

DECISIONES EN EL COMERCIO INTERNACIONAL: EL CASO DEL COBRE, 1988-2016

BALLENA, Victor

Resumen: La presente investigación busca cuantificar los efectos de diversas variables macroeconómicas en las transacciones bilaterales de ventas de cobre entre los socios comerciales. Para la evidencia empírica se emplea el Modelo de Gravitación Comercial desarrollado por Krugman y Helpman (1985) y una base de datos de transacciones comerciales que comprende el periodo 1988-2016. Los resultados obtenidos sugieren que la distancia entre países afecta a las exportaciones de cobre, siendo su elasticidad con respecto a las exportaciones de cobre entre 0.597 y 0.602 para los valores en dólares de las exportaciones y entre 0.340 y 0.356 para la cantidad exportada.

Palabras clave: modelo gravitacional, comercio exterior, cobre.

Abstract: This research seeks to quantify the effects of various macroeconomic variables on bilateral copper sales transactions between business partners. For empirical evidence, the Commercial Gravitation Model developed by Krugman and Helpman (1985) and a database of commercial transactions covering the period 1988-2016 are used. The results obtained suggest that the distance between countries affects copper exports, its elasticity with respect to copper exports between 0.597 and 0.602 for dollar values of exports and between 0.340 and 0.356 for the amount exported.

Keywords: gravitational model, foreign trade, copper.

1. Introducción

Las exportaciones de cobre representan el 22.75% de las exportaciones de minerales y metales a nivel mundial en el año 2017, mostrando ser un producto altamente demandado en el sector minero e implicando la necesidad de un énfasis en este producto. Esta necesidad de poseer cobre, se debe a sus diversos usos como en estructuras de arquitectura, equipos electrónicos, entre otros. Los principales 4 importadores de cobre a nivel mundial al 2017 son: China, con el 46% de las importaciones mundiales, Japón con el 14.68%, India con el 6.86% y Corea del Sur con 6.3%. Por el lado de la oferta, los principales 4 exportadores de cobre a nivel mundial al 2017 son: Chile, con el 29.88% de las exportaciones mundiales, Perú con el 20.6%, Australia con el 6.26% e Indonesia con el 5.9%. Se observa como los 4 principales compradores de cobre se encuentran más lejanos de los principales 2 vendedores de cobre (que representan más del 50% de las exportaciones a nivel mundial) que del tercer y cuarto vendedor de cobre, por lo que la problemática a estudiar en este análisis es conocer las determinantes del comercio internacional de cobre mediante estimaciones econométricas que permitan cuantificar dichos valores. Lo que esta investigación realiza es estimar el modelo de gravitación comercial especificado creado por Krugman y Helpman (1985) para el cobre, para conocer como repercuten las variables geográficas y económicas en las transacciones bilaterales entre países, así como dar explicación de los resultados hallados y argumentar como el cobre es un producto que puede ir en contra de los efectos esperados con respecto a otros productos estimados en otras investigaciones.

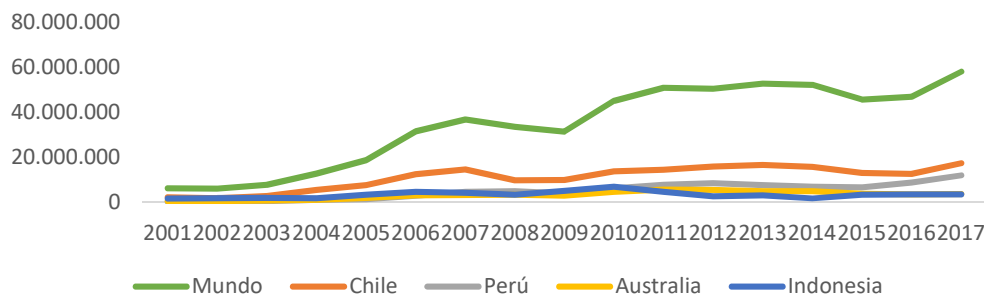
* Economista, Máster dirección y gestión Comercio Exterior, postulante a Doctor Economía Aplicada, docente universitario en Universidad Nacional del Callao. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Por esta razón, en las siguientes páginas se mostrarán algunas estadísticas del comercio internacional a del cobre, se detallará la evidencia empírica existente, se explicará el modelo teórico y econométrico a emplear y por último las interpretaciones y conclusiones que se rescaten del modelo.

2. Hechos Estilizados

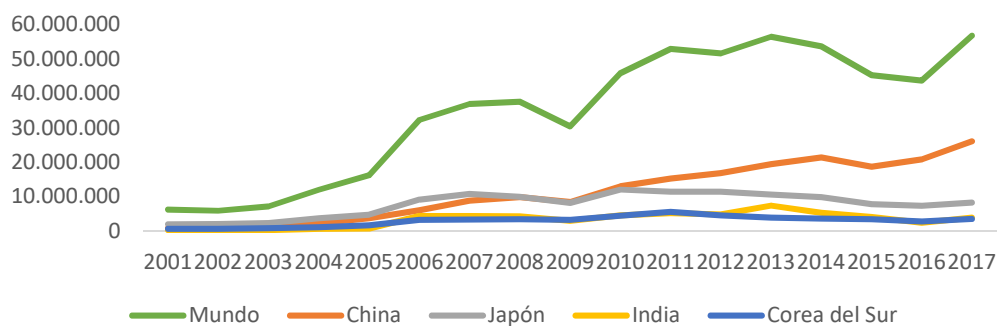
El mercado internacional del cobre, por el lado de las exportaciones, se ha incrementado de su valor inicial en el 2001 un 845% hasta al 2017 según datos de Trade Map. Como se puede apreciar en el gráfico 1, las exportaciones mundiales de cobre han aumentado de manera significativa, llegando a sumar al 2017 el monto de 58, 240, 322 miles de USD, siendo este valor el 22.75% del valor de las exportaciones de metales y minerales a nivel mundial. También se muestran las evoluciones de los 4 mayores exportadores de cobre que son Chile, Perú, Australia e Indonesia.

Gráfico 1. Evolución de las exportaciones de cobre, en miles de dólares



Fuente: Trade Map. Elaboración propia

Gráfico 2. Evolución de las importaciones de cobre, en miles de dólares



Fuente: Trade Map. Elaboración propia

Es necesario resaltar que Chile ha sido para todos los años el mayor exportador de cobre a nivel mundial, exceptuando el año 2002 en el que Indonesia exportó más cobre que Chile.

Por el lado de las importaciones de cobre, estas se han incrementado de su valor inicial en el año 2001 un 800% hasta el 2017. Como se puede apreciar en el gráfico 2, las importaciones mundiales de cobre han llegado a sumar al 2017 el monto de 56, 819, 930 miles de USD. También se muestran las evoluciones de los 4 mayores importadores de cobre que son China, Japón, India y Corea del Sur.

Cabe resaltar que la participación de China en la compra de cobre creció considerablemente, pasando de ser el segundo mayor comprador al primero en el año 2010, tendencia que quedó marcada desde ese año y cuya participación porcentual ha estado por encima del 40% en los últimos años.

Como se puede observar de ambos gráficos, el comercio internacional de cobre esta dado en su mayor parte en las exportaciones por los países de Perú y Chile, ubicados en Sudamérica, y en las importaciones por los países de China, Japón, India y Corea, siendo China y Japón los que concentran la mayor parte de las importaciones, ubicados en Asia.

3. Evidencia Teórica y Empírica

Los estudios teóricos realizados por Krugman y Helpman sugieren que la distancia es una variable que afecta de forma inversa al comercio internacional, mientras que los pesos de las economías, que aproximan con el PBI, afectan de forma directa al comercio internacional. Esta lógica es presentada en su modelo de gravitación comercial¹.

Dichos autores comprueban este modelo para la economía de la Unión Europea donde logran demostrar una correlación negativa de las distancias entre capitales con el nivel de comercio entre países y una correlación positiva con su nivel de PBI.

Algunas especificaciones econométricas de este modelo son las realizadas por Barnes y Bosworth (2015) donde estudian el comercio de gas natural y comprobando las hipótesis del modelo de gravitación comercial. También los estudios de Valerius, Lobo, Garzel & Frega (2017) revisan las hipótesis de este modelo para el mercado de madera.

En su mayoría, los estudios que aplican este tipo de modelos revisan los efectos de forma agregada, por lo que no se ha podido encontrar antecedentes que apliquen el modelo de gravitación comercial para el producto específico del cobre. Los autores obtuvieron parámetros estimados para los PBI menores a uno en valor absoluto, mostrando una elasticidad inelástica; mientras que para la distancia obtuvieron elasticidades elásticas y negativas. Otros autores como Frankel y Romer (1999), Cárdenas y García (2004), entre otros, han obtenido resultados similares.

Con respecto a estudios realizados para el cobre, Ulloa (2002) y Considini (1991) concluyen mediante un modelo econométrico de ecuaciones aparentemente no relacionadas² con datos mundiales que la elasticidad de corto plazo del cobre es de -0.162 y -0.159 respectivamente. Con estos alcances podemos esperar a priori que el

¹ Para mayores detalles del Modelo de Gravitación Comercial se sugiere revisar el Anexo 1

² Para el interesado en este tipo de modelos se puede buscar como: Seemingly unrelated regressions (SUR).

cobre es un bien inelástico, en otras palabras, aumentos en su precio no variarían mucho su demanda.

Cuadro 1. Estadísticas de los 4 mayores exportadores e importadores de cobre (2016)

Exportador - Importador	Distancia (Km)	Valor exportado en dólares (2016)
Perú-China	17440	5,469,000,000
Perú-Japón	15835	761,900,000
Perú-Corea	16370	382,200,000
Perú-India	17245	380,600,000
Chile-China	19730	5,748,000,000
Chile-Japón	17535	2,702,000,000
Chile-Corea	18295	1,213,000,000
Chile-India	17099	621,400,000
Australia-China	8109	1,078,000,000
Australia-Japón	7644	1,071,000,000
Australia-Corea	7875	330,800,000
Australia-India	9109	519,300,000
Indonesia-China	3993	534,300,000
Indonesia-Japón	4852	1,297,000,000
Indonesia-Corea	4573	408,600,000
Indonesia-India	4488	529,900,000

Fuente: UN-Comtrade. Elaboración propia

Con este análisis, se puede suponer que la distancia puede ocupar una significancia mayor para países por encima del valor promedio, por lo que mostrando dicha especificación se estimó en el cuadro 3 separando entre países con distancias por encima y por debajo del promedio.

En el Anexo incluimos la estimación de un modelo econométrico gravitacional.

Como se muestra en el cuadro 3, la distancia obtiene una mayor significancia para socios separados por encima de la media y menor significancia para socios separados por debajo de la media, demostrando así que los efectos de la distancia afectan a países lejanos entre sí, mientras que para socios más cercanos, su influencia no es tanta debido posiblemente a la mayor producción de los países lejanos de los mayores compradores, como Perú y Chile con China y Japón.

Otro hallazgo del modelo es la distancia óptima que se necesita recorrer para maximizar beneficios, para los cuales se tomarán en cuenta los valores esperados (media aritmética) de las variables de distancia y el logaritmo del valor y cantidades exportadas.

Para simular cambios marginales de la distancia, se simulaban variaciones de 1000 kilómetros, debido a que este es un valor razonable a tener en cuenta ya que se habla de

distancias entre países. Por lo cual partiendo desde el valor medio, en el gráfico 3 se observa cómo afectan los aumentos en la distancia al logaritmo del valor de las exportaciones, donde se observan los puntos que representan la ubicación de la distancia de Perú con algunos de sus principales socios comerciales, donde el punto rojo es Corea del Sur, el amarillo es Japón, China es el naranja y morado es Indonesia. Se observa como el mayor socio comercial de Perú que es China, en términos de cobre, se encuentra “alejado” de una forma óptima debido a que su máximo valor de exportaciones se encuentran con ese país, de forma similar con Japón el cual se encuentra no tan alejado de China pero esa menor variación hace que sus exportaciones sean menores (ver Cuadro 4 para una mejor especificación).

VARIABLES	Valor export (distancia>media)	Valor export (distancia<media)
Log(distancia)	5.170*** (0.793)	0.249 (0.227)
Países exportadores		
Log(PBI)	0.0525 (0.184)	0.146 (0.169)
Sin litoral	-3.798*** (0.799)	-1.479*** (0.570)
Desempleo %	0.0157 (0.0276)	-0.0173 (0.0287)
Calidad regulatoria	-0.790 (0.568)	-1.020* (0.593)
Cumplimiento de ley	-2.119*** (0.673)	-3.611*** (0.830)
Países importadores		
Log(PBI)	0.131 (0.185)	0.270 (0.178)
Sin litoral	-0.00919 (0.991)	-1.525*** (0.571)
Desempleo %	0.0121 (0.0266)	-0.0446 (0.0286)
Calidad regulatoria	-0.519 (0.505)	-1.065* (0.591)
Cumplimiento de ley	0.261 (0.764)	-0.695 (0.824)
Constante	-36.01*** (7.981)	10.08*** (2.914)
Observaciones	2,194	2,158
Número de pares	468	540

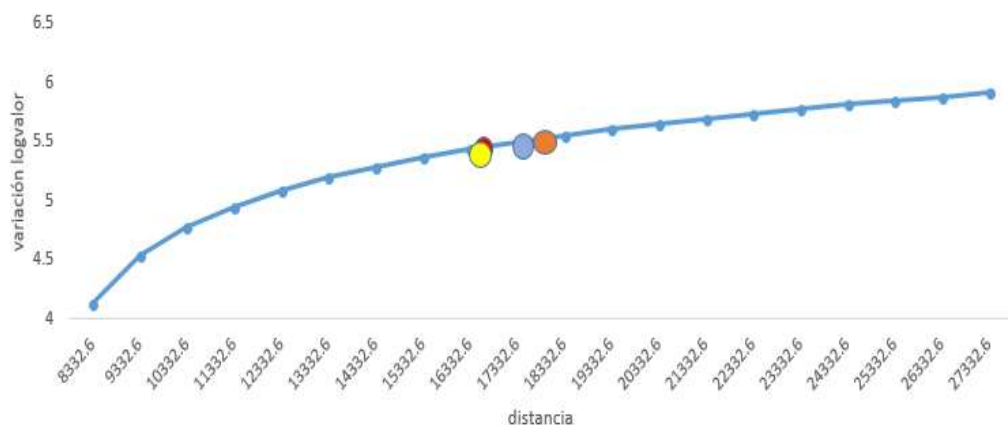
R ²	0.108	0.0710
----------------	-------	--------

Cuadro 2. Estimación de modelos dividido por distancias con efectos aleatorios y especificación AR (1)

Errores estándar entre paréntesis- Significancia: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: UN-Comtrade. Elaboración propia

Gráfico 3: Simulaciones del modelo



Fuente: Comtrade. Elaboración propia

Cuadro 3. Índice

Exportador – Importador	Distancia (km)	Marca	Valor (2016)
Perú – China	17440		5,469,000,000
Perú - Japón	15835		761,900,000
Perú - Corea	16370		382,200,000
Perú - India	17245		380,600,000

Fuente: Comtrade. Elaboración propia

La justificación que se tiene para decir que esta es un aproximado de una distancia óptima se especifica en el anexo 6, en la cual se calcularon las variaciones de la variación del valor de las exportaciones, encontrándose el máximo valor de este cambio³.

De manera similar se obtuvieron resultados para los modelos 2, 3 y 4. A manera de resumen se muestran los resultados óptimos de los 4 modelos en el cuadro 5, en el Anexo, donde se puede deducir que los efectos en las variaciones optimizadas se dan entre los 17332 y 18332 km (como Perú con China).

³ Se trata como máximo al menor cambio posible que sea incentivo para tener en cuenta, en este caso que no sea menor al 1%.

La especificación propuesta es la siguiente:

$$\log(T_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(dist_{it}) + \beta_2 \log(PBI_{rep_{it}}) + \beta_3 landlocked_{rep_{it}} + \beta_4 rl_{rep_{it}} + \beta_5 rq_{rep_{it}} + \beta_6 des_{rep_{it}} + \beta_7 \log(PBI_{par_{it}}) + \beta_8 landlocked_{par_{it}} + \beta_9 rl_{par_{it}} + \beta_{10} rq_{par_{it}} + \beta_{11} des_{par_{it}} + crisis_{it} + \varepsilon_{it} \dots (2)$$

Dónde:

Tabla 1: Resumen de variables

Variable	Descripción
T	Exportaciones de cobre (en dólares ⁴ y en cantidades)
dist	Distancia entre el país importador y exportador
PBI	Producto Bruto Interno
landlocked	Sin litoral (1 si el país no posee litoral, 0 en caso contrario)
rl	Cumplimiento de ley
rq	Calidad regulatoria
des	Desempleo (%)
crisis	Crisis de EE. UU. Del 2008 (1 si la observación pertenece al año 2008 o más, 0 en caso contrario)

Elaboración propia

MODELO 1 (exportaciones con valores sin agregar la variable crisis)			
Variación distancia	Variación valor export	Tasa variación valor export	Media + variación distancia
10000	71,499,656	6.49%	17332.6
11000	75,685,971	5.86%	18332.6
MODELO 2 (exportaciones en cantidades sin agregar la variable crisis)			
Variación distancia	Variación cantidad export	Tasa variación cantidad export	Media + variación distancia
10000	6,703,536	3.65%	17332.6
11000	6,924,325	3.29%	18332.6
MODELO 3 (exportaciones con valores agregando la variable crisis)			
Variación distancia	Variación valor export	Tasa variación valor export	Media + variación distancia
10000	74,869,331	6.55%	17332.6
11000	79,290,718	5.91%	18332.6

⁴ Valor de la exportación en dólares = Precio internacional * Cantidad.

MODELO 4 (exportaciones en cantidades agregando la variable crisis)			
Variación distancia	Variación cantidad export	Tasa variación cantidad export	Media + variación distancia
10000	7,767,906	3.82%	17332.6
11000	8,035,997	3.45%	18332.6

Cuadro 4: Comparación de resultados entre modelos

Fuente: UN-Comtrade. **Elaboración propia**

Cada variable, especificada por *rep* (exportador) y *par* (importador) cuando se especifica, para cada par i en el período t . Además, se incluye una constante α , los parámetros β , que se calcula para cada variable y el término de perturbación ε_{it} .

Una conclusión final del cuadro 4 es que se indica que las variaciones del valor exportado optimizada están entre 71,499,656 y 79,290,718 y de la cantidad exportada está entre 6,703,536 y 8,035,997.

4. Conclusiones

El presente trabajo de investigación logró concluir que:

- Los determinantes de las exportaciones de cobre a nivel mundial del año 1988 – 2016 son las variables denotadas en el análisis: distancia, PBI, desempleo, sin litoral, calidad regulatoria y cumplimiento de ley; tanto para el país exportador como el país importador.
- En cantidades, la distancia es menos significativa, esto se da debido a la necesidad de un stock de cobre (demanda inelástica) y que los mayores compradores (China y Japón) y productores de cobre (Perú y Chile) están alejados entre sí.
- En valores, la distancia obtiene una mayor significancia, debido posiblemente a las mejores oportunidades que ofrecen los mercados más lejanos, principalmente el efecto precio, entre otros.
- El efecto de la distancia tiene un impacto significativo si los países están separados entre sí por una distancia mayor a la media que es 7,332.6 km.
- Existe una distancia óptima, en la cual si los países están separados en ese valor logran maximizar el intercambio comercial del cobre.
- En valores, la distancia puede influir desde 5.49 hasta 5.54 en el logaritmo del valor de las exportaciones de cobre.
- Perú y Chile son países distantes de los mayores compradores de cobre, China y Japón, cumpliendo con lo expuesto en el modelo, que certifica que la distancia se minimiza ante un precio internacional existente, y las otras variables de control, como la calidad regulatoria y cumplimiento de leyes influyen en las decisiones de los compradores.

Bibliografía

- Baer, W. (1972). Latin American Research Review. Vol. 7, No. 1 (Spring, 1972), pp. 95-122.

- Baltagi, B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. Third ed. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Barnes, R. & Bosworth, R. (2015). "LNG is linking regional natural gas markets: Evidence from the gravity model" *Energy Economics*, Elsevier, vol. 47(C), pages 11-17.
- Bello J. (2012). *Estudio sobre el impacto de las exportaciones en el crecimiento económico del Perú 1970-2014*. Universidad Mayor de San Marcos. Lima.
- Bello, A. & Jeymerd, L. (2012) *Estudio sobre el impacto de las exportaciones en el crecimiento económico del Perú durante los años 1970– 2010*. Tesis maestría de la UNMSM. Lima Perú. pp. 185.
- Calderón, J. (2018). *Artículo observatorio*. [email].
- Cárdenas, M. & García, C. (2004). El modelo gravitacional y el TLC entre Colombia y Estados Unidos. *FEDESARROLLO*, Working Papers Series. No. 27, Octubre, 2004.
- Considini, T. (1991a). Technical change, relative prices and intermaterial substitution, chapter 7, en *International Commodity Market Models*, editado por Guvenen, Labys and Lesourd, Chapman and Hall.
- Cuadros, A. (2000) Exportaciones y crecimiento económico: un análisis de causalidad para México. *Estudios Económicos*, El colegio de México, A.C., año/vol.15, N° 001, pp. 37-64.
- Frankel, J. & Romer, D. (1999). Does trade cause growth? *American Economic Review*, Vol. 89, No. 3.
(<https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/aer.89.3.379>)
- Frankel, Jeffrey and Andrew (2002). An Estimate of the Effect of Common Currencies on Trade and Income, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 117, No. 2.
- Harrod, Roy F. (1939). An essay in dynamic theory. *The Economic Journal*, pp. 49.
- Islas, O. (2006). La influencia de los costos de transacción en el comercio. *Comercio exterior*, Vol. 58, Num. 7, Julio de 2008.
- Jesus LAD. O impacto da volatilidade cambial nas exportações brasileiras para o Mercosul: uma análise em painel dinâmico [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2010.
- Krugman, Paul, and Elhanan Helpman (1985), *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, Cambridge: The mit Press.

- McMAHON, G. y SQUIRE, L. (2003): «Explaining Growth: A Global Research Project», en McMAHON, G. y SQUIRE, L. (Eds.): Explaining Growth, IEA Conference, vol. 137, Palgrave, Houndmills, pp. 1-31.
- OSINERGMIN (2017). Geopolítica del Gas Natural en Sudamérica. Reporte de análisis económico sectorial. Sector gas natural. Año 6. N° 8. Diciembre 2017.
- Sánchez, D. (2011). Determinantes de los flujos de Inversión Extranjera Directa a través de un Modelo Gravitacional con Componente Espacial. Evidencia para los Países Latinoamericanos.
- Sanguinetti, P. (2009) Comercio Internacional y crecimiento económico en Chile Periodo 1860-2000. Pontificia Universidad Católica de Chile Instituto de Economía Magister en Economía. pp.29
- Schumpeter, J. (1963). Capitalismo, Socialismo y democracia. Fondo de cultura económica. México.
- Ulloa, A. (2001). Tendencias y volatilidad en el precio del cobre, Ministerio de Minería.
- Ulloa, A. (2002). Análisis econométrico del consumo mundial de cobre y perspectivas futuras”. En “Dilemas y debates en torno al cobre. Editorial Dolmen. Santiago, 2002. pp. 101-172.
- Urcía, C. (2016). Aplicación del modelo de gravedad para el análisis de los determinantes del flujo de importaciones peruanas de origen asiático en el período 2000-2014.
- Valerius, J., Lobo, M., Garzel, J. & Frega, J. (2017). Analysis of brazilian exports of conifer wood moldings through gravity trade model. *Revista Árvore*. 41(4), e410415. Epub April 19, 2018.

Anexos

Anexo I

Modelo gravitacional

El principio básico que rige este modelo basado en Krugman y Helpman (1985), es que indica una relación empírica entre el nivel del PBI de un país y el volumen de sus exportaciones e importaciones. Con este hecho también muestra el modelo aproximado para esta relación que se conoce como el *modelo de gravedad*, el cual es representado para dos países cualesquiera por la siguiente ecuación:

$$T_{ij} = \frac{A x Y_i x Y_j}{D_{ij}}$$

Donde se tiene que el nivel de comercio entre dos países⁵ (T_{ij}) es afectado de manera directa por los niveles de PBI de ambos países (Y_i y Y_j) y de manera inversa con la distancia entre estos (D_{ij}).

Esta teoría lleva el nombre *gravitacional* acuñado debido al término físico, el cual explica que la fuerza de atracción entre 2 cuerpos es mayor cuanto menor sea la distancia entre ambos y mayor sean sus masas. Explicado de forma económica, para el concepto de distancia; si dos países A y B se encuentran relativamente más cerca entre centroide y centroide⁶ que A y C (por ejemplo Lima con Buenos Aires están más cerca entre ellos que Lima con Berlín) se esperaría que A tenga mayor comercio con B que con C.

Esto puede ser explicado de manera lógica mediante el concepto de costos de transacción que aumentan conforme la lejanía es mayor. Aparte del concepto de riesgos que toma mayor importancia, debido a un mayor tiempo en la exposición de los productos. Explicando el concepto de *masa*, cuanto mayor sea esta, se ejercerá una mayor fuerza de atracción entre dos cuerpos. Si se entiende este concepto de masa como PBI (debido a que un mayor crecimiento económico resulta más llamativo al momento de escoger lugares para invertir, vender, etc.). Es así como Perú, que está mucho más lejos con China que con Buenos Aires, tiene un mayor comercio con China, debido a que esta última economía tiene tanta “masa” que logra sobreponerse al efecto de la distancia.

⁵ Entendido la cuantificación del comercio internacional como (exportaciones + importaciones)/PBI para los autores.

⁶ Lugar de principal actividad económica.

Anexo II

Test de autocorrelación

Tabla 1. Test de autocorrelación

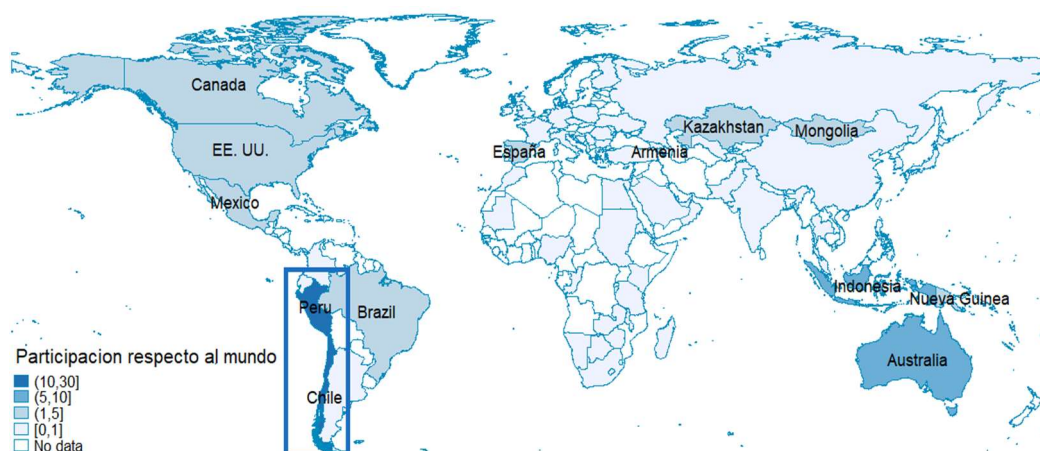
Test de Wooldridge para autocorrelación en datos panel Variable dependiente: Logaritmo del valor de las exportaciones H0: no hay autocorrelación de primer orden $F(1, 292) = 14.784$ Prob > F = 0.0001
Test de Wooldridge para autocorrelación en datos panel Variable dependiente: Cantidad de las exportaciones H0: no hay autocorrelación de primer orden $F(1, 291) = 99.993$ Prob > F = 0.0000

Elaboración propia

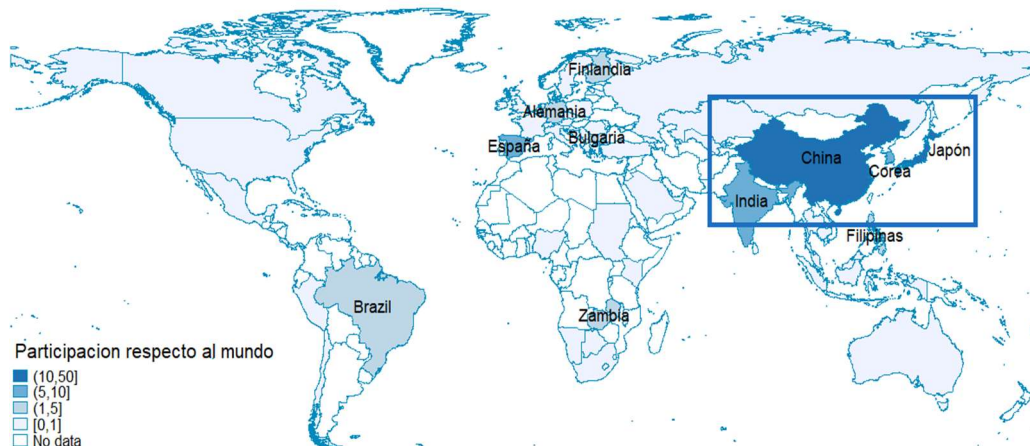
En ambos casos, se realizó el test de autocorrelación con todas las variables independientes. Además, en ambos casos la probabilidad es 0.00, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, implicando corregir este problema con errores AR (1).

Anexo III

Gráfico 1. Participación porcentual en las exportaciones de cobre a nivel mundial, 2017



Fuente: Trade Map. **Elaboración propia**

Anexo IV**Gráfico 2. Participación porcentual en las importaciones de cobre a nivel mundial, 2017****Fuente: Trade Map. Elaboración propia****Anexo V****Tabla 2. Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Media	Desv. Est.
Distancia	6825	7332.599	5102.063
Log(valor exportaciones)	8521	12.58663	5.091243
Log(cantidad Exportaciones)	8333	12.15499	5.350039

Fuente: UN-Comtrade. Elaboración propia

Como se puede observar, la media de la distancia es 7332.6 kilómetros, del logaritmo del valor exportado es 12.59 y del logaritmo de la cantidad exportada es 12.16.

Anexo VI. Estimación del modelo gravitacional y predicciones**Propuesta Empírica**

Una especificación econométrica del modelo gravitacional es la que propusieron Barnes y Bosworth (2015), en el que aplicaron log-linealización de la ecuación gravitacional formulada por Krugman y Helpman (1985):

$$\log(T_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(dist_{it}) + X'\beta + \epsilon_{it} \dots (1)$$

Donde $\log(T_{it})$ representa el logaritmo de las exportaciones del par i en el período t , $\log(dist_{it})$ el logaritmo de la distancia entre países y la matriz X el conjunto de variables de control del modelo que especifican las características de cada país, α es la constante del modelo, β_1 es la elasticidad de la distancia respecto a las exportaciones, β es el vector

de coeficientes de las variables de control y ϵ_{it} es el término de perturbación para cada par i en el período t .

Las distintas especificaciones econométricas y la visión generalizada de este modelo pueden llevar a sugerir diferentes formas de estimación, al incluirse diversas variables de control que pueden implementarse en el modelo, tales como el área del país, población y/o variables cualitativas asociadas a características particulares de cada territorio (Frankel y Romer, 1999).

La ecuación 1 se estima mediante efectos aleatorios⁷; pues de otro modo se perdería el efecto de la variable distancia⁸ sobre el nivel de comercio. Hecho que se requiere contrastar con el modelo de gravitación comercial.

Para aplicar el modelo, explicando los objetivos que busca esta investigación, se estimó la ecuación (1) representando a T_{it} como las exportaciones de cobre de cada par de socios comerciales existente en el mundo para los períodos de 1988 a 2016⁹.

La especificación propuesta es la siguiente:

$$\log(T_{it}) = \alpha + \beta_1 \log(dist_{it}) + \beta_2 \log(PBI_{rep_{it}}) + \beta_3 landlocked_{rep_{it}} + \beta_4 rl_{rep_{it}} + \beta_5 rq_{rep_{it}} + \beta_6 des_{rep_{it}} + \beta_7 \log(PBI_{par_{it}}) + \beta_8 landlocked_{par_{it}} + \beta_9 rl_{par_{it}} + \beta_{10} rq_{par_{it}} + \beta_{11} des_{par_{it}} + crisis_{it} + \epsilon_{it} \dots (2)$$

Dónde:

Tabla 2: Resumen de variables

Variable	Descripción
T	Exportaciones de cobre (en dólares ¹⁰ y en cantidades)
dist	Distancia entre el país importador y exportador
PBI	Producto Bruto Interno
landlocked	Sin litoral (1 si el país no posee litoral, 0 en caso contrario)
rl	Cumplimiento de ley
rq	Calidad regulatoria
des	Desempleo (%)
crisis	Crisis de EE. UU. Del 2008 (1 si la observación pertenece al año 2008 o más, 0 en caso contrario)

Elaboración propia

⁷ Dentro de las técnicas de estimación de panel de datos se tiene el modelo Pooled, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. (Ver Baltagi, 2000)

⁸ Debido a que en efectos fijos las variables constantes quedan descartadas.

⁹ Cada par de socios comerciales está representado por un par de países, teniendo en cuenta explícitamente el orden citado, siendo una observación diferente por ejemplo Perú – China que China – Perú, teniendo en cuenta que el primero en ser nombrado es el país exportador y el segundo el país importador. En caso que solo exista información de un par y no el contrario, la observación se elimina, por ejemplo si existe información de Perú – China pero no China – Perú, la segunda se eliminará.

¹⁰ Valor de la exportación en dólares = Precio internacional * Cantidad.

Cada variable, especificada por *rep* (exportador) y *par* (importador) cuando se especifica, para cada *i* en el período *t*. Además, se incluye una constante α , los parámetros β , que se calcula para cada variable y el término de perturbación ε_{it} .

Como se mencionó anteriormente, Islas (2006) y Jesus (2010) concluyeron que los costos de transacción hacen que se espere que la distancia disminuya el nivel de comercio y los niveles de PBI que lo aumenten; pero teniendo en cuenta otros efectos relevantes como lo hace el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) en su Reporte de Análisis Económico Sectorial de Gas Natural (2017), se observa que la calidad regulatoria se convierte en una barrera de mercado, desincentivando el flujo de las operaciones comerciales internacionales, de la misma forma el cumplimiento de ley se convertiría en una amenaza a las relaciones comerciales afectando el costo de oportunidad de los protagonistas del comercio internacional¹¹, el desempleo por el lado de los países exportadores tiene un efecto negativo debido al aumento de los costos laborales y afectando la productividad de la industria; por el lado de los países importadores tiene un efecto negativo no significativo en términos de cantidades debido a que el cobre es un producto inelástico, y sí tiene un efecto negativo en términos de valor.

Adicionalmente, en el mismo artículo se muestra como ser un país sin litoral también desincentiva al comercio debido a que las operaciones logísticas terminan con costos más elevados y puede ser una brecha productiva que desaliente a las empresas en sus relaciones comerciales internacionales.

Resultados Obtenidos

La ecuación (2) se estima mediante una especificación de panel de datos de efectos aleatorios con errores de especificación AR (1), para controlar por efectos de autocorrelación (Ver anexo 2).

Los resultados de las estimaciones se muestran en el Cuadro 1. Las columnas 1 y 3 del Cuadro 1 muestran las estimaciones en función del valor en dólares de las exportaciones; mientras que las columnas 2 y 4 las estimaciones en función de las cantidades del producto exportado. Asimismo, para el caso de las ecuaciones de las columnas 3 y 4 se muestra los resultados controlando el impacto de la crisis inmobiliaria de los Estados Unidos sucedida en el año 2008, como lo sugieren los estudios de Ulloa (2001) para evitar cambios en los parámetros ante crisis económicas internacionales.

Se observa que para las ecuaciones del valor de las exportaciones las variables significativas por lo menos al 95% de confianza son el logaritmo de la distancia, sin litoral, calidad regulatoria y el cumplimiento de ley del exportador. Mientras que para las ecuaciones de las cantidades exportadas son significativas al menos al 95% de confianza el logaritmo de la distancia, el logaritmo del PBI del país exportador, sin litoral, calidad regulatoria y el cumplimiento de ley del país exportador. Cabe resaltar

¹¹ El cumplimiento de los certificados solicitados por las instituciones involucradas en el comercio internacional.

que los parámetros calculados solo varían de magnitud mas no de signo en las ecuaciones respectivas de valor y cantidad exportada. Además, la probabilidad que indica la significancia global del modelo (Prob > chi2) es 0, lo que indica que en los modelos estimados todos los coeficientes son estadísticamente diferentes de 0.

Analizando las variables propuestas en el modelo gravitacional de Paul y Krugman (ver Anexo 1), se observa que para las ecuaciones 1 y 3 el PBI afecta de manera positiva, como lo postula el modelo, mientras que las ecuaciones 2 y 4 muestran lo contrario. Teniendo en cuenta que en estas últimas se regresionan cantidades, se puede mencionar que los signos negativos en el PBI se dan debido a que al tratarse de un producto primario, los países buscan substituir este tipo de productos por unos con mayor valor agregado, como el producto es el mineral de cobre, lo normal es que este sea reemplazado por sus derivados que poseen un mayor valor agregado en la cadena de producción, como se da en los modelos industrialización de sustitución de importaciones¹² (Baer, 1972).

VARIABLES	(1) Valor Export	(2) Cantidad Export	(3) Valor Export	(4) Cantidad Export
Crisis			-0.142 (0.122)	-0.560*** (0.139)
Log(distancia)	0.597*** (0.146)	0.340** (0.150)	0.602*** (0.143)	0.356** (0.147)
Países exportadores				
Log(PBI)	0.143 (0.125)	-0.348*** (0.133)	0.174 (0.126)	-0.239* (0.133)
Sin litoral	-2.473*** (0.480)	-2.731*** (0.500)	-2.449*** (0.472)	-2.634*** (0.489)
Desempleo %	-0.00508 (0.0200)	-0.0279 (0.0222)	-0.00344 (0.0200)	-0.0230 (0.0221)
Calidad regulatoria	-0.856** (0.409)	-1.890*** (0.469)	-0.903** (0.411)	-2.058*** (0.471)
Cumplimiento de ley	-3.193*** (0.528)	-3.633*** (0.587)	-3.374*** (0.536)	-4.155*** (0.593)
Países importadores				
Log(PBI)	0.132 (0.130)	-0.151 (0.139)	0.152 (0.132)	-0.0393 (0.140)
Sin litoral	-1.038** (0.518)	-1.413*** (0.537)	-1.031** (0.508)	-1.392*** (0.525)
Desempleo %	-0.0225 (0.0195)	0.00489 (0.0216)	-0.0234 (0.0195)	-0.000973 (0.0214)

¹² Estos modelos buscan disminuir la dependencia del país doméstico con países extranjeros al utilizar los bienes importados para mejorar la calidad de los productos nacionales y volverlos más competitivos.

Calidad regulatoria	-0.805** (0.387)	-1.262*** (0.443)	-0.848** (0.390)	-1.402*** (0.445)
Cumplimiento de ley	-0.0765 (0.565)	0.774 (0.628)	-0.182 (0.578)	0.256 (0.641)
Constante	7.358*** (2.153)	17.31*** (2.238)	7.185*** (2.130)	16.39*** (2.198)
Observaciones	4,352	4,328	4,352	4,328
Número de pares	1,008	1,004	1,008	1,004
R ²	0.117	0.160	0.119	0.171

Cuadro 5: Estimación de modelos con efectos aleatorios y especificación AR (1)

Errores estándar entre paréntesis

Significancia: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: UN-Comtrade. Elaboración propia

Por último, se observa que la distancia tiene el signo contrario al esperado (siendo mayor a 0 y menor a 1 en todos los modelos), comprobándose que la distancia afecta de manera positiva al comercio de cobre, esto explicado posiblemente por los menores costos de transacción que se tiene para comercializar el cobre. En adición a esto, también se debe saber que los principales productores y compradores de cobre se ubican en lugares específicos del mundo, y con ello se puede suponer que el efecto precio es superior al efecto de los costos de transacción, en otras palabras, es más conveniente comprar de un lugar lejano que de uno cercano debido a que en neto puedo obtener un menor costo total y/o una mayor cantidad en países específicos.

Otra conclusión es que la distancia obtiene una mayor significancia estadística cuando se regresa en valores, indicando que al tomar en cuenta el efecto precio la distancia posee un mayor impacto y por ende que los precios de venta compensan que los compradores de cobre tengan que viajar más lejos para conseguir el producto.

Lo expuesto en el párrafo anterior también tiene sustento en las consecutivas reducciones del costo de fletes internacionales, debido principalmente a las guerras de precios y la optimización de la capacidad de las naves, sabiendo que los minerales se exportan principalmente por vía marítima (Calderón, comunicación personal, 19 de octubre del 2018 a las 10:29 a. m.).

Cabe resaltar que para los 4 modelos se tienen efectos inelásticos de la distancia¹³, siendo las ecuaciones 2 y 4 menos inelásticas, mostrándose así que la cantidad depende menos de la distancia y que los precios están más afectados por esta. Con esto se puede concluir que aunque un país se encuentre más lejos, la necesidad de un stock de cobre hace que no importe recorrer más con tal de obtener el producto, con respecto a los precios se puede concluir de manera similar que la necesidad de adquirir el producto obliga a los compradores a comprar a un precio más alto.

¹³ Al tratarse de logaritmos, los parámetros estimados representan elasticidades que indican los cambios porcentuales de la variable dependiente ante la variación de 1% en la variable independiente.

Mostrando algunos valores que respalden la afirmación del modelo, se muestra en la siguiente Cuadro 2 de los mayores vendedores (Perú, Chile, Australia e Indonesia) con 4 de los mayores compradores (China, Japón, Corea del Sur e India) de cobre, donde como se puede apreciar que para Perú, Chile e Indonesia se cumple que a una mayor distancia se tiene un mayor valor de las exportaciones de cobre, mientras que para Australia es el segundo valor con mayor distancia.

Cuadro 1: Predicciones del modelo ante cambios en la distancia

Variación distancia	Variación valor export	Tasa variación valor export	Media + variación distancia
1000	18,084,394		8332.6
2000	27,353,875	51.3%	9332.6
3000	34,845,391	27.4%	10332.6
4000	41,374,596	18.7%	11332.6
5000	47,270,375	14.2%	12332.6
6000	52,706,023	11.5%	13332.6
7000	57,786,646	9.6%	14332.6
8000	62,581,890	8.3%	15332.6
9000	67,140,834	7.3%	16332.6
10000	71,499,656	6.5%	17332.6
11000	75,685,971	5.9%	18332.6
12000	79,721,444	5.3%	19332.6
13000	83,623,461	4.9%	20332.6
14000	87,406,231	4.5%	21332.6
15000	91,081,555	4.2%	22332.6
16000	94,659,364	3.9%	23332.6
17000	98,148,114	3.7%	24332.6
18000	101,555,077	3.5%	25332.6
19000	104,886,563	3.3%	26332.6
20000	108,148,092	3.1%	27332.6

Fuente: UN-Comtrade. Elaboración propia