

Un modelo RBC con choques de *commodities* y redes de producción

Una aplicación a la economía peruana

Joseph Amaya Alexander Gómez

Asesor: Gonzalo Llosa

20 de noviembre de 2025

Contenido

1 Hechos Estilizados

2 Estrategia Empírica

3 Modelo

4 Conclusiones

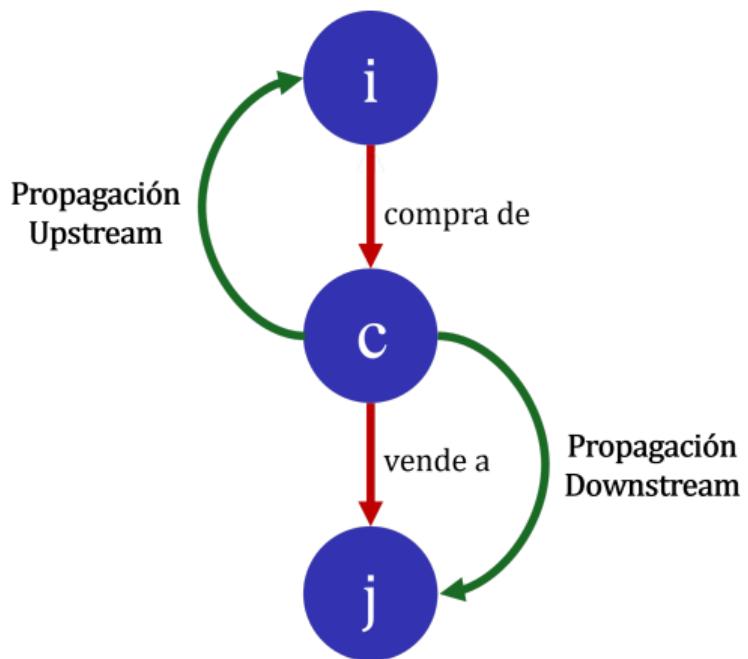
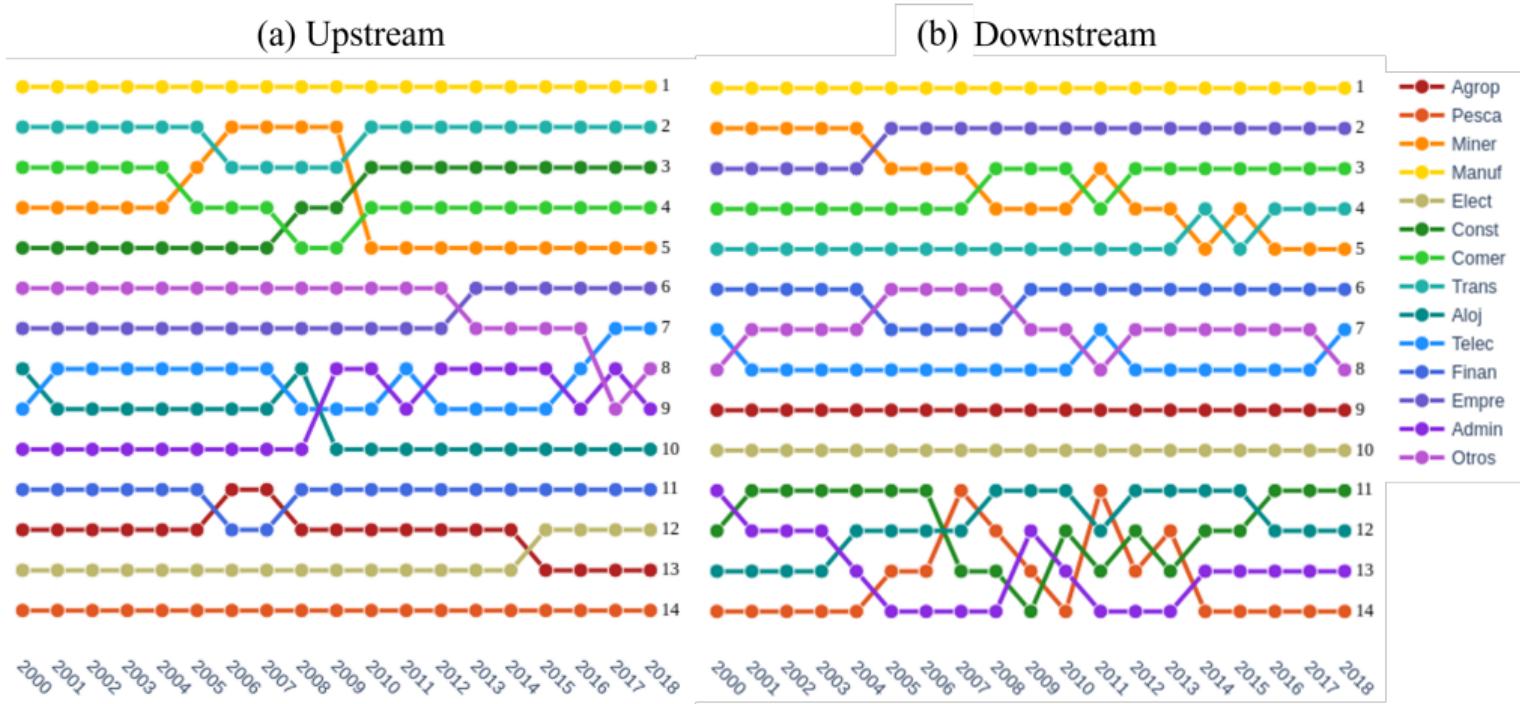
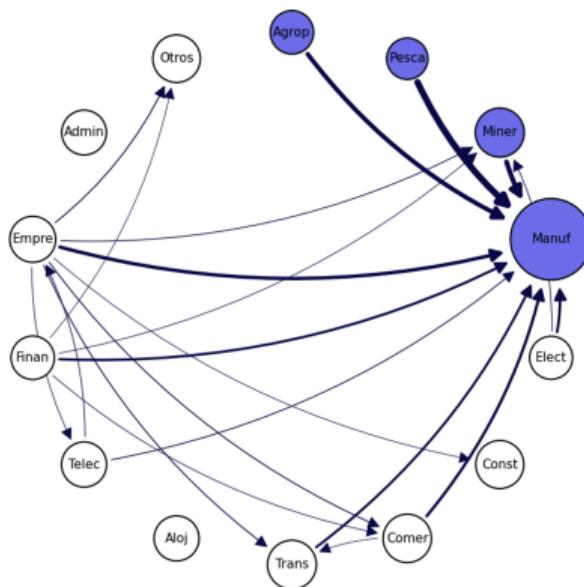
Figura 1: Propagación *upstream & downstream*

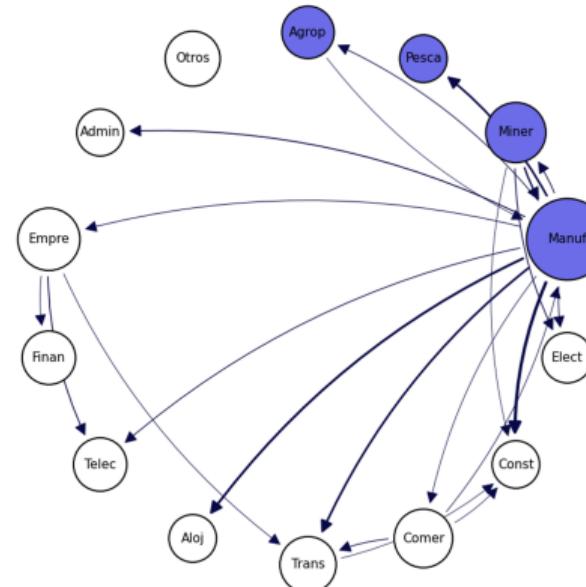
Figura 2: Ranking de centralidad *upstream & downstream* por sector

Vínculos *upstream & downstream* entre sectores

(a) Upstream



(b) Downstream



Estrategia Empírica

$$\Delta \log Z_{it} = \alpha + \phi^{Up} \Delta P_{it}^{Up} + \phi^{Down} \Delta P_{it}^{Down} + \gamma' X_{it-1} + \eta_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

- $\Delta \log Z_{it} = \{\Delta \log Y_{it}, \Delta \log P_{it}\}$: PBI real o deflactor del sector i .
- η_i, δ_t : Efectos fijos por sector y año
- $P_{it}^{Up}, P_{it}^{Down}$: Medidas de spillover *upstream* y *downstream*

$$P_{it}^{Up} = \sum_{q=1}^Q (\tilde{\psi}_{qi} \cdot \hat{\mu}_{qt}) \quad P_{it}^{Down} = \sum_{q=1}^Q (\psi_{qi} \cdot \hat{\mu}_{qt})$$

- $\hat{\mu}_{qt}$: Choques del índice precios de exportación de los q sectores de *commodities*, obtenidos de:

$$\Delta \log p_{qt}^* = \rho \Delta \log p_{qt-1}^* + \mu_{qt}$$

Resultados

Tabla 1: Efecto de los *spillover upstream & downstream*

	$\Delta \log Q_{it}$	$\Delta \log P_{it}$
ΔP_{it}^{Up}	0.0748** (0.0288)	-0.0438 (0.0980)
ΔP_{it-1}^{Up}	0.146** (0.0573)	-0.0160 (0.0197)
ΔP_{it}^{Down}	-0.320 (0.666)	0.0610 (0.137)
ΔP_{it-1}^{Down}	1.004 (0.917)	-0.641** (0.0769)
Constante	0.0255** (0.01000)	0.0507*** (0.00710)
Observaciones	1050	1050

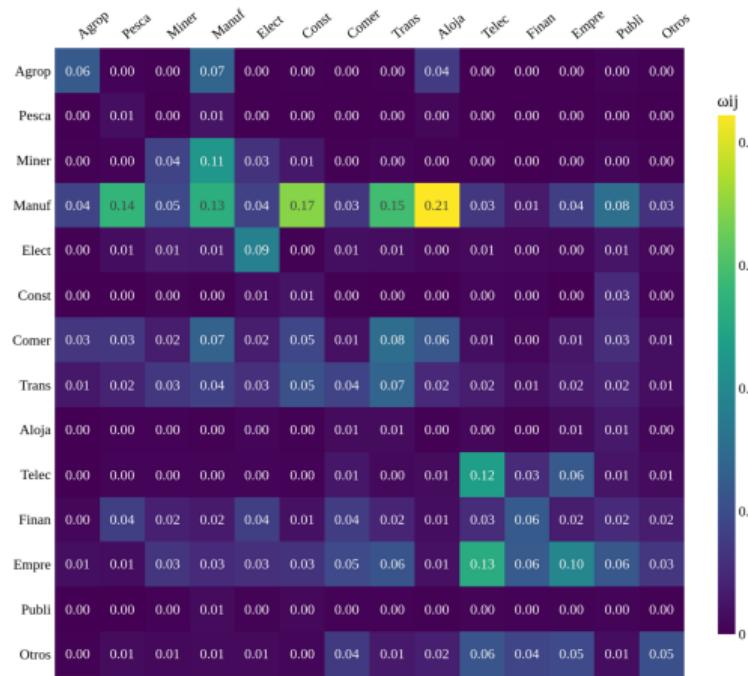
Errores estándar clusterizados entre paréntesis.
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Parámetros Agregados

Tabla 2: Calibración de parámetros agregados

Parámetro	Valor	Nombre	Nota
β	0.995	Factor de descuento	Replica tasa de interés de 0,5 %.
σ	2.000	Inversa de la ESI	Supuesto.
ξ	1.000	Desutilidad del trabajo	Supuesto por simplificación.
δ	0.025	Depreciación del capital	Estándar.
ψ	0.050	Prima por riesgo	Replica TB_{ss}/PBI_{ss} de 1,6 %.
$\lambda, \tau_i^D, \tau_i^M, \theta_i$	1.000	ES del consumo	<i>Benchmark.</i>
$\epsilon_i, \vartheta_i^D, \vartheta_i^M, \iota$	1.000	ES del producto	<i>Benchmark.</i>
$\rho_{A_i}, \sigma_{A_i}^\varepsilon$	Varios	Choques de TFP sectorial	Céspedes (2014)
$\rho_Q, \rho_D, \sigma_Q, \sigma_D$	Varios	Choques externos	Calibración propia.
χ	1.000	ES de las exportaciones	<i>Benchmark.</i>
φ_Q	0.150	Sensibilidad a demanda externa	Silva et al. (2024).

Matriz insumo-producto



Correlación entre producto sectorial: Datos vs. Modelo

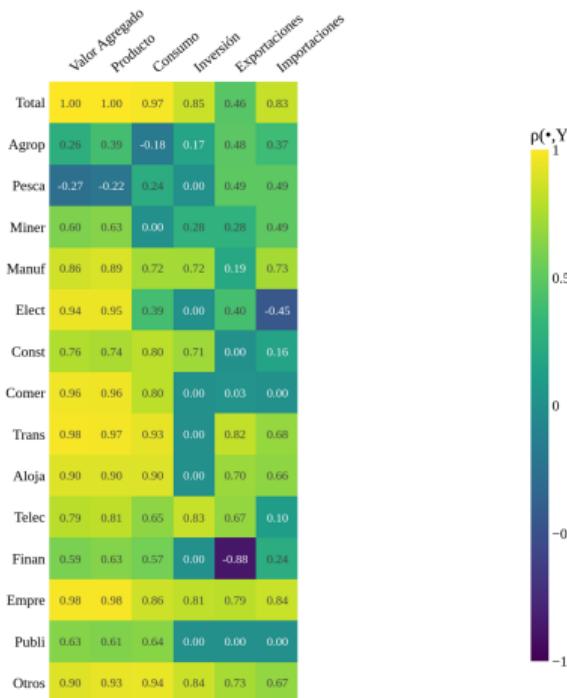
	Total	Agrop	Pesca	Miner	Manuf	Elect	Const	Comer	Trans	Aloja	Telec	Finan	Empre	Publi	Otros
Total	1.00	0.26	-0.27	0.60	0.06	0.94	-0.76	0.96	0.98	0.90	0.79	0.59	0.98	0.63	0.90
Agrop	0.26	1.00	0.42	-0.19	0.51	0.15	0.36	0.21	0.20	0.10	0.28	0.13	0.18	0.06	0.11
Pesca	-0.27	0.42	1.00	-0.17	-0.05	-0.31	-0.32	-0.39	-0.30	-0.36	-0.15	-0.16	-0.31	-0.39	-0.24
Miner	0.60	-0.19	-0.17	1.00	0.24	0.70	0.04	0.45	0.65	0.60	0.39	0.21	0.59	0.13	0.79
Manuf	0.86	0.51	-0.05	0.24	1.00	0.71	0.88	0.89	0.81	0.74	0.59	0.38	0.77	0.44	0.60
Elect	0.94	0.15	-0.31	0.70	0.71	1.00	0.56	0.89	0.94	0.85	0.79	0.63	0.95	0.58	0.93
Const	0.76	0.36	-0.32	0.04	0.88	0.56	1.00	0.85	0.69	0.65	0.55	0.40	0.70	0.66	0.46
Comer	0.96	0.21	-0.39	0.45	0.89	0.89	0.85	1.00	0.94	0.88	0.69	0.51	0.93	0.64	0.78
Trans	0.98	0.20	-0.30	0.65	0.81	0.94	0.69	0.94	1.00	0.96	0.69	0.47	0.96	0.58	0.92
Aloja	0.90	0.10	-0.36	0.68	0.74	0.85	0.65	0.88	0.96	1.00	0.50	0.28	0.86	0.45	0.96
Telec	0.79	0.28	-0.15	0.39	0.59	0.79	0.55	0.69	0.69	0.50	1.00	0.93	0.84	0.70	0.75
Finan	0.59	0.13	-0.16	0.21	0.38	0.63	0.40	0.51	0.47	0.26	0.93	1.00	0.68	0.67	0.59
Empre	0.98	0.18	-0.31	0.59	0.77	0.95	0.70	0.93	0.96	0.86	0.84	0.68	1.00	0.71	0.93
Publi	0.63	0.06	-0.39	0.13	0.44	0.58	0.66	0.64	0.58	0.45	0.70	0.67	0.71	1.00	0.51
Otros	0.90	0.11	-0.24	0.79	0.60	0.93	0.46	0.78	0.92	0.86	0.75	0.59	0.93	0.51	1.00



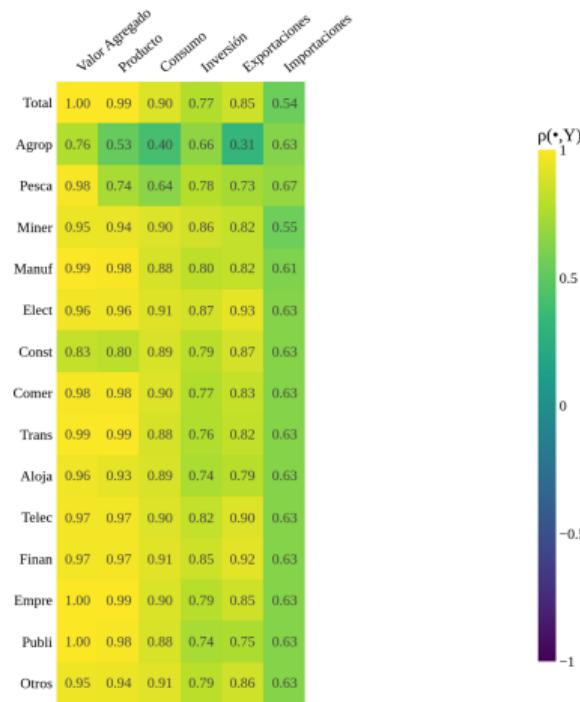
	Total	Agrop	Pesca	Miner	Manuf	Elect	Const	Comer	Trans	Aloja	Telec	Finan	Empre	Publi	Otros
Total	1.00	0.59	0.74	0.92	0.99	0.95	0.83	0.98	0.99	0.92	0.96	0.96	0.99	0.98	0.93
Agrop	0.59	1.00	0.41	0.45	0.58	0.48	0.54	0.55	0.55	0.52	0.48	0.48	0.54	0.52	0.44
Pesca	0.74	0.41	1.00	0.69	0.74	0.76	0.52	0.71	0.73	0.76	0.75	0.76	0.73	0.76	0.75
Miner	0.92	0.45	0.69	1.00	0.92	0.93	0.60	0.86	0.91	0.91	0.92	0.93	0.92	0.91	0.91
Manuf	0.99	0.58	0.74	0.92	1.00	0.95	0.79	0.97	0.99	0.94	0.96	0.96	0.98	0.98	0.94
Elect	0.95	0.48	0.76	0.93	0.95	1.00	0.64	0.90	0.94	0.98	0.99	0.99	0.95	0.98	0.99
Const	0.83	0.54	0.52	0.60	0.79	0.64	1.00	0.89	0.84	0.58	0.68	0.67	0.83	0.74	0.61
Comer	0.98	0.55	0.71	0.86	0.97	0.90	0.89	1.00	0.98	0.86	0.92	0.92	0.98	0.95	0.88
Trans	0.99	0.55	0.73	0.91	0.99	0.94	0.84	0.98	1.00	0.91	0.95	0.95	0.99	0.97	0.92
Aloja	0.92	0.52	0.76	0.91	0.94	0.98	0.58	0.86	0.91	1.00	0.97	0.97	0.91	0.96	0.98
Telec	0.96	0.48	0.75	0.92	0.96	0.99	0.68	0.92	0.95	0.97	1.00	0.99	0.96	0.99	0.99
Finan	0.96	0.48	0.76	0.93	0.96	0.99	0.67	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	0.96	0.98	0.99
Empre	0.99	0.54	0.73	0.92	0.98	0.95	0.83	0.98	0.99	0.91	0.96	0.96	1.00	0.98	0.93
Publi	0.98	0.52	0.76	0.91	0.98	0.98	0.74	0.95	0.97	0.96	0.99	0.98	0.98	1.00	0.97
Otros	0.93	0.44	0.75	0.91	0.94	0.99	0.61	0.88	0.92	0.98	0.99	0.99	0.93	0.97	1.00



Correlación con PBI: Datos vs. Modelo

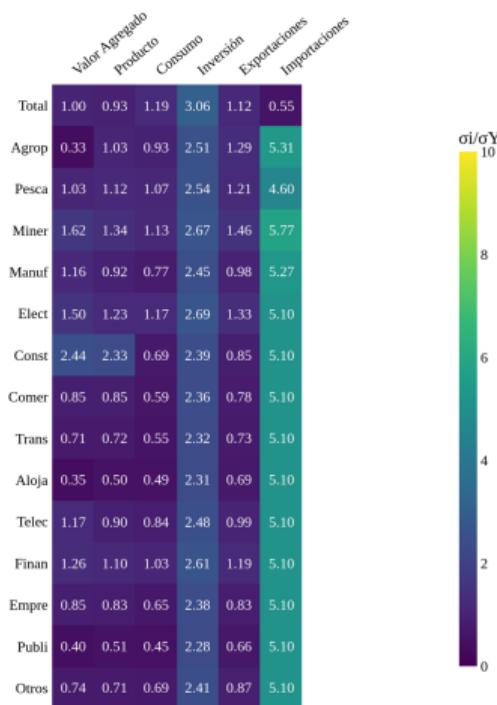
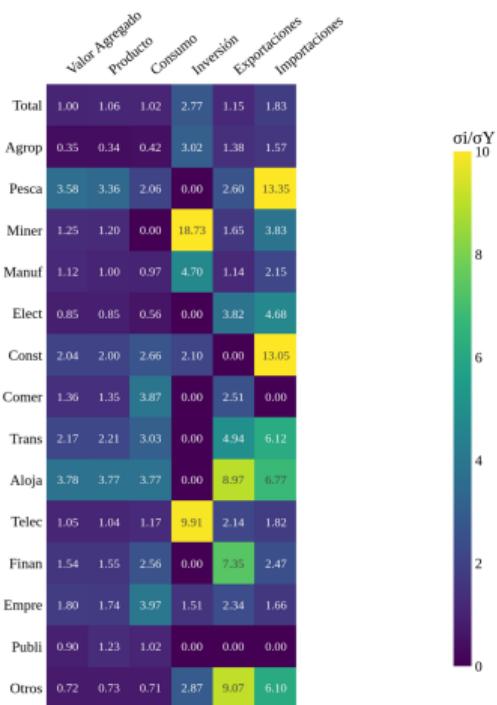


$p(\cdot, Y)$



$p(\cdot, Y)$

Volatilidad relativa sobre PBI: Datos vs. Modelo



Estimación con datos simulados

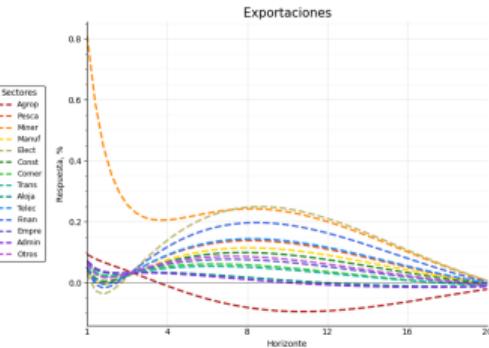
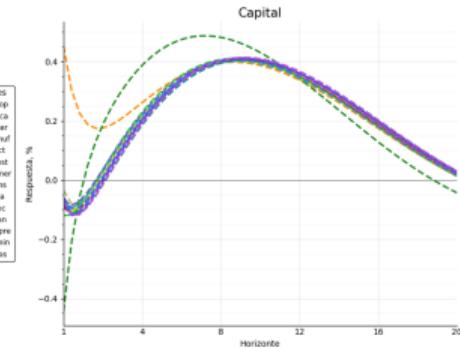
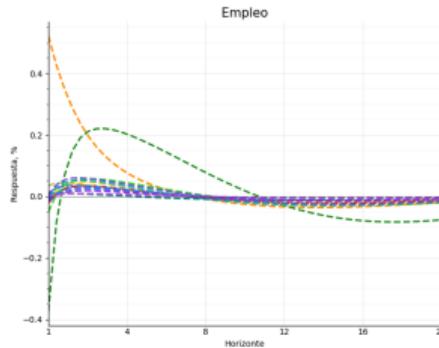
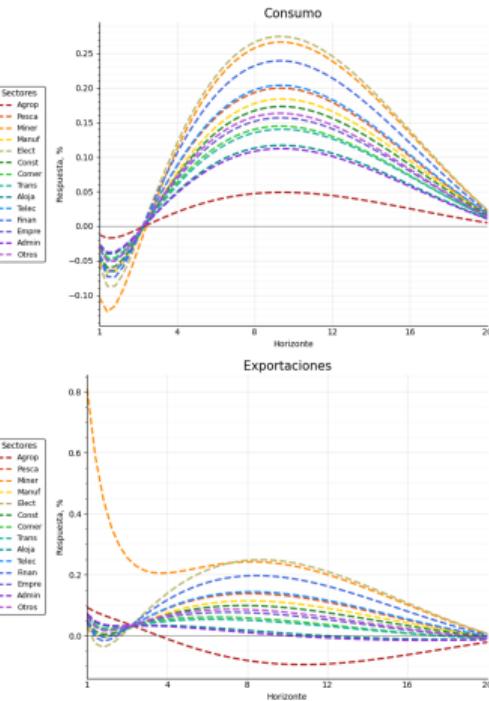
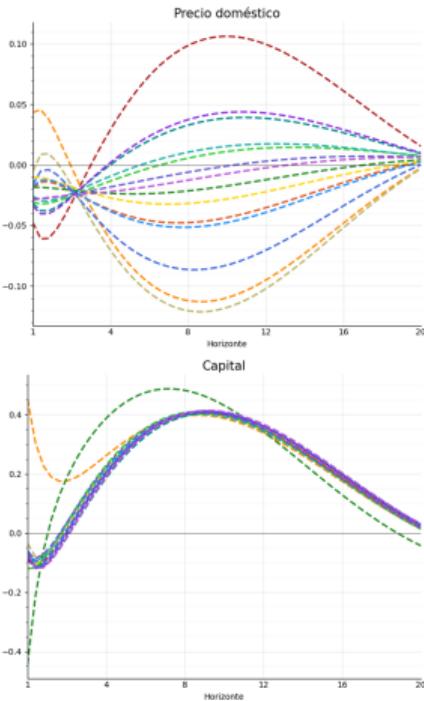
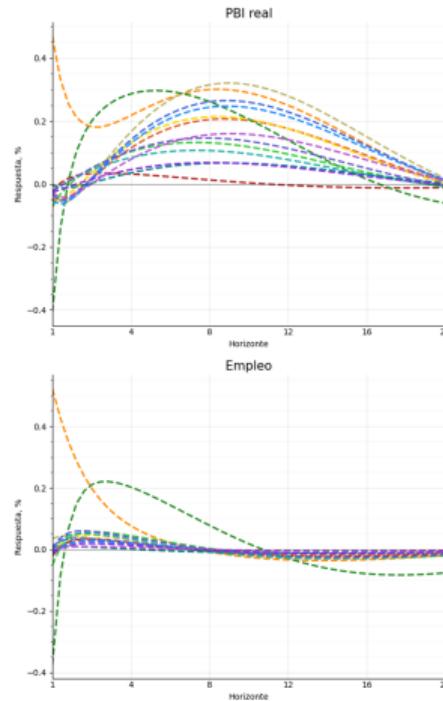
Tabla 3: *Spillovers upstream & downstream: Datos vs. Modelo*

	Datos		Modelo	
	$\Delta \log Q_{it}$	$\Delta \log P_{it}$	$\Delta \log Q_{it}$	$\Delta \log P_{it}$
ΔP_{it}^{Up}	0.0748** (0.0288)	-0.0438 (0.0980)	0.337*** (0.0834)	-0.0114 (0.0173)
ΔP_{it-1}^{Up}	0.146** (0.0573)	-0.0160 (0.0197)	0.169*** (0.0422)	-0.00923 (0.0107)
ΔP_{it}^{Down}	-0.320 (0.666)	0.0610 (0.137)	-0.339 (0.569)	0.0410 (0.156)
ΔP_{it-1}^{Down}	1.004 (0.917)	-0.641** (0.0769)	0.415 (0.350)	-0.0252 (0.0891)
Constante	0.0255** (0.01000)	0.0507*** (0.00710)	2.439*** (0.0155)	-0.278*** (0.00339)
Observaciones	1050	1050	1,386	1,386

Errores estándar clusterizados entre paréntesis.

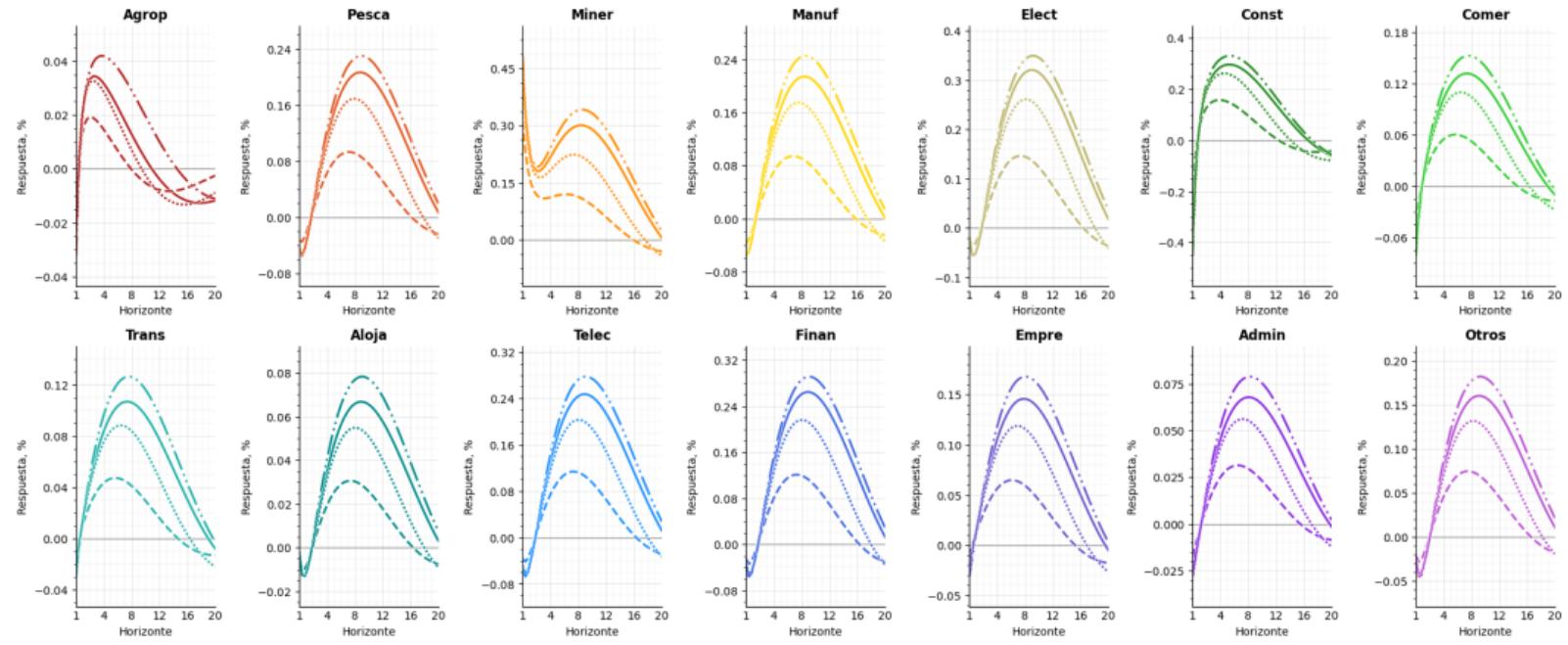
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

IRF: Variables sectoriales (Choque de precios a Minería)



IRF: Contrafactuals – Canales convencionales (Choque a Minería)

IRFs contrafactuals por sector - PBI real



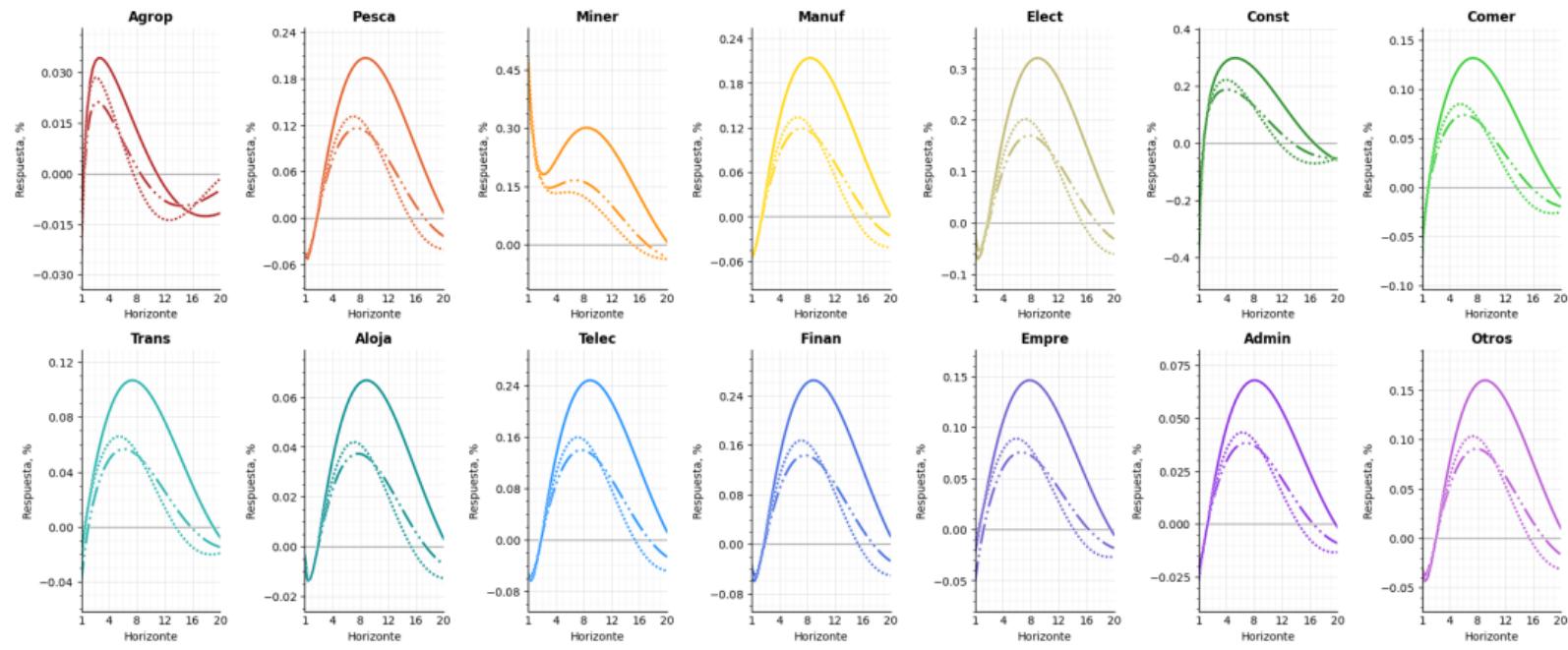
Escenarios

— Base - - Dem. Ext.: $\chi = 0.8$ — Sust. insumos: $\varepsilon = 0.8$ Reasignación: $v_0 = 0.0$



IRF: Contrafactuales – Upstream & Downstream (Choque a Minería)

IRFs contrafactuales por sector - PBI real



Escenarios
— Base — No Up No Down



● Conclusiones

- **Sectores Minería y Manufactura son centrales en la red de producción de Perú.** Choques externos (precio de *commodities*) se contagian al resto de sectores a través de vínculos insumo-producto.
- **El canal *upstream* amplifica la propagación de los choques de precios de *commodities* hacia la producción de otros sectores.**

● Limitaciones

- Disponibilidad de datos para estimación.
- Comportamiento de algunas variables: Tasas de interés, tipo de cambio.
- Agregación de sectores.

● Agenda futura

- **Estimación de elasticidades de sustitución:** Regresionar ecuaciones del modelo o inferencia indirecta.
- **Exploración de otros canales de transmisión:** *Working capital*, flujo de capitales, mercado laboral.

Anexos

Centralidad Upstream

- $P_j M_{ji}$: Valor de insumos intermedios demandado por el sector i desde el sector j .
- $P_j Y_j$: Valor de producción del sector j .
- $m_{ji} = \frac{P_j M_{ji}}{P_j Y_j}$: Porcentaje de las ventas del sector j que representa el sector i .
- Matriz Leontief-Inversa: $\tilde{\Psi} = (I - \mathbf{M})^{-1}$
- $\tilde{\psi}_{ij}$: Importancia del productor i como cliente directo e indirecto para el productor j .
- $Upstream_i = \sum_{j=1}^N \tilde{\psi}_{ij}$: Importancia del productor i como cliente directo e indirecto de todos los sectores.

Centralidad Downstream

- $P_i M_{ij}$: Valor de insumos intermedios suministrado por el sector i al sector j .
- $P_j Y_j$: Valor de producción del sector j .
- $\Omega_{ij} = \frac{P_i M_{ij}}{P_j Y_j}$: Porcentaje de la producción suministrada por el sector i al sector j como fracción de las ventas del sector j .
- Matriz Leontief-Inversa: $\Psi = (I - \Omega)^{-1}$
- ψ_{ij} : Importancia del productor i como proveedor directo e indirecto del productor j .
- $Downstream_i = \sum_{j=1}^N \psi_{ij}$: Importancia del productor i como proveedor directo e indirecto a todos los sectores.

Set up del modelo

- Hogares
 - Consumen una canasta de bienes de diversos sectores.
 - Ofertan trabajo y capital.
 - Pueden ahorrar en bonos **domésticos o extranjeros**.
- N sectores *non-commodity*.
 - Demandan trabajo, capital e insumos intermedios (domésticos e importados).
 - Producto **se vende de forma doméstica** a hogares y firmas, y también **se puede exportar**.
 - Precios se determinan **endógenamente**.
- Q sectores *commodity*.
 - Ídem.
 - Ídem.
 - Bienes producidos por este sector están sujetos a choques **exógenos del precio internacional** de exportación, los cuales se trasladan al precio doméstico.

Firmas

$$Y_{i,t} = A_{i,t} \left[v_i^{\frac{1}{\theta_i}} (V_{i,t})^{\frac{\theta_i-1}{\theta_i}} + (1-v_i)^{\frac{1}{\theta_i}} (M_{i,t})^{\frac{\theta_i-1}{\theta_i}} \right]^{\frac{\theta_i}{\theta_i-1}}$$

$$V_{i,t} = K_{i,t}^{\alpha_i} L_{i,t}^{1-\alpha_i}$$

$$M_{i,t} = \left[\omega_i^{\frac{1}{\epsilon_i}} (M_{i,t}^D)^{\frac{\epsilon_i-1}{\epsilon_i}} + (1-\omega_i)^{\frac{1}{\epsilon_i}} (M_{i,t}^M)^{\frac{\epsilon_i-1}{\epsilon_i}} \right]^{\frac{\epsilon_i}{\epsilon_i-1}}$$

$$M_{i,t}^D = \left(\sum_{j=1}^{N+Q} (\mu_{ij}^D)^{\frac{1}{\vartheta_i^D}} (M_{ij,t}^D)^{\frac{\vartheta_i^D-1}{\vartheta_i^D}} \right)^{\frac{\vartheta_i^D}{\vartheta_i^D-1}} \quad M_{i,t}^M = \left(\sum_{j=1}^{N+Q} (\mu_{ij}^M)^{\frac{1}{\vartheta_i^M}} (M_{ij,t}^M)^{\frac{\vartheta_i^M-1}{\vartheta_i^M}} \right)^{\frac{\vartheta_i^M}{\vartheta_i^M-1}}$$

Hogares (Intertemporal)

$$\max_{\{C_t, B_{t+1}, B_{t+1}^*, L_t, K_{t+1}\}_{t=0}^{\infty}} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{C_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \xi L_t \right]$$

s.a.

$$P_t^C C_t + P_t^I I_t + B_{t+1} + S_t B_{t+1}^*$$

=

$$W_t L_t + R_t P_t^I K_t + (1 + r_t) B_t + S_t (1 + r^*) \Psi(\tilde{B}_t^*) B_t^* + T_t$$

$$I_t = K_{t+1} - (1 - \delta) K_t \quad T_t = B_{t+1} - (1 + r_t) B_t$$

Hogares (Intratemporal)

$$C_t = \left(\pi^{\frac{1}{\lambda}} (C_t^D)^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} + (1-\pi)^{\frac{1}{\lambda}} (C_t^M)^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} \right)^{\frac{\lambda}{\lambda-1}}$$

$$C_t^D = \left(\sum_{i=1}^{N+Q} (\gamma_i^D)^{\frac{1}{\tau_i^D}} (C_{i,t}^D)^{\frac{\tau_i^D - 1}{\tau_i^D}} \right)^{\frac{\tau_i^D}{\tau_i^D - 1}}$$

$$C_t^M = \left(\sum_{i=1}^{N+Q} (\gamma_i^M)^{\frac{1}{\tau_i^M}} (C_{i,t}^M)^{\frac{\tau_i^M - 1}{\tau_i^M}} \right)^{\frac{\tau_i^M}{\tau_i^M - 1}}$$

Otros

Sector externo

$$X_{Q,t} = \gamma_Q^* \left(\frac{P_{Q,t}^Y}{S_t P_{Q,t}^*} \right)^{-\chi} D_t^*$$

Choques

$$\log P_{Q,t}^* = \rho_Q \log P_{Q,t-1}^* + \varphi^Q \log D_t^* + \varepsilon_{Q,t}$$

$$\log D_t^* = \rho_D \log D_{t-1}^* + \varepsilon_{D,t}$$

$$\log A_{it} = \rho_{A_i} \log A_{it-1} + \varepsilon_{A_i,t}$$

Limpieza de mercados

$$Y_{i,t} = C_{i,t}^D + I_{i,t}^D + X_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+Q} M_{ji,t}^D \quad IM_{i,t} = C_{i,t}^M + I_{i,t}^M + \sum_{j=1}^{N+Q} M_{ji,t}^M$$

$$S_t(B_{t+1}^* - (1+r^*)\Psi(\tilde{B}_t^*)B_t^*) = \sum_{i=1}^{N+Q} \left[P_{i,t}X_{i,t} - P_{jM,t} \left(C_{i,t}^M + I_{i,t}^M + \sum_{j=1}^{N+Q} M_{ji,t}^M \right) \right]$$

$$L_t = \sum_{i=1}^{N+Q} L_{i,t} \quad K_t = \sum_{i=1}^{N+Q} K_{i,t}$$

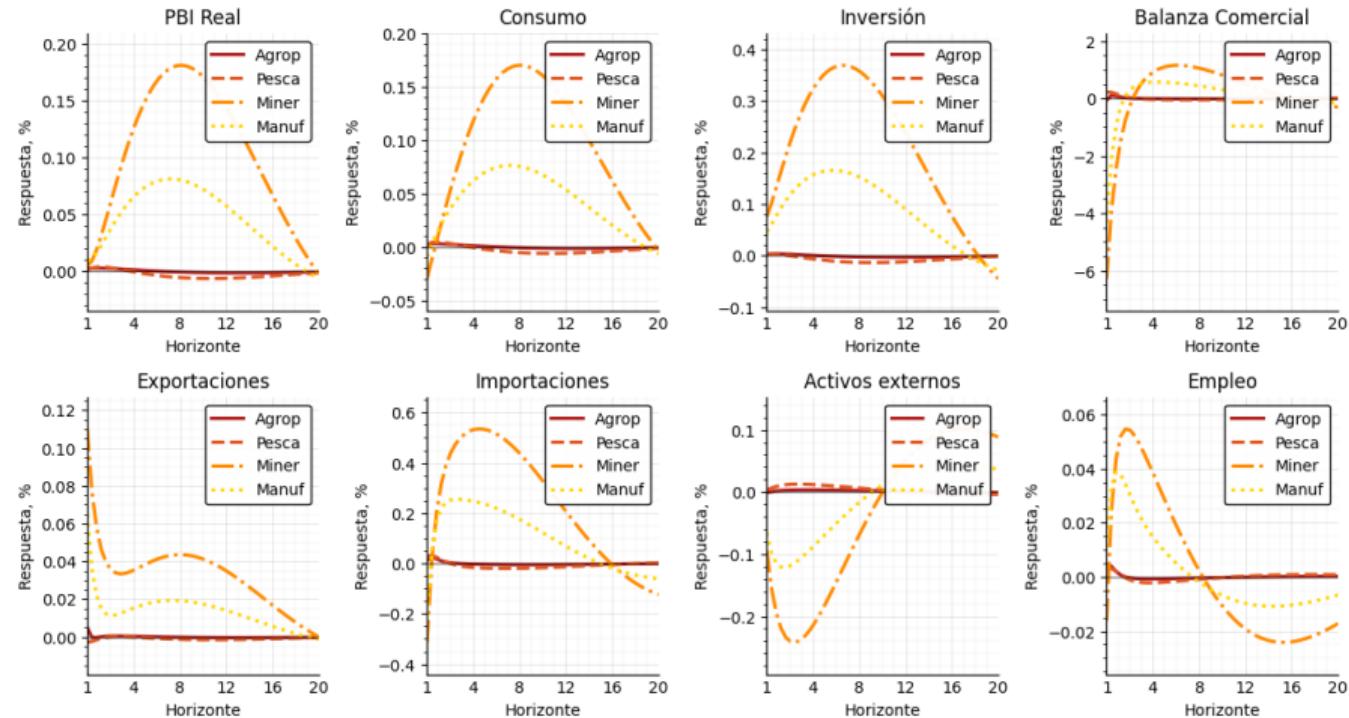
Parámetros Sectoriales

Fuentes

- INEI: Cuadros Oferta y Utilización (Nivel 14) 2007-2023
- OECD: Input-Output Tables (45 sectors) 2000-2018

ID	Sector	$\pi\gamma_i^D$ C. doméstico	$(1 - \pi)\gamma_i^M$ C. importado	v_i Valor Agregado	α_i Capital	η_i^D I. doméstica	η_i^M I. importada
01	Agrop	0,914	0,086	0,710	0,049	0,914	0,086
02	Pesca	0,990	0,010	0,628	0,519	0,990	0,010
03	Miner	0,828	0,172	0,642	0,764	0,828	0,172
04	Manuf	0,758	0,242	0,326	0,547	0,758	0,242
05	Elect	0,996	0,004	0,582	0,787	0,996	0,004
06	Const	0,930	0,070	0,493	0,454	0,930	0,070
07	Comer	0,855	0,145	0,648	0,317	0,855	0,145
08	Trans	0,887	0,113	0,441	0,281	0,887	0,113
09	Aloja	0,946	0,054	0,504	0,186	0,946	0,054
10	Telec	0,884	0,116	0,420	0,603	0,884	0,116
11	Finan	0,875	0,125	0,665	0,647	0,875	0,125
12	Empre	0,847	0,153	0,573	0,361	0,847	0,153
13	Admin	0,997	0,003	0,583	0,177	0,997	0,003
14	Otros	0,983	0,017	0,743	0,390	0,983	0,017

Choque de precios de commodities



Choque de precios de commodities

