mostramos las gráficas GIRF y OIRF

### Generalized impulse response function

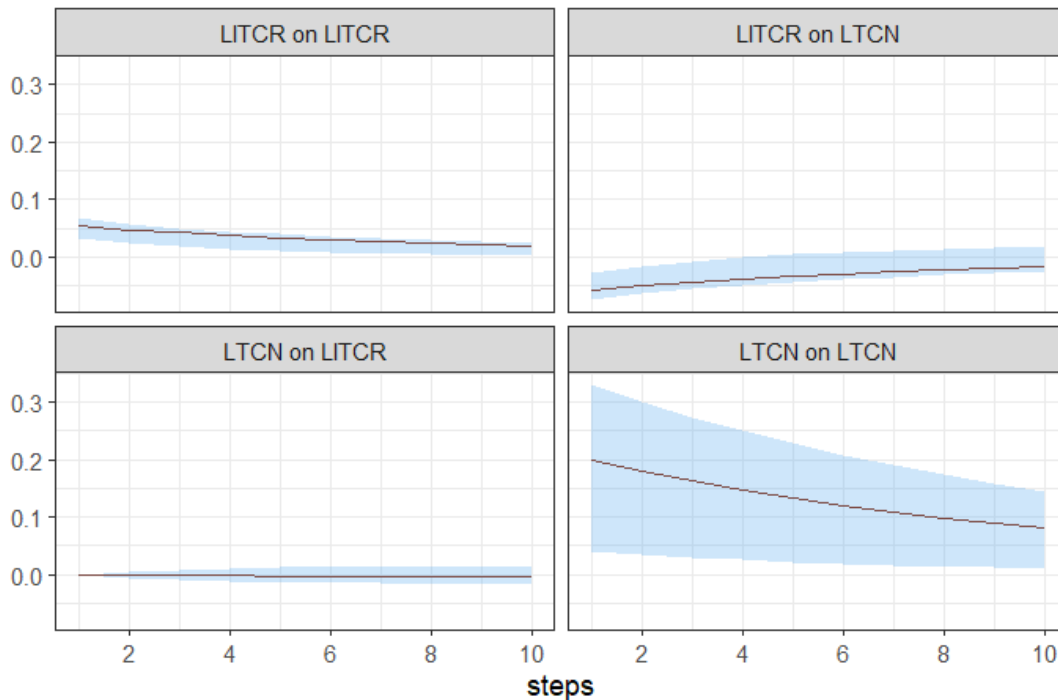
GIRF and 95% confidence bands



GIRF modelo con un rezago

## Orthogonalized impulse response function

OIRF and 95% confidence bands



OIRF modelo con un rezago

En el conjunto de los importadores de petróleo podemos ver un patrón parecido al que vimos en el conjunto, por lo general la tasa de cambio nominal no tiene un efecto importante sobre la tasa de cambio real, mientras que la tasa de cambio real parece que tiene un efecto retardado y persistente, pero sin ser drástico.

## Exportadores

Finalmente presentamos los resultados de los exportadores, como lo hicimos en los conjuntos de datos anteriores primero mostramos un panel VAR con el petróleo como variable exógena calculado por mínimos cuadrados ordinarios

$$\begin{bmatrix} LITCR_{i,t} \\ LTCN_{i,t} \end{bmatrix} = LITCR_{i,t-1} \begin{bmatrix} 0.8157 \\ 0.2233 \end{bmatrix} + LTCN_{i,t-1} \begin{bmatrix} -0.0052 \\ 0.8703 \end{bmatrix} + LROP_{i,t} \begin{bmatrix} -0.0032 \\ -0.0778 \end{bmatrix} + E_{i,t}$$

Para la ecuación de la tasa de cambio real tenemos que las variables significativas al menos al nivel del 5% es el rezago de la tasa de cambio real y el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0450, 0.0023, 0.0178 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

Mientras que para la ecuación de la tasa de cambio nominal tenemos que la variable significativa al menos al nivel del 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores

estándar de los coeficientes estimados son 0.2003, 0.0103, 0.0794 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

Esta es una de las regresiones más curiosas que tenemos pues a diferencia de las anteriores el precio del petróleo no tiene significancia en ninguna de las dos variables que estudiamos en la regresión inicial.

Continuamos con los modelos estimados por el método generalizado de los momentos, como lo hemos hecho anteriormente se calculó dos modelos, primero mostramos las dos ecuaciones de la tasa de cambio real y luego las dos ecuaciones de la tasa de cambio nominal.

$$LITCR_{i,t} = \alpha_i + 0.8127 LITCR_{i,t-1} - 0.0050 LTCN_{i,t-1} - 0.0046 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% son el rezago de la tasa de cambio real y el rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0337, 0.0003, 0.0110 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\alpha$
Brasil	0.8270
Canadá	0.8540
Colombia	0.8743
México	0.8907
Noruega	0.8703

$$LITCR_{i,t} = \alpha_i + 1.032 LITCR_{i,t-1} - 0.2654 LITCR_{i,t-2} + 0.0195 LTCN_{i,t-1} - 0.0225 LTCN_{i,t-2} - 0.0011 LROP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% son el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasas de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real y el segundo rezago de la tasa de cambio nominal, los errores estándar de los coeficientes estimados son 0.0666, 0.0078, 0.0342, 0.0073, 0.0076 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo respectivamente.

País	$\alpha$
Brasil	1.0906
Canadá	1.1310
Colombia	1.1367
México	1.1699
Noruega	1.1477

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i + 0.1851 LITCR_{i,t-1} + 0.8705 LTCN_{i,t-1} - 0.0702 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

La variable significativa al menos al nivel del 5% es el rezago de la tasa de cambio nominal algo a recalcar en este caso en específico es que tomando el nivel del 10% el precio real del petróleo muestra significancia estadística, los errores estándar de los coeficientes estimados es 0.2154, 0.0016, 0.0434 para el rezago de la tasa de cambio real, el rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo.

País	$\gamma$
Brasil	-0.2256
Canadá	-0.5302
Colombia	0.4901
México	-0.2047
Noruega	-0.3043

$$LTCN_{i,t} = \gamma_i - 0.0375 LITCR_{i,t-1} + 0.1847 LITCR_{i,t-2} + 1.3811 LTCN_{i,t-1} - 0.4789 LTCN_{i,t-2} + 0.0237 LROP_{i,t} + \omega_{i,t}$$

Las variables significativas al menos al nivel del 5% son el primer rezago de la tasa de cambio nominal y el segundo rezago de la tasa de cambio nominal, aunque el segundo rezago de la tasa de cambio real también puede ser significativa al nivel del 10% pues su p-valor es de 0.05996. Los errores estándar de los coeficientes estimados son de 0.0993, 0.0174, 0.0982, 0.0177, 0.0200 para el primer rezago de la tasa de cambio real, el primer rezago de la tasa de cambio nominal, el segundo rezago de la tasa de cambio real, el segundo rezago de la tasa de cambio nominal y el precio real del petróleo.

País	$\gamma$
Brasil	-0.6162
Canadá	-0.7274
Colombia	0.01191
México	-0.5273
Noruega	-0.5611

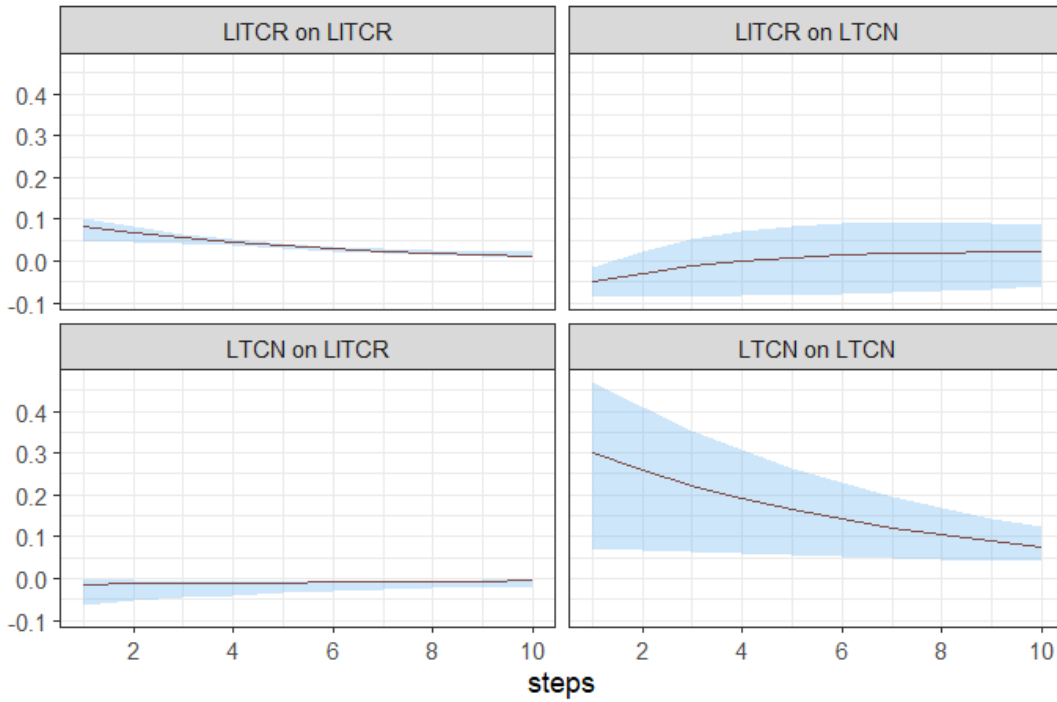
Los criterios de información de los modelos son

Modelo	BIC	AIC	HQIC
Exportadores un rezago	-4641.242	-1777.16	-3086.185
Exportadores dos rezagos	-4572.945	-1765.78	-3050.079

Los criterios de información nos muestran que el mejor modelo es el de un solo rezago, a partir de estos resultados presentamos la GIRF y OIRF

## Generalized impulse response function

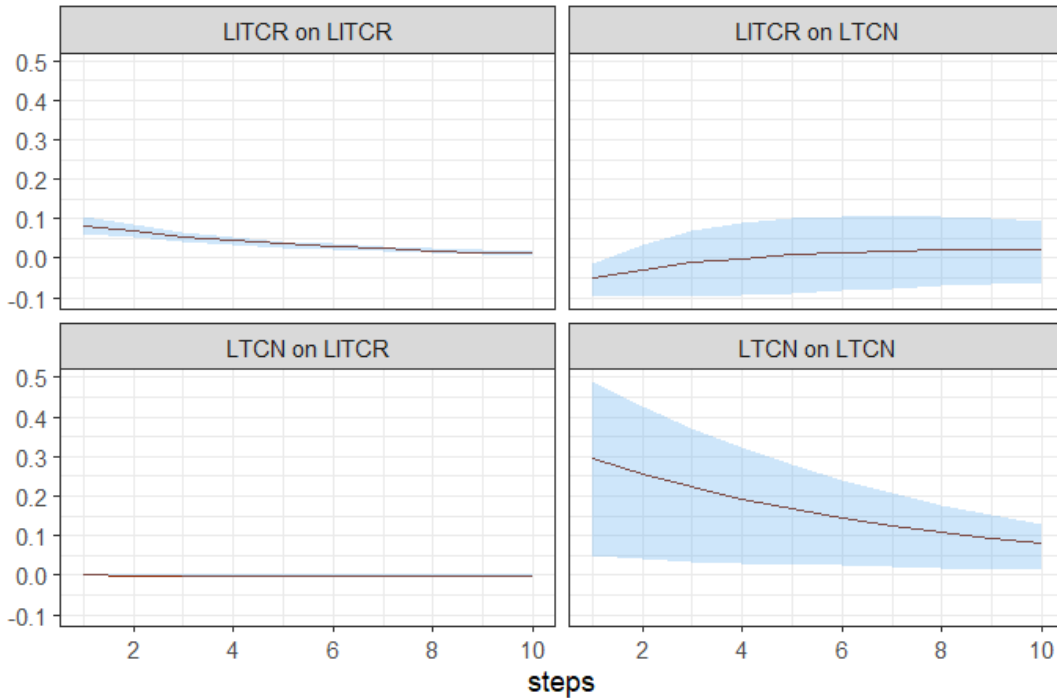
GIRF and 95% confidence bands



GIRF modelo con un rezago

## Orthogonalized impulse response function

OIRF and 95% confidence bands



Para el caso de los exportadores podemos ver que los cambios sobre la tasa de cambio real son bastante suaves comparados con la tasa de cambio nominal en donde un choque de sí misma puede tener una reacción de 0.5 desviaciones estándar sobre su valor mientras que la tasa de cambio real su valor más alto en un intervalo de confianza del 95% es de 0.1 desviaciones estándar.

Además de esa curiosidad podemos ver que es bastante parecido a los resultados anteriores donde la tasa de cambio real tiene un efecto retardado pero persistente sobre la tasa de cambio nominal y la tasa de cambio real vuelve relativamente rápido a su valor inicial.

### **Conclusiones**

Como se puede ver en la sección de resultados, el precio real del petróleo es significativo en las regresiones estimadas por mínimos cuadrados ordinarios solo en la tasa de cambio real, y en la ecuación de la tasa de cambio nominal de los exportadores estimada por MGM de un rezago si se toma al 10%. Estos resultados nos dan a entender que el precio real del petróleo sí tiene una relación con la tasa de cambio real como una variable exógena.

Es necesario aclarar qué, en conjunto, no hay riesgo de que haya enfermedad holandesa pues el efecto del precio real del petróleo no es lo suficientemente grande como para afectar a las economías en general<sup>3</sup>.

Las razones por las que en MCO sí se encuentra esta correlación y no en el MGM es la sobreidentificación del modelo, ya que cuando un modelo calculado por MGM tiene una cantidad de condiciones de momento<sup>4</sup> mucho más grande que la cantidad de parámetros, el modelo termina con problemas de ineficiencia en los coeficientes estimados<sup>5</sup>.

Hay formas de explicar por qué el precio del petróleo no tiene coeficientes tan altos como las otras variables estudiadas. Una de estas es la globalización, teniendo en cuenta que no todos los países dependen completamente del precio del petróleo para establecer los términos de cambio entre ellos. Un ejemplo de esto es Noruega que, aunque el petróleo crudo representa un 21.94% de sus exportaciones brutas (*The Atlas of Economic Complexity*, n.d.-b), el otro 78.06% no está siendo capturado y termina recayendo en el

---

<sup>3</sup> Cabe recalcar que esto puede variar dependiendo del papel que tenga el petróleo en una economía pues las reservas de este y que tan diversificada sea la economía varía país a país.

<sup>4</sup> En promedio el número de instrumentos utilizados en las regresiones fueron de 554.

<sup>5</sup> La cantidad mínima de instrumentos con las que se puede calcular el modelo es de 72, que es el doble de las observaciones por cada país, cuyos resultados nos muestran algo parecido al modelo estimado por MCO. Estos modelos no fueron incluidos en la sección de resultados debido a que los criterios de información comparativamente con los modelos presentados fueron demasiado bajos.

término de error, sin mencionar factores externos como la confianza del inversor en el gobierno y, por ende, en la estabilidad de la moneda.

Finalmente, a pesar de que el precio del petróleo real sí tenga algún efecto sobre la tasa de cambio real, según los modelos estimados y los datos, no es un efecto pesado sobre las economías en general.

Algunos cambios que se le podrían incluir a este trabajo para que arroje resultados más contundentes es una elección más grande de países, comprobar si con otras transformaciones de las variables presentes en este se generan resultados distintos y, por último, diferentes especificaciones del modelo que incluyan factores de peso a las distintas economías de acuerdo con qué tan importante es el petróleo para cada una de ellas, pues este estudio, en teoría, solo mira el efecto promedio de todas las economías.

## Referencias

- Amano, R. A., & Van Norden, S. (1998a). Exchange Rates and Oil Prices. *Review of International Economics*, 6(4), 683–694. <https://doi.org/10.1111/1467-9396.00136>
- Amano, R. A., & Van Norden, S. (1998b). Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate. *Journal of International Money and Finance*, 17(2), 299–316. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(98\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(98)00004-7)
- Brahmasrene, T., Huang, J. C., & Sissoko, Y. (2014). Crude oil prices and exchange rates: Causality, variance decomposition and impulse response. *Energy Economics*, 44, 407–412. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2014.05.011>
- Branson, W. H., School, W. W., & Branson, W. H. (1981). *Macroeconomic Determinants of Real Exchange Rates*. <https://doi.org/10.3386/W0801>
- Chen, S. S., & Chen, H. C. (2007). Oil prices and real exchange rates. *Energy Economics*, 29(3), 390–404. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2006.08.003>
- Clarida, R., & Gali, J. (1994). Sources of real exchange-rate fluctuations: How important are nominal shocks? *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 41(C), 1–56. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(94\)00012-3](https://doi.org/10.1016/0167-2231(94)00012-3)
- Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI) - Cushing, Oklahoma (DCOILWTICO) | FRED | St. Louis Fed.* (n.d.). Retrieved April 3, 2025, from <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO>
- Doğan, S., Ustaoglu, M., & Demez, S. (2012). Relationship between Real Oil Price and Real Exchange Rate: The Case of Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 1293–1300. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.09.1112>
- Edwards, S. (1988). Real and monetary determinants of real exchange rate behavior: Theory and evidence from developing countries. *Journal of Development Economics*, 29(3), 311–341. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(88\)90048-X](https://doi.org/10.1016/0304-3878(88)90048-X)

- Hayakawa, K. (2009). First Difference or Forward Orthogonal Deviation- Which Transformation Should be Used in Dynamic Panel Data Models?: A Simulation Study. *Economics Bulletin*, 29(3), 2008–2017. <https://ideas.repec.org/a/ebl/ecbull/eb-09-00361.html>
- lasco-Pereira, H. C., & Missio, F. J. (2023). The real exchange rate matters, but why? A new developmentalist assessment. *Brazilian Journal of Political Economy*, 43(4), 789–812. <https://doi.org/10.1590/0101-31572023-3482>
- Mark, N. C. (1990). Real and nominal exchange rates in the long run: An empirical investigation. *Journal of International Economics*, 28(1–2), 115–136. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(90\)90052-N](https://doi.org/10.1016/0022-1996(90)90052-N)
- Obstfeld, M., Cooper, R. N., & Krugman, P. R. (1985). *Linked references are available on JSTOR for this article : Floating Exchange Rates : Experience and Prospects*. 1985(2), 369–464.
- Pesaran, H. H., & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics Letters*, 58(1), 17–29. [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(97\)00214-0](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(97)00214-0)
- Phillips, R. F. (2019). *A Comparison of First-Difference and Forward Orthogonal Deviations GMM*. <https://arxiv.org/abs/1907.12880v1>
- Phillips, R. F. (2024). *Forward Orthogonal Deviations GMM and the Absence of Large Sample Bias*.
- Posada, C., Londoño, L., & Quirós, S. (2023). *Coyuntura y perspectivas de la economía colombiana, Cap. 6*. 94–109.
- Sigmund, M., & Ferstl, R. (2021). Panel vector autoregression in R with the package panelvar. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 80, 693–720. <https://doi.org/10.1016/J.QREF.2019.01.001>
- The Atlas of Economic Complexity*. (n.d.-a). Retrieved April 3, 2025, from <https://atlas.hks.harvard.edu/countries/276>
- The Atlas of Economic Complexity*. (n.d.-b). Retrieved April 29, 2021, from <https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=90&product=undefined&year=2007&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=undefined>
- Wang, H. J., & Schmidt, P. (2002). One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18(2), 129–144. <https://doi.org/10.1023/A:1016565719882>
- Williamson, S. D. (2018). *Macroeconomics*.
- World Bank Open Data | Data*. (n.d.). Retrieved April 3, 2025, from <https://data.worldbank.org/>