



PRECIOS DEL COBRE: UN SIGLO DE HUELGAS MINERAS.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN FINANZAS

Estudiante: Boris Pastén Henríquez

Profesor Guía: Pablo Tapia Griñen

Profesor Co-Guía: Rodrigo Wagner

Santiago · Marzo 2021

En primer lugar, agradezco a mis profesores guía. Al profesor Pablo Tapia, por su inalcanzable dedicación y ser un apoyo constante en el proceso. No tengo palabras para resaltar la gran persona que eres, nunca olvidaré todo lo que hiciste por mí. Al profesor Rodrigo Wagner, por la confianza entregada y sus enseñanzas en estos años. Fuiste la primera persona que confió en mí como asistente de investigación, de verdad gracias.

En segundo lugar, agradezco a dos personas importantes a lo largo de mi vida. A mi hermano Alexis Pastén, por acompañarme desde el primer día que llegué a Santiago y ser un pilar fundamental en todos los aspectos de mi vida. A mi amigo Jorge Sepúlveda, por su amistad incondicional y estar presente en los momentos más difíciles.

Estaré eternamente agradecido con ustedes.

Boris Pastén

I. Introducción

En el último tiempo el cobre ha generado un creciente interés debido a su utilidad en el desarrollo de varias industrias en el mundo (Liu et al., 2017; Spilimbergo, 2002; Sverdrup et al., 2014) y a su importancia en los ingresos de países como Chile (de Solminihac et al., 2018) y Zambia (Lasheras et al., 2015). La relación entre el cobre y los mercados financieros, también ha sido motivo de estudio. Erb and Harvey (2006) encontraron que al añadir cobre en los portafolios su nivel de diversificación aumenta, generando mayores retornos y menores niveles de riesgo. Agyei-Ampomah et al. (2014) logran evidenciar que el cobre también permite a los inversionistas verse menos expuestos a crisis financieras globales actuando como activo de cobertura contra pérdidas de bonos soberanos. Morales and Andreosso-O'Callaghan (2011) sostienen que producto de la alta demanda de materias primas de mercados emergentes como China e India, los mercados de metales preciosos como el cobre son una opción cada vez más rentable para invertir.

El comportamiento de los precios de materias primas y mercados accionarios puede verse afectado por eventos de huelgas mineras (Jacks and Stuermer, 2020; Lombardi and Ravazzolo, 2016; Öztekin and Öcal, 2017). Afik et al. (2019) encuentran evidencia de que existe una relación entre las huelgas y los retornos en el mercado bursátil, mientras que Creti et al. (2013) manifiestan que existe una correlación entre los índices bursátiles y los commodities. Tomando en cuenta que las huelgas de los trabajadores en la minería del cobre pueden producir cambios significativos en la oferta e inesperadas caídas en la producción (Jacks and Stuermer, 2020), nuestra hipótesis es que las huelgas en la "Gran Minería en Chile"¹(GM) del cobre en Chile deberían aumentar el precio del cobre. De esta manera, nuestra investigación tiene por objetivo presentar evidencia de que las huelgas en la GM del cobre en Chile influyen en los retornos de este mineral. Además, nuestra investigación no sólo vendría a enriquecer este tipo de literatura, la cual es escasa, sino que también agrega una exclusiva base de 100 años de huelgas ocurridas en la GM del cobre en Chile, que es el mayor productor de Cobre a nivel mundial (Crowson, 2007; Fernandez, 2018).

Para la presente investigación, se recopilamos los precios diarios del cobre y las huelgas de la GM entre 1910 y 2010, lo que permitió construir una exclusiva base de datos, otorgando un valor adicional a nuestro trabajo². Estos antecedentes fueron la piedra angular para estimar el efecto de las huelgas mineras en los retornos basados en el precio del cobre, para lo cual utilizamos distintas metodologías. En primer lugar se emplea el estudio de eventos estándar (Fama et al., 1969), obteniendo los retornos anormales acumulados mediante *Mean Adjusted Returns* (Brown and Warner, 1985) e incorporando la duración de la huelga y el nivel de producción de la minera en el estudio del evento. En segundo lugar, se utiliza el estudio de evento con variables de control binarias (Karafiath, 1988), lo que permite corregir los problemas de estimación en los retornos anormales estándar. En tercer lugar, y para distinguir el efecto de huelgas ocurridas en mineras con altos niveles de producción, se incluyeron variables de control binarias con interacciones, permitiendo estimar su influencia e impacto.

Utilizando el modelo *Mean Adjusted Returns (MAR)*, se busca probar que las huelgas en la GM en Chile tienen un efecto en los retornos del precio del cobre dentro de una ventana de tiempo de 11 días definida como $CAR(-5, 5)$, es decir, 5 días antes y después de la fecha del evento. Sin embargo, se presentaron algunas limitantes debido a que la metodología estándar de estudios de eventos utiliza datos en un

¹Las mineras que produzcan, dentro de Chile, cantidades no inferiores a 75.000 toneladas métricas anuales mediante la explotación y beneficio de minerales de producción propia o de sus filiales o asociados, son clasificadas como pertenecientes a la Gran Minería en Chile

²Agradecemos a Sergio Garrido Tazar académico de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, por su apoyo en la recopilación de información (Garrido Tazar, 2014)

formato de corte transversal, lo cual no considera el efecto fijo del día del evento, el nivel de producción de la minera que se encuentra en huelga y, tampoco considera el efecto momentum³, común en commodities, generando heteroscedasticidad en las estimaciones. Con el propósito de mejorar las estimaciones se incorporaron variables binarias por huelga, por efecto fijo tiempo, niveles de producción de la minera en huelga, errores clúster por evento y el rezago del retorno por efecto momentum, con lo que se encontró evidencia de un efecto positivo y significativo de las huelgas mineras en los retornos del cobre.

La Teoría de Almacenamiento (Theory of Storage – TS) sostiene que, si existe poco inventario, el costo marginal (precio spot) será más alto que el precio futuro y, en caso contrario, el precio permanecerá moderado (Geman and Smith, 2013). Entonces, debemos esperar que al momento de formalizarse la huelga⁴ en la GM en Chile, los demandantes deberían aumentar su demanda causando un aumento en el precio del cobre, implicando retornos positivos. Por otra parte Fisher et al. (1972) encontraron que la elasticidad precio de la oferta a corto plazo es mucho menor que las de largo plazo, lo que implicaría que cambios transitorios en la oferta no tendrían efecto en el precio, lo que nos lleva a pensar que una huelga causaría un efecto de mayor magnitud en los retornos del precio del cobre, cuanto mayor sea la producción en la minera.

Una de las primeras investigaciones focalizada en estudiar el comportamiento de los retornos del cobre fue Chang et al. (1990), quienes presentaron un modelo Capital Asset Pricing Model (CAPM) con un factor. A continuación, se encuentra la investigación de Batten et al. (2010) quienes incluyen variables macroeconómicas, tales como la inflación y el nivel de producción al estudio de los retornos del cobre. Otras investigaciones similares utilizan el modelo Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity - GARCH (Chan and Young, 2006; Gang and Yong, 2015), redes neuronales (Lasheras et al., 2015) y árboles de decisión (Liu et al., 2017). Sin embargo, a pesar de lo sofisticado de los estudios, ninguno de ellos hace referencia al efecto de las huelgas en los retornos del precio del cobre, lo que convierte a nuestra investigación en un innovador aporte a la literatura de este metal, pero no sin seguir algunos de los métodos de estimación señalados, por lo que, se incluyeron el método de estimación *Difference-in-Difference* (DID), con el cual se busca confirmar en forma robusta que el nivel de producción de la minera en huelga exacerba el efecto positivo en los retornos del cobre en tramos cortos de tiempo, lo que nos habla de una reacción financiera especulativa en el mercado bursátil (Arezki et al., 2014; Guzmán and Silva, 2018).

El mercado del cobre se divide fundamentalmente en dos períodos, el primero comprendido entre 1910-1970, el cual está caracterizado por tener a Estados Unidos como el principal exportador del cobre en el mundo (Donchian, 1960), siendo el 37 % su mayor porcentaje de producción a nivel mundial en 1947, el segundo periodo está comprendido entre 1971-2010, dentro del cual Chile y Zambia son los principales productores del cobre en el mundo (Crowson, 2007). Estos períodos, han sido marcados por un mayor número de huelgas mineras en la industria de cobre en Chile, especialmente después de la década del 50 (Garrido Trazar, 2014).

³El “momentum” indica la inercia que llevan los precios debido a la tendencia, es decir, los precios permanecen positivos si éstos conservan una tendencia creciente, pero se mantendrán negativos si la tendencia es decreciente.

⁴Una huelga es la “interrupción colectiva de la actividad laboral realizada observando el conjunto de procedimientos y requisitos que la legislación chilena establece para ello. En Chile, la legislación vigente circunscribe el derecho a huelga exclusivamente al ámbito de la negociación colectiva reglada; esto es, cuando está en curso la negociación de contratos colectivos”, según define la Dirección del Trabajo

El presente documento se organiza de la siguiente manera, luego de esta introducción en donde se establece el contexto de esta investigación, lo sigue la Sección II en donde se explican los datos empleados en el análisis. En la Sección III se describe la estrategia empírica y los resultados. Luego, en la Sección IV se presentan nuevas estimaciones para dar robustez a los resultados obtenidos del evento huelga en la GM. Este documento finaliza en la Sección V proporcionando las principales conclusiones de esta investigación.

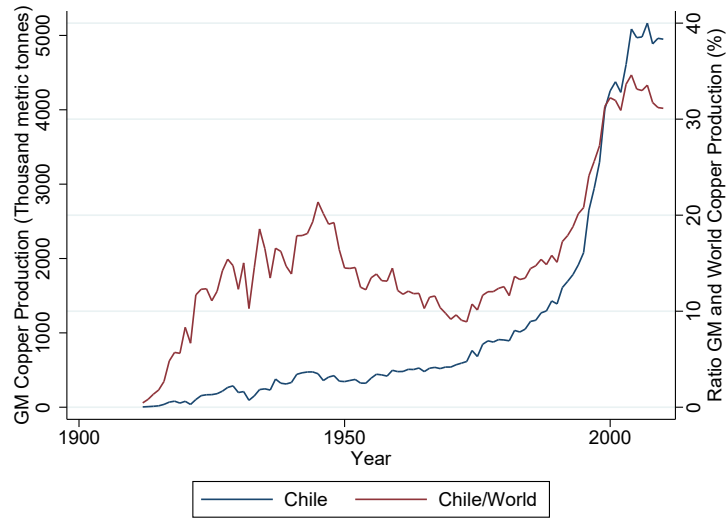
II. Datos

Las fechas de las huelgas mineras entre 1910-1973 se obtuvieron de los registros encontrados en el estudio de [Trazar \(2018\)](#), mientras que los registros entre 1974-2010 fueron obtenidos de [Armstrong and Águila \(2006\)](#). Las fechas fueron verificadas y completadas por medio de registros históricos obtenidos de diversos diarios y páginas web. Alcanzando un total de 109 huelgas registradas entre 1910-2010. Sin embargo, debido a que algunas huelgas ocurrieron el mismo día, se decidió mantener las huelgas que presentaron mayor número de trabajadores y duración, reduciendo la muestra a 105 huelgas. Posteriormente, para tener datos suficientes para las ventanas de estimación, se han mantenido los eventos con una separación de tiempo de al menos 30 días calendario, reduciendo el total de la muestra a 77 huelgas.

Los datos de producción por minera entre 1960-2010 fueron obtenidos de la Comisión Chilena del Cobre ([Cochilco, 2019](#)). Sin embargo, debido a la imposibilidad de encontrar datos de producción individuales para cada minera entre 1910-1959, se utilizaron los registros de la producción nacional de la GM pertenecientes a [Cliolab \(2016\)](#) de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Luego, tomando en consideración que entre 1910-1959 sólo existían tres mineras pertenecientes a este grupo, las que mantuvieron la producción anual sin importantes cambios (ver Figura 1), se decidió extrapolar para este periodo la participación en la producción del año 1960, estableciendo la producción individual de cada minera. Posteriormente a 1960 las condiciones de producción cambiaron debido a la entrada de nuevas mineras, las que aumentaron considerablemente los niveles de producción y la importancia relativa de Chile en el contexto mundial. Por otra parte, se utilizaron los precios diarios en centavos de dólar por libra, obtenidos de *Global Data*. La Figura 2 muestra los precios del cobre entre 1910-2010, además de los retornos continuos y, deja en evidencia que históricamente se han dado períodos de alta volatilidad, mostrando evidencia de presencia de volatility clustering en los precios del Cobre.

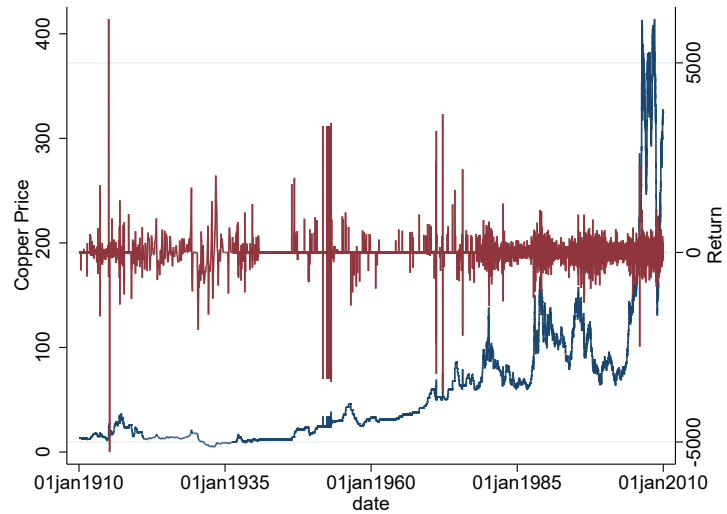
Con respecto al comportamiento de los retornos del cobre. Estos se han caracterizado por tener un promedio cercano a cero, con valores menores a su desviación estándar producto de un exceso positivo de curtosis y por no tener una distribución normal ([Sadorsky, 2014](#)). Algunos de estos hechos estilizados pueden observarse en el Cuadro 1, encontrando un retorno promedio de 1,39bps, con un valor de la desviación estándar de 169bps y con valores extremos muy distantes de su promedio. Otro dato importante, es la cantidad de días de cada huelga, ya que este dato le entrega una noción a los inversionistas y demandantes de cobre de cuánto tiempo podría extenderse la huelga y cuanta cantidad de producción está peligrando por este hecho. Tal como se observa en el Cuadro 1, el promedio de una huelga es de 17 días, alcanzado a llegar a 76 días. Entonces los agentes actuarían los primeros días tomando en cuenta una posible paralización prolongada de las actividades mineras. Por otra parte, para corroborar la no normalidad en los retornos del cobre, se realizó un gráfico q-q de ellos, encontrando que las colas de la distribución son más anchas que las de una normal, tal como se observa en el Gráfico 5 del anexo.

Figura 1: Serie de producción de Chile y del resto del mundo.



La figura muestra el nivel de producción anual de la Gran Minería de Chile (GM) medido en miles de toneladas entre 1910-2010. Las empresas de la GM son aquéllas que producen al menos 75.000 mil toneladas anuales de cobre en Chile. La figura también presenta el porcentaje de producción de las empresas de la GM en relación al mundo. Este porcentaje fue creado como el ratio entre el nivel de producción total anual de todas las empresas de la GM de Chile y la producción anual mundial entre los años 1910-2010.

Figura 2: Serie de precios nominales y retornos del Cobre.



La figura muestra los precios del cobre en centavos de dólar y los retornos logarítmicos creados como $\ln(\text{Price}_t / (\text{Price}_{t-1}) * 10000$, en puntos bases entre 1910-2010 .

Cuadro 1: Estadística descriptiva

Muestra total					
	Obs	Mean	Std Dev	Min	Max
<i>Precio del Cobre (cUS/lb)</i>	22811	62.2	66.2	4.87	414
<i>Retorno del Cobre (bps)</i>	22808	1.39	169	-5,265	6,156
<i>Duración (Días)</i>	77	17.32	17.38	1	76
<i>Producción (MT)</i>	77	203	231	9	1,272
<i>Producción de Chile (MT)</i>	100	1250	1587	36	5557
<i>Stocks de Cobre (MT)</i>	61	1112	389	522	2047
<i>RMM (%)</i>	77	.0413	.0217	.0046	.0971
Muestra estimada					
	Obs	Mean	Std Dev	Min	Max
<i>Precio del Cobre (cUS/lb)</i>	2480	54.8	67.9	4.87	390.45
<i>Retorno del Cobre (bps)</i>	2480	3.81	175	-3,335	3,335
<i>Duración (Días)</i>	2480	17	17	1	76
<i>Producción (TM)</i>	2448	204	231	9	1,272
<i>Producción de Chile (MT)</i>	2480	1081	1455	36	5557
<i>Stocks de Cobre (MT)</i>	1842	1100	340	522	1636
<i>RMM (%)</i>	2448	.17	.0721	.0404	.368

La tabla reporta la estadística descriptiva y estimada del total de la muestra. El *Precio del Cobre* corresponde a los precios diarios del cobre en centavos de dólar por libra con un promedio de 62.2 centavos por libra con una desviación estándar de 66.2 centavos, mientras que *Retorno del Cobre* corresponde al retorno logarítmico en puntos bases creados como $10000 \times \ln(\text{Precio del Cobre}_t / (\text{Precio del Cobre}_{t-1}))$ con un promedio de 1.38 puntos bases y una desviación estándar de 169 puntos bases. *Duración* es la cantidad de días de duración de cada huelga con un promedio de 17 días y una desviación estándar de 17 días. *Producción* es la producción anual en miles de toneladas de la minera que está en huelga con un promedio de 203 mil toneladas y una desviación de 231 mil toneladas de cobre anuales. *Producción de Chile* es la producción anual de Cobre en todo Chile en miles de toneladas con un promedio de 1250 mil toneladas y una desviación de 1587 mil toneladas de cobre anuales. *Stocks del Cobre* es la existencia de cobre disponible a nivel mundial anual con un promedio de 1112 toneladas y una desviación estándar de 389 mil toneladas. *RMM* es la razón entre la producción total anual de todas las empresas mineras de Chile con respecto a la producción total mundial y *RCM* es la razón entre la producción anual de la minera en huelga con respecto a la producción total mundial con un promedio de 4.1% y una desviación estándar de 2.2%.

III. Estrategia Empírica y Resultados

Los eventos de huelgas mineras de cobre, serán estudiados bajo distintas metodologías: primero a través de la metodología de estudio de eventos estándar (Fama et al., 1969), que permitirá presentar evidencia de cómo las huelgas afectan los retornos del cobre, mediante la obtención de los retornos anormales acumulados en una cierta cantidad de días alrededor del evento. Posteriormente, se realizarán estudios de eventos bajo controles binarios (Karafiath, 1988), lo que solucionará algunas problemáticas asociadas a la metodología de eventos estándar. Luego, para poder cuantificar la importancia de las huelgas ocurridas en mineras con mayores niveles de producción, se incorporará esta variable a la metodología de eventos bajo controles binarios. Cabe resaltar, que en nuestro estudio no corregiremos posibles problemas de endogeneidad, es decir, la posibilidad de que la decisión de ir a huelga, se vea afectada por movimientos recientes en los precios del cobre. De todas formas, esperamos en futuros estudios utilizar metodologías que aborden este problema. Adicionalmente, se realizarán estudios de eventos bajo controles binarios con variables interactivas de producción de las mineras, para de esta forma obtener el exceso de retorno de una huelga ocurrida en una minera más grande en niveles de producción. Finalmente, para corroborar lo obtenido previamente, se realizarán estimaciones DIF-DIF con el nivel de producción de las mineras, para obtener el exceso de retorno producido en huelgas con mayores niveles de producción.

III.1. CAR-OLS sin y con producción

Como primer enfoque para estudiar el impacto de las huelgas mineras en los retornos del cobre, utilizaremos el estudio de evento descrito inicialmente por Fama et al. (1969). Sin embargo, los retornos del cobre no poseen un benchmark, como sí ocurre en los retornos del precio de las acciones, por lo que utilizaremos el modelo *MAR* descrito por Brown and Warner (1985). Se utilizará como día del evento el momento en que se formaliza la huelga, para una venta anormal de tamaño S , que tendrá un máximo de 11 días que corresponde a 5 días antes y 5 días después del evento, más el día en que se observa el evento en estudio (ventanas anormales de 5 y 3 días). Para el periodo de estimación normal consideraremos una extensión de 20 días definida por T , con una brecha entre los periodos normal y anormal de 5 días. Estas brechas temporales se basan en que el mercado físico y financiero del cobre reaccionan en forma relativamente rápida, lo que también tiene una influencia en la brecha temporal entre huelgas, por lo que buscamos evitar estos potenciales traslapes. Por lo tanto, los retornos anormales (AR) serán calculado a partir de:

$$AR_{\tau} = R_{\tau} - \hat{R}_{\tau} \quad \forall \tau \quad (1)$$

Donde AR_t representa el retorno anormal del cobre para cada día en la ventana del evento, R_t es el retorno del cobre observado en la ventana del evento y \hat{R}_t corresponde al retorno predicho del cobre para la ventana del evento. Para predecir el retorno del cobre en el periodo anormal, utilizaremos los parámetros estimados a partir del modelo descrito en la ecuación (2) para el periodo normal T . Para lograr incorporar variables relevantes en el comportamiento de los retornos del cobre y observar los retornos anormales acumulados (*Cumulative Abnormal Return, CAR*) en ventanas más cortas, la estimación del modelo de la ecuación (2) será condicional a cuatro situaciones posibles. El primer grupo de estimaciones (*I*) representa el modelo básico *MAR* para el cual los parámetros β , δ y θ serán iguales a cero, conservando sólo el parámetro α ; en el caso del segundo grupo de estimaciones (*II*) tendremos que $\alpha \neq 0$ y $\beta \neq 0$, mientras que $\delta = 0$ y $\theta = 0$, lo cual permite considerar la duración del huelga a través de la variable L_t ; para el tercer grupo (*III*) los parámetros α , β y δ serán distintos de cero siendo sólo θ igual a 0,

permitiendo controlar por tamaño de la producción en GM , por medio de la variable Q_t que tomará el valor 1 si la producción de la minera pertenece al tercer decil más alto en $t \in T$; en el cuarto grupo (IV) de estimaciones se considera la Ecuación (2) en su totalidad, por lo que estamos controlando el efecto fijo año, lo que está representado por la variable y .

$$R_t = \alpha + \beta \cdot L_t + \delta \cdot Q_t + \theta \cdot y + \varepsilon_t \quad \forall t \in T \quad (2)$$

A partir de las estimaciones de los cuatro escenarios descritos en la ecuación (2), se obtuvieron los retornos predichos para la ventanas $S = 3, 5, 11$, los cuales se representan habitualmente con las combinaciones $CAR(-1, 1)$, $CAR(-2, 2)$ y $CAR(-5, 5)$, respectivamente. La elección de una ventana corta, $CAR(-1, 1)$, a una ventana larga $CAR(-5, 5)$ tiene la finalidad de visualizar empíricamente la velocidad de reacción del mercado ante la formalización de la huelga minera, ya que en Chile se debe publicar tres días antes de formalizar la huelga, el resultado de la votación⁵.

El hecho de que las huelgas en Chile sean anunciadas públicamente, implica que los inversionistas podrían obtener ganancias por sobre el mercado si no se cumple la hipótesis de eficiencia de mercado, la cual se puede establecer al demostrar la existencia de eficiencia semi-fuerte en el mercado financiero. Nuestros primeros resultados del estudio de evento indican que la hipótesis semi-fuerte de eficiencia de mercado, para la cual $H_0 : CAR = 0$, de acuerdo con los distintos grupos de estimaciones descritos en la ecuación (2) en donde se rechaza la hipótesis nula, tal como se describe en el Cuadro 2, evidencian que parece ir en la dirección de nuestra hipótesis de trabajo. Para la ventana más larga, en el $CAR(-5, 5)$, se rechaza la hipótesis nula en forma significativa, excepto cuando se controla por efecto fijo años, implicando que los $CARs$ se pueden ver afectados por hechos particulares que afecten los precios del cobre, como un cambio en leyes sindicales. Por otro lado, observamos que para la ventana corta, $CAR(-1, 1)$, el rechazo de la hipótesis nula de eficiencia de mercado es para un nivel de significancia del 5%, menos en el caso de controlar por efecto fijo año, donde el rechazo ocurre sólo en el orden del 10%. Esta evidencia muestra que, tanto la ventana larga, como la corta arrojan resultados esperados, aunque esta última es menos significativa, posiblemente debido a la diferencia de tiempo que hay en la compra y el posterior reflejo en el precio de mercado. Sin embargo, en el caso de la ventana $CAR(-2, 2)$ no es posible rechazar la hipótesis nula al 10%, lo cual debería responder a eventos particulares de la muestra, en las que se obtienen retornos anormales negativos en el segundo día previo y posterior al anuncio de huelga.

⁵Decreto ley No. 2758, promulgada el 29 de junio de 1979 y modificada el 6 de julio de 1987.

Cuadro 2: CAR ventana 20 días.

	Valor	Desv. std	Valor-t	Valor-p
Mean Ajusted Return (I)				
CAR(-5,5)	199.35	61.35	3.25	.002
CAR(-2,2)	39.75	29.18	1.36	.177
CAR(-1,1)	39.68	19.79	2.00	.048
Un factor (II)				
CAR(-5,5)	198.74	61.93	3.21	.002
CAR(-2,2)	39.42	29.49	1.34	.185
CAR(-1,1)	39.45	19.95	1.98	.052
Dos factores (III)				
CAR(-5,5)	187.24	60.78	3.07	.003
CAR(-2,2)	43.38	29.12	1.49	.140
CAR(-1,1)	42.17	19.77	2.13	.036
Dos factores + efecto fijo año (IV)				
CAR(-5,5)	179.70	85.97	2.09	0.040
CAR(-2,2)	35.81	33.19	1.08	0.284
CAR(-1,1)	34.60	19.85	1.74	0.085

La tabla reporta los CARs de los 77 eventos de la muestra, para diferentes ventanas del evento, obtenidas de la Ecuación (2) calculadas para un período de estimación de 21 días. Donde $R_{i,t}$ corresponde al retorno del cobre para el período t , α_i es el intercepto, $Q_{i,t}$ es una variable dicotómica que toma el valor 1 si la huelga ocurre en una minera perteneciente a los 3 deciles más altos en el nivel de producción en el año que ocurre la huelga y cero en caso de que los niveles de producción pertenezcan a los últimos 3 deciles, $L_{i,t}$ corresponde a la cantidad de días que duró la huelga y $\theta \cdot y_t$ es un efecto fijo tiempo año.

III.2. CAR-Panel sin producción

En esta parte, utilizaremos la metodología planteada por [Gibbons \(1980\)](#) y [Schipper and Thompson \(1983\)](#), quienes estiman un estudio de evento utilizando el método de panel. Esta metodología nos permite obtener los mismos coeficientes y errores estándar de la metodología de estudio de eventos propuesta por [Fama et al. \(1969\)](#), mediante la incorporación de variables binarias (dummies). Utilizaremos este método, además de las estimaciones *CAR* tradicionales, debido a que esta metodología resulta ser más eficiente, ya que requiere de un solo paso para la obtención de los coeficientes de los retornos anormales individuales, con sus respectivos errores de predicción. El modelo propuesto por [Karafiath \(1988\)](#) para el estudio de eventos con variables binarias está representado por la siguiente ecuación:

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \sum_{s=T+1}^{T+S} \eta_{i,s} D_{s,t} + \epsilon_{i,t} \quad t = 1, \dots, T, \quad T+1, \dots, t+N \quad (3)$$

Donde $R_{i,t}$ representa el retorno para cada activo i en el periodo t , α_i es el exceso de retorno del activo i sobre el índice de mercado, β_i es el coeficiente que mide el riesgo sistemático, R_{mt} es el retorno de mercado en el periodo t , $D_{s,t}$ es una variable binaria que toma el valor 1 en cada día de la ventana del evento y cero en otro lugar, $\eta_{i,s}$ es el retorno anormal para cada activo i en el periodo t y $\epsilon_{i,t}$ los residuos para cada activo i en el periodo t .

El modelo de la Ecuación (3), ha sido modificado para estimar el efecto de las huelgas en los precios del cobre, obteniendo como resultado la Ecuación (4). Al ser eventos para un solo activo en específico el retorno del cobre, $R_{i,t}$ pasa a ser simplemente R_t , que es el retorno del cobre en el tiempo t . Adicionalmente, al tratarse de un commodity que no presenta benchmark de mercado, no utilizaremos el R_{mt} , en su lugar, utilizaremos R_{t-1} que es el rezago de un día para el retorno del cobre. El motivo de agregar el retorno en rezago como predictor, es para incorporar el efecto momentum presente en commodities ([Zaremba et al., 2019](#)). Este efecto, es la tendencia de los activos que mostraron rendimientos altos a seguir teniendo un rendimiento superior en el futuro o viceversa. Debido a esto, los precios de los commodities que tiende una tendencia inherente en sus valores a lo largo del tiempo, probablemente sea reconocida por los traders, que ahora especulan con base en este conocimiento ([Buncic and Moretto, 2015](#)). Por otra parte, $D_{s,t}$ son un conjunto de variables binarias que toma el valor 1 cada día s de la ventana del evento y cero para el resto de los días. Como se mencionó previamente $\eta_{i,s}$ representa los retornos anormales, en nuestro caso los retornos del cobre producidos por los eventos de huelga. El valor de α , ahora también contiene un efecto fijo por cada evento μ_e más un efecto fijo tiempo año κ_y . Posteriormente, tal como fue realizado en el evento de estudios estándar, se utilizará como evento el día $t = 0$ la formalización de la huelga, con una ventana para el evento de 10 días (5 días antes y después de la formalización de la huelga). Mientras que el periodo de estimación, tendrá un total de 21 días (entre el día 26 al 6 previo al evento).

$$R_t = \alpha + \beta \cdot R_{t-1} + \sum_{s=-5}^5 \eta_s [D_{s,t}] + \mu_e + \kappa_y + \epsilon_t \quad (4)$$

Como mencionamos previamente, las huelgas tienen en promedio una duración de 17 días, por lo que se esperan alzas en los retornos no solo el día ocurrido del evento. Este hecho lo encontramos en nuestros resultados, con retornos anormales positivos y significativos desde el día posterior al evento, tal como se visualiza en el Cuadro 3. El retorno anormal empieza a ser significativo el día posterior a la formalización de la huelga, representado por D_{+1} , con un retorno anormal de $23bps$ con un nivel de significancia al 5%. El mayor aumento se produce en los cuatros días posteriores al evento, alcanzando los $61bps$ con un nivel de significancia al 10%. Es claro que el exceso de retorno se concentra posterior a la formalización de la huelga y se disipa en el quinto día. El motivo del mayor salto en el cuarto día, se podría deber a que transcurridos una cierta cantidad de días, el mercado asume que la huelga podría ser prolongada en el tiempo, provocando incertidumbre sobre la entrega de inventarios de cobre en el corto plazo. Posteriormente, obtuvimos los CARs para distintas ventanas del evento. Tal como se observa en el Cuadro 4, el CAR de la ventana (-5,5) obtenido es de $205bps$ con un nivel de significancia al 1%. Por otra parte, los valores del CAR (-1,1) son más altos en comparación al obtenido de la ventana (-2,2). Esto se debe a que los retornos anormales del día -2 y +2 son negativos, esto podría estar relacionado con la existencia de huelgas que no producen cambios en los precios, debido a su poca importancia relativa en los niveles de inventarios de cobre. Es interesante notar que los CARs estimados con MCO producen valores similares, pero con mayores valores-p, lo que implica que los controles de efecto fijo tiempo-año en el panel están controlando la heterogeneidad producida por variables omitidas variantes en el tiempo, tales como cambios de leyes respecto a las huelgas mineras. Además, podemos observar que controlar por el efecto momentum también disminuye la heterocedasticidad, lo que significa que los traders conocen la trayectoria que debería tener el precio del cobre en estos eventos.

Un hecho que llama la atención de nuestros resultados, son los retornos anormales negativos en algunos días de la ventana. Estos podrían ser causados debido a ciertos eventos que no producen un efecto en los precios. Un canal relevante en el aumento de los precios, podría ser la importancia relativa en los inventarios de cobre para el abastecimiento mundial. Para comprobar este hecho y al no tener datos de los inventarios, hemos usado como proxy el nivel de producción anual de cada empresa minera. Posteriormente, obtuvimos los CARs de la Ecuación (4) para dos diferentes muestras. Donde se seleccionaron los 10 eventos ocurridos en las mineras con mayores y menores niveles de producción con respecto al mundo respectivamente. De esta manera, se podrá observar si eventos ocurridos en mineras más grandes respecto a la producción mundial generan un efecto mayor en los retornos del cobre. En el Cuadro 5 podemos observar los CARs para ambas muestras. En el caso de huelgas ocurridas en mineras de gran tamaño, se genera un CAR de $418bp$ significativo al 10% en la ventana (-5,5). Además, el CAR(-2,2) es mayor al CAR(-1,1), confirmando de que los retornos anormales negativos de algunos días del evento, eran producto de huelgas que no tuvieron impacto en los precios. Por otra parte, el efecto en los eventos ocurrido en mineras de menor tamaño genera un CAR negativo de $-8bps$.

Cuadro 3: Estimación de estudio de eventos bajo controles binarios

VARIABLES	(1) Retorno	(2) Retorno	(3) Retorno	(4) Retorno	(5) Retorno
R_{t-1}	-0.0601 (-0.3082)		-0.0601 (-0.3112)		-0.0445 (-0.2825)
D_{-5}	4.4076 (0.2842)	3.4987 (0.2294)	4.4076 (0.2869)	3.4987 (0.2316)	4.1436 (0.2558)
D_{-4}	18.6184 (0.7102)	18.4093 (0.7059)	18.6184 (0.7172)	18.4093 (0.7128)	18.5364 (0.6731)
D_{-3}	17.9407 (0.9319)	16.8350 (0.9197)	17.9407 (0.9410)	16.8350 (0.9287)	17.6255 (0.8970)
D_{-2}	-5.9045 (-0.4714)	-6.9155 (-0.5600)	-5.9045 (-0.4760)	-6.9155 (-0.5655)	-6.1951 (-0.4522)
D_{-1}	3.1541 (0.2591)	3.5712 (0.3043)	3.1541 (0.2616)	3.5712 (0.3073)	3.2349 (0.2661)
D_0	14.6703 (1.0708)	14.3413 (1.0410)	14.6703 (1.0812)	14.3413 (1.0511)	15.9397 (1.1235)
D_{+1}	23.1848** (2.0088)	22.3336* (1.9179)	23.1848** (2.0284)	22.3336* (1.9366)	24.3184* (1.9339)
D_{+2}	-2.4690 (-0.2054)	-3.8008 (-0.3167)	-2.4690 (-0.2074)	-3.8008 (-0.3198)	-1.4604 (-0.1125)
D_{+3}	38.9977 (1.2256)	38.4904 (1.1988)	38.9977 (1.2375)	38.4904 (1.2105)	38.8381 (1.3245)
D_{+4}	60.7856* (1.8891)	58.4724* (1.7226)	60.7856* (1.9076)	58.4724* (1.7394)	60.1563* (1.8679)
D_{+5}	31.8496* (1.8295)	28.3349 (1.3509)	31.8496* (1.8474)	28.3349 (1.3640)	30.9078 (1.4849)
Constante	-3.2439 (-1.2140)	-3.0610 (-1.1060)	-3.2439 (-1.2259)	-3.0610 (-1.1168)	-3.3178 (-0.7014)
Observaciones	2,403	2,403	2,403	2,403	2,403
R-cuadrado	0.0233	0.0198	0.0233	0.0198	0.0082
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

La tabla reporta los resultados del estudio de eventos de huelgas mineras bajo controles binarios, representados en la Ecuación (4). Los coeficientes η_s asociados a la variable D_s , representan el retorno anormal producido cada día s del evento. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados y errores robustos en el caso del MCO presente en la quinta columna. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 4: CAR de estudio de eventos bajo controles binarios

Ventana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
CAR(-1,1)	41.0091*	40.2461*	41.0091*	40.2461*	43.4931*
	(1.8464)	(1.8576)	(1.8644)	(1.8757)	(1.7122)
CAR(-2,2)	32.6355	29.5298	32.6355	29.5298	35.8376
	(1.0319)	(0.9350)	(1.0420)	(0.9442)	(0.9401)
CAR(-5,5)	205.2351***	193.5707**	205.2351***	193.5707**	206.0455**
	(2.6694)	(2.2613)	(2.6955)	(2.2834)	(2.2480)
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

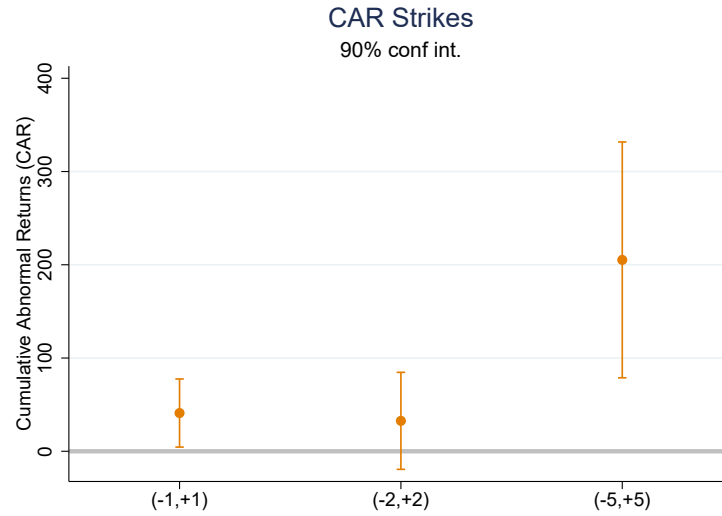
La tabla reporta los resultados de los CARs del estudio de eventos bajo controles binarios representados en la Ecuación (4). Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados y errores robustos en el caso del MCO presente en la quinta columna. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 5: CAR de eventos con altos y bajos niveles de producción con respecto al mundo

Ventana	(1) ALTO Q	(2) BAJO Q
CAR(-1,1)	107.9611**	22.8913
	(2.0322)	(0.5047)
CAR(-2,2)	126.5750**	-34.5055
	(2.2071)	(-0.4374)
CAR(-5,5)	417.6432*	-8.7280
	(1.8073)	(-0.0459)
FE Evento	YES	YES
FE Año	YES	YES

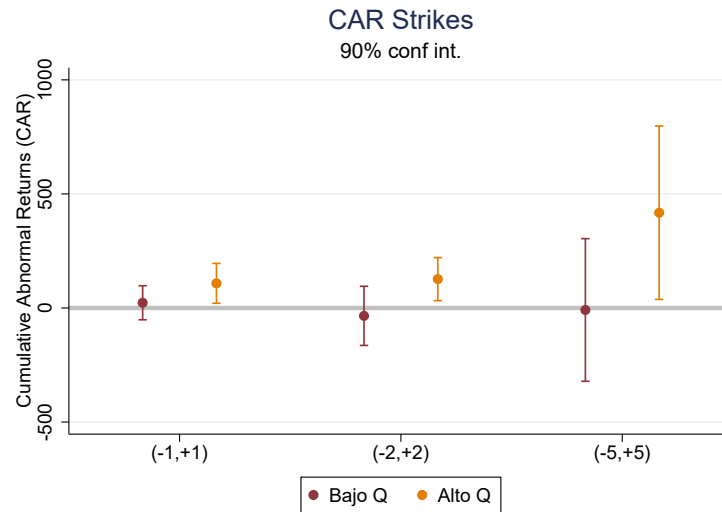
La tabla reporta los resultados de los CARs del estudio de eventos bajo controles binarios para dos sub-muestras, primero en una sub-muestra compuesta de las 10 huelgas ocurridas con el mayor% de importancia mundial de la muestra y posteriormente para las 10 huelgas ocurridas con el menor% de importancia mundial de la muestra en Chile. Las estimaciones son realizadas con errores clustering event. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Figura 3: Representación CAR(-5,5) estudio de eventos con dummies.



La figura muestra los CARs para distintas ventanas del evento con sus respectivos intervalos de confianza al 90 %, de la Ecuación (4), cuyos valores están presentes en el Cuadro 4.

Figura 4: Representación CAR(-5,5) estudio de eventos con dummies,



La figura muestra los CAR(-5,t) para las distintas ventanas del evento con sus respectivos intervalos de confianza al 90 % de la Ecuación (4), para los 10 eventos con mayor y menor nivel de producción con respecto al mundo respectivamente. Por ejemplo el valor -3, representa el CAR(-5,-3), que es la sumatoria de $\eta_{-5} + \eta_{-4} + \eta_{-3}$. El valor representa el CAR acumulado de esos tres días producto de un evento de huelga.

III.3. CAR-Panel con producción interactiva

En esta sección, se aprovecharán las facilidades mencionadas de estimar los estudios de eventos con la Ecuación (3), pero incorporando el nivel de producción de las mineras en cada evento. Debido a que la variable de producción minera era absorbida por los efectos fijos en las estimaciones previas, se incorporará como variable interactiva junto a los días del evento. De esta manera, se podrá encontrar el exceso de retorno producido por una unidad extra de producción. Luego, tomando en cuenta que los niveles de producción de Chile y su relación al mundo son relativamente bajos entre 1910-1960, producto de la no incorporación de gran cantidad de mineras privadas a la GM, se decidió por enfocar los resultados entre los años 1960-2010.

El nuevo modelo se puede observar en la Ecuación (5), donde R_t es el retorno del cobre en el tiempo t y R_{t-1} es el rezago de un día para el retorno del cobre. $[D_{s,t}]$ son un conjunto de variables binarias que toman el valor 1 cada día s de la ventana del evento y cero para el resto de los días y Q_t es el nivel de producción anual de la minera en huelga en el tiempo t . $[D_{s,t} \cdot Q_t]$ es la interacción entre cada variable binaria de los distintos días del evento y el nivel de producción anual de la minera en huelga. μ_e es un efecto fijo evento y κ_y es un efecto fijo tiempo año. Nuevamente el evento es el día $t = 0$ en la formalización de la huelga, con una ventana para el evento de 10 días (5 días antes y después de la formalización de la huelga). Mientras que el periodo de estimación, tendrá un total de 21 días (entre los días 26 al 6 previos al evento). El exceso de retorno de cada día s producido por un evento ocurrido en una minera, está dado por el coeficiente δ_s obtenido desde la Ecuación (7).

$$R_t = \beta \cdot R_{t-1} + \sum_{s=-5}^5 \eta_s [D_{s,t}] + \sum_{s=-5}^5 \delta_s [D_{s,t} \cdot Q_t] + \mu_e + \kappa_y + \epsilon_t \quad (5)$$

$$\frac{\partial R_t}{\partial D_{s,t}} = \eta_s + \delta_s \cdot \bar{Q}_t \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 R_t}{\partial Q_T \partial D_{s,t}} = \delta_s \quad (7)$$

Nosotros esperamos que entre mayor sea el nivel de producción de la minera, mayor debería ser el retorno del cobre debido a la mayor incertidumbre provocada por la cantidad de stock de cobre que podría no ser entregada. Históricamente las mineras en Chile, han tenido una importancia relevante en la producción mundial. De hecho, Chuquicamata producía cerca del 10% de la producción mundial (9,7%) en 1946. Lo planteado queda en evidencia en los resultados obtenidos en el Cuadro 7, donde podemos observar el exceso de retorno acumulado producido en una huelga de una minera 1000 toneladas mayor, correspondiente a la sumatoria de δ_s para diferentes ventanas del evento. Sin embargo, debido a que una minera 1000 toneladas mayor es una cantidad marginal para una minera, mostraremos el exceso de retorno producido en una minera con una desviación estándar más grande a otra. Para la ventana (-5,5) encontramos un exceso de retorno acumulado de $0,44bps \cdot 231 = 102bps$, es decir, una huelga ocurrida en una minera 231 mil toneladas mayor a otra, produce un exceso de retorno acumulado de $102bps$. Por otra parte, en el Cuadro 9, podemos observar el exceso de retorno producido entre 1910-1960. Los resultados difieren considerablemente, posiblemente por dos motivos. En primer lugar, las variaciones de precios en ese periodo eran poco frecuentes, pero mayores. En segundo lugar, Chile no era tan importante para la producción mundial y huelgas ocurridas, por ejemplo, en el Salvador, no era de gran interés para los mercados internacionales.

Cuadro 6: Estudio de evento con producción 1960-2010

VARIABLES	(1) Retorno	(2) Retorno	(3) Retorno	(4) Retorno	(5) Retorno
R_{t-1}	-0.1437*** (-3.6575)		-0.1437*** (-3.6922)		-0.1236** (-2.3707)
$[D_{-5} \cdot Q_t]$	-0.0945 (-0.8660)	-0.0677 (-0.6566)	-0.0945 (-0.8743)	-0.0677 (-0.6629)	-0.0941 (-0.8372)
$[D_{-4} \cdot Q_t]$	0.0544 (1.1041)	0.0663 (1.1437)	0.0544 (1.1146)	0.0663 (1.1545)	0.0527 (1.0488)
$[D_{-3} \cdot Q_t]$	0.0295 (0.3512)	0.0221 (0.2643)	0.0295 (0.3546)	0.0221 (0.2668)	0.0251 (0.3234)
$[D_{-2} \cdot Q_t]$	-0.0469 (-0.4799)	-0.0480 (-0.5183)	-0.0469 (-0.4844)	-0.0480 (-0.5232)	-0.0505 (-0.5508)
$[D_{-1} \cdot Q_t]$	0.1595*** (2.9009)	0.1685*** (2.8631)	0.1595*** (2.9284)	0.1685*** (2.8903)	0.1574** (2.5159)
$[D_0 \cdot Q_t]$	0.0497 (1.1468)	0.0276 (0.5785)	0.0497 (1.1577)	0.0276 (0.5839)	0.0432 (1.2029)
$[D_{+1} \cdot Q_t]$	0.0390 (0.4676)	0.0372 (0.4553)	0.0390 (0.4721)	0.0372 (0.4597)	0.0354 (0.4728)
$[D_{+2} \cdot Q_t]$	0.0976 (0.9611)	0.0944 (0.8810)	0.0976 (0.9702)	0.0944 (0.8894)	0.0938 (0.8927)
$[D_{+3} \cdot Q_t]$	0.0811 (0.8062)	0.0697 (0.6645)	0.0811 (0.8139)	0.0697 (0.6708)	0.0761 (0.8240)
$[D_{+4} \cdot Q_t]$	-0.0332 (-0.2265)	-0.0411 (-0.3034)	-0.0332 (-0.2286)	-0.0411 (-0.3063)	-0.0376 (-0.2768)
$[D_{+5} \cdot Q_t]$	0.1025 (0.9848)	0.1105 (1.0537)	0.1025 (0.9941)	0.1105 (1.0637)	0.1002 (1.0567)
Constante	2.7147 (1.0779)	2.1699 (0.9725)	2.7147 (1.0881)	2.1699 (0.9817)	2.6541 (0.6676)
Observaciones	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359
R-cuadrado	0.0580	0.0384	0.0580	0.0384	0.0358
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

La tabla reporta los resultados del estudio de eventos con producción interactiva, representados en la Ecuación (5) entre 1960-2010. La segunda columna presenta los resultados de la Ecuación (5), con efecto fijo evento y año. La tercera columna presenta los resultados de la Ecuación (5) sin considerar R_{t-1} en la estimación. La cuarta columna presenta los resultados de la Ecuación (5) sin efecto fijo año. Los coeficientes δ_s asociados a la variable $[D_s \cdot Q_t]$, representan el retorno anormal producido por una minera mil toneladas mayor a otra, cada día s del evento. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados. */**/***/*** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 7: Exceso de retorno por producción 1960-2010

Ventana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$\Delta(-1,1)$	0.2482*** (4.0219)	0.2333*** (4.0414)	0.2482*** (4.0600)	0.2333*** (4.0798)	0.2360** (2.2692)
$\Delta(-2,2)$	0.2989*** (4.8057)	0.2797*** (6.1288)	0.2989*** (4.8514)	0.2797*** (6.1870)	0.2793 (1.6071)
$\Delta(-5,5)$	0.4387 (1.6369)	0.4396* (1.6879)	0.4387* (1.6525)	0.4396* (1.7039)	0.4017 (1.3629)
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

La tabla reporta los resultados de los excesos de retornos acumulados del estudio de eventos con producción interactiva representados en la Ecuación (5) entre 1960-2010. La segunda columna presenta los excesos de retornos acumulados obtenidos de la Ecuación (5) con efecto fijo evento y año. La tercera columna presenta los excesos de retornos acumulados obtenidos de la Ecuación (5) sin considerar R_{t-1} . La cuarta columna presenta los resultados de los excesos de retornos acumulados sin efecto fijo año. Los distintos valores de las estimaciones corresponden a la sumatoria de δ_s para diferentes ventanas del evento, que definen el exceso de retorno acumulado del evento producido por una minera mil toneladas mayor a otra, cada día s del evento. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 8: Estudio de evento con producción 1910-1960

VARIABLES	(1) Retorno	(2) Retorno	(3) Retorno	(4) Retorno	(5) Retorno
R_{t-1}	-0.0444 (-0.1656)		-0.0444 (-0.1672)		-0.0253 (-0.1098)
$[D_{-5} \cdot Q_t]$	-0.3204 (-0.5295)	-0.2394 (-0.6844)	-0.3204 (-0.5347)	-0.2394 (-0.6910)	0.1466 (0.2926)
$[D_{-4} \cdot Q_t]$	0.4833 (0.4865)	0.4976 (0.5307)	0.4833 (0.4912)	0.4976 (0.5359)	0.9217 (0.8313)
$[D_{-3} \cdot Q_t]$	-0.0272 (-0.0775)	-0.0456 (-0.1305)	-0.0272 (-0.0782)	-0.0456 (-0.1317)	0.3972 (0.7037)
$[D_{-2} \cdot Q_t]$	-0.1468 (-0.7506)	-0.1411 (-0.6664)	-0.1468 (-0.7579)	-0.1411 (-0.6728)	0.2879** (2.0574)
$[D_{-1} \cdot Q_t]$	-0.3170 (-1.2150)	-0.3070 (-1.1239)	-0.3170 (-1.2268)	-0.3070 (-1.1348)	0.1196 (0.6463)
$[D_0 \cdot Q_t]$	-0.1537 (-0.2692)	-0.1369 (-0.2370)	-0.1537 (-0.2719)	-0.1369 (-0.2393)	0.2111 (0.3831)
$[D_{+1} \cdot Q_t]$	-0.2897* (-1.7128)	-0.2809 (-1.5729)	-0.2897* (-1.7295)	-0.2809 (-1.5882)	0.0716 (0.8991)
$[D_{+2} \cdot Q_t]$	-0.5165*** (-3.0233)	-0.5014** (-2.6420)	-0.5165*** (-3.0527)	-0.5014** (-2.6678)	-0.1524* (-1.7633)
$[D_{+3} \cdot Q_t]$	-2.3852 (-1.2823)	-2.3229 (-1.1502)	-2.3852 (-1.2948)	-2.3229 (-1.1614)	-1.9262 (-1.0788)
$[D_{+4} \cdot Q_t]$	-1.0769 (-0.6305)	-0.9701 (-0.5198)	-1.0769 (-0.6367)	-0.9701 (-0.5248)	-0.5988 (-0.3537)
$[D_{+5} \cdot Q_t]$	-1.7191 (-1.5661)	-1.6723 (-1.4180)	-1.7191 (-1.5814)	-1.6723 (-1.4318)	-1.2667 (-1.2912)
Constant	-10.6215** (-2.2557)	-10.0810* (-1.8332)	-10.6215** (-2.2777)	-10.0810* (-1.8510)	-10.7432 (-0.9664)
Observaciones	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
R-cuadrado	0.0449	0.0430	0.0449	0.0430	0.0285
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

La tabla reporta los resultados del estudio de eventos con producción interactiva, representados en la Ecuación (5) entre 1960-2010. La segunda columna presenta los resultados de la Ecuación (5), con efecto fijo evento y año. La tercera columna presenta los resultados de la Ecuación (5) sin considerar R_{t-1} en la estimación. La cuarta columna presenta los resultados de la Ecuación (5) sin efecto fijo año. Los coeficientes δ_s asociados a la variable $[D_s \cdot Q_t]$, representan el retorno anormal producido por una minera mil toneladas mayor a otra, cada día s del evento. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 9: Exceso de retorno por producción 1910-1960

Ventana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$\Delta(-1,1)$	-0.7604 (-0.9569)	-0.7249 (-0.8904)	-0.7604 (-0.9662)	-0.7249 (-0.8990)	0.4022 (0.6782)
$\Delta(-2,2)$	-1.4238 (-1.3764)	-1.3673 (-1.2455)	-1.4238 (-1.3899)	-1.3673 (-1.2576)	0.5377 (0.8442)
$\Delta(-5,5)$	-6.4694* (-1.6791)	-6.1200 (-1.3744)	-6.4694* (-1.6955)	-6.1200 (-1.3878)	-1.7885 (-0.5997)
FE Evento	YES	YES	YES	YES	NO
FE Año	YES	YES	NO	NO	NO

La tabla reporta los resultados de los excesos de retornos acumulados del estudio de eventos con producción interactiva representados en la Ecuación (5) entre 1910-1960. La segunda columna presenta los excesos de retornos acumulados obtenidos de la Ecuación (5) con efecto fijo evento y año. La tercera columna presenta los excesos de retornos acumulados obtenidos de la Ecuación (5) sin considerar R_{t-1} . La cuarta columna presenta los resultados de los excesos de retornos acumulados sin efecto fijo año. Los distintos valores de las estimaciones corresponden a la sumatoria de δ_s para diferentes ventanas del evento, que definen el exceso de retorno acumulado del evento producido por una minera mil toneladas mayor a otra, cada día s del evento. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

III.4. DIF-DIF con producción interactiva

La última estrategia empírica consistirá en una estimación de diferencias en diferencias, para ver el efecto producido por huelgas incorporando el nivel de producción de la minera. El objetivo de utilizar esta metodología, es observar el exceso de retorno diferenciando entre mineras de altos y bajos niveles de producción y de esta manera confirmar lo obtenido a través del estudio de eventos con dummies.

El modelo a estimar está dado por la Ecuación (8), donde R_t es el retorno logarítmico en puntos bases del cobre en el tiempo t y R_{t-1} es el rezago de un día para el retorno del cobre. $D_{s,t}$ es una variable binaria que toma el valor 1 para cada día s de la ventana del evento y cero para el resto de los días y Q_t es el nivel de producción anual de la minera que está en huelga en miles de toneladas para cada día t . $[D_{s,t} \cdot Q_{s,t}]$ es una variable interactiva entre la variable binaria que representa la ventana del evento con el valor de la producción anual de la minera en huelga para cada día s de la ventana del evento y cero para el resto de los días. μ_e es un efecto fijo evento y κ_y es un efecto fijo tiempo año. Posteriormente, tal como fue realizado en los eventos en estudio, se utilizará como evento el día $t = 0$ la formalización de la huelga, con una ventana para el evento de 10 días (5 días antes y después de la formalización de la huelga). Mientras que el periodo de estimación, tendrá un total de 21 días (entre el día 26 al 6 previo al evento).

$$R_t = \beta \cdot R_{t-1} + \eta \cdot D_{s,t} + \delta \cdot [D_s \cdot Q_{s,t}] + \mu_e + \kappa_y + \epsilon_t \quad (8)$$

Al igual que en el estudio de eventos con variable interactiva, nosotros encontramos un mayor retorno al controlar por la producción anual de las mineras. Este hecho se hace visible al realizar la estimación mediante DIF-DIF, presente en el Cuadro 10. Nosotros encontramos para la ventana (-1,1), un valor del coeficiente δ positivo de $0,0759bps$, es decir, existe $0,0759bps \cdot 3 \cdot 231 = 53bps$ de exceso de retorno cuando la huelga ocurre en una minera 1 desviación estándar en miles de toneladas mayor a otra. Por otra parte, en el caso de la ventana del evento (-5,5), el valor del coeficiente δ es de $0,0399bps$, este valor implica que existe $0,0399bps \cdot 3 \cdot 231 = 101bps$ extra de exceso de retorno si la huelga ocurre en una minera 1 desviación estándar en miles de toneladas mayor a otra. Es interesante notar, que en términos de magnitud la metodología actual nos entrega un valor similar que, en el estudio de eventos con variable interactiva, cuyo exceso de retorno fue $102bps$ para la ventana (-5,5).

Cuadro 10: Estudio de evento con producción 1960-2010

	(1)	(2)	(3)
R_{t-1}	-0.1420*** (-4.0519)	-0.1422*** (-4.1006)	-0.1420*** (-4.0903)
$D_{(-1,1)}$	-14.1231 (-1.3505)		
$D \cdot Q_{(-1,1)}$	0.0759*** (3.9030)		
$D_{(-2,2)}$		-18.0149* (-1.7395)	
$D \cdot Q_{(-2,2)}$		0.0543*** (5.4903)	
$D_{(-5,5)}$			-0.4780 (-0.0551)
$D \cdot Q_{(-5,5)}$			0.0399 (1.6497)
Constante	5.7561*** (5.3982)	6.9156*** (4.2811)	2.7083 (1.0793)
Observaciones	1,359	1,359	1,359
R-cuadrado	0.0399	0.0393	0.0405
FE Evento	YES	YES	YES
FE Año	YES	YES	YES

La tabla reporta los resultados de la Ecuación (8) entre 1960-2010. Los distintos valores de D corresponden a los días que la variable binaria toma el valor de 1. Por ejemplo, $D_{(-5,3)}$ toma valor 1 entre los días -5 y 3 de la ventana y cero en otro caso. La variable $D_{s,t}$ no fue absorbida por el efecto fijo día del evento, debido a que ésta solo toma el valor 1 dentro de la ventana estimada y cero en otro caso, mientras que el efecto fijo del evento siempre tiene el mismo valor tanto en la ventana como fuera de ella. Las estimaciones son realizadas con errores de eventos agrupados. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

IV. Análisis de robustez de la producción del evento

En esta sección se realizarán las estimaciones de estudios de eventos utilizando distintas medidas de producción. De esta manera, podremos observar qué tan relevante es el contexto externo a las mineras en afectar los retornos del cobre, tras el evento de huelga.

IV.1. Efecto producción nacional

La primera medida de producción alternativa a la minera estimada es el nivel de producción total de Chile. Esta modificación se ha realizado debido a que los traders y demandantes del mineral podrían asumir un mayor nivel de incertidumbre cuando Chile concentra un mayor nivel de producción. En el Cuadro

14, podemos observar que el valor del coeficiente del $CAR(-5,5)$ es de $0,0618bps$, lo que significa que en alrededor de toda la ventana de la huelga, se produce un exceso de retorno de $0,0618bps \cdot 1587 = 98bps$ cuando la producción nacional es una desviación estándar más grande. Este resultado, deja en evidencia que es más relevante en un evento de huelga, el nivel de producción de la minera, que el panorama general de Chile.

IV.2. Efecto producción nacional con respecto al mundo

La segunda medida de producción es la razón entre el rezago de la producción nacional anual con respecto a la producción nacional mundial, ya que probablemente es más relevante una huelga en Chile cuando su importancia en la producción total mundial es mayor. En el Cuadro 15, podemos observar que el valor del coeficiente del $CAR(-5,5)$ es de $1487bps$, lo que significa que alrededor de toda la ventana de la huelga, se produce un exceso de retorno de $1487bp \cdot 0,0217 = 32bps$ cuando la relación entre Chile y el mundo en términos de la producción, es una desviación estándar más grande. Este resultado es menor al obtenido con el nivel de producción de la minera. Esto nos da un indicio de que el panorama internacional es menos relevante que la minera en huelga.

IV.3. Efecto stock inventarios de cobre mundial

Como última medida alternativa de producción, hemos utilizado el stock de inventarios de cobre en el mundo. Lo que a priori, representa un mejor panorama de escasez o sobreoferta a nivel global. El inconveniente de nuestros datos, es que sólo están disponibles en forma anual y desde 1950, presentando poca variación de un año a otro. Lo ideal hubiese sido tener los datos en una frecuencia más alta, lo que no fue posible en la presente investigación. En el Cuadro 16, podemos observar que el valor del coeficiente del $CAR(-5,5)$ es de $0,0065bps$, lo que significa que en alrededor de toda la ventana de la huelga, se produce un exceso de retorno de $0,0065 \cdot 389 = 3bps$ cuando el stock de producción, es una desviación estándar más grande. El efecto de todas las medidas de producción utilizadas, se encuentra en el Cuadro 11, donde podemos observar que se mantiene el efecto positivo de los eventos de huelgas en los retornos del commodity. Aunque con un efecto muy bajo producido por el stock de cobre, lo que se debería a la poca variación de un año a otro.

Cuadro 11: Resumen efecto en $CAR(-5,5)$ con diferentes medidas de tamaño

Variable	Efecto total
<i>Producción por minera</i>	102bps
<i>Producción de Chile</i>	98bps
<i>RMM</i>	32bps
<i>Stock de inventario</i>	2bps

La tabla reporta los retornos anormales acumulados producidos por huelgas, controlando por diferentes medidas de tamaño ante la variación de una desviación estándar de la medida respectiva.

V. Conclusión

En los últimas décadas el cobre ha generado un creciente interés en los mercados financieros debido a su rol como activo de cobertura y diversificador (Belousova and Dorfleitner, 2012; Erb and Harvey, 2006), permitiendo de esta manera, aumentar los retornos de los portafolios y reducir sus niveles de riesgo. Por otra parte, Chile se ha caracterizado históricamente por ser uno de los principales productores de cobre a nivel mundial (de Solminihac et al., 2018) y ha presentado un historial recurrente de actividades sindicales dentro de su grupo de trabajadores. Estos eventos preocupan al mercado financiero debido a la incertidumbre provocada por la posible paralización de la producción de las mineras, las cuales, podrían terminar afectando el precio del cobre. Dada la importancia de estos eventos, estudiamos el efecto de las huelgas mineras en los precios de este mineral con una base exclusiva de 100 años de huelgas ocurridas en Chile. Para estimar este efecto, utilizamos los métodos de estudios de eventos y DIF-DIF, encontrando evidencia significativa de que las huelgas en Chile tienen un efecto positivo y significativo en los retornos del precio del cobre en el corto plazo.

Nuestra evidencia da cuenta de que la paralización de actividades debido a las huelgas ocurridas en Chile, tiene un efecto positivo en los precios del cobre. Estos resultados, concuerdan con la Teoría de Almacenamiento (Geman and Smith, 2013). Nuestro estudio también muestra que en promedio las huelgas ocurren una vez al año, y que las mineras pertenecientes a la GM representan en promedio cerca del 4% de la producción mundial, las que terminan generando un alza del 2% en los retornos del cobre (200 bps) en el corto plazo al ocurrir la huelga (11 días alrededor del evento). Por otro lado, las huelgas son de conocimiento público previo a su formalización, lo que implica que todos los inversores están conscientes de la posible paralización de la producción y como la ventana del CAR resultó ser significativa en forma consecutiva por varios días, aumentando los precios en vez de estabilizarse, confirma el rechazo de la eficiencia semi-fuerte en el mercado del commodity.

Nuestra investigación también arrojó evidencia de que el aumento en los retornos del cobre se ve exacerbado cuando la huelga ocurre en una minera con altos niveles de producción relativa a la producción mundial (PM). Encontramos que huelgas ocurridas en mineras con bajo nivel de producción (menor al 2% PM) se genera un $CAR(-5, 5)$ prácticamente cercano a cero no significativo, mientras que para las mineras con altos niveles de producción (mayor a 6% PM) se genera un $CAR(-5, 5)$ de 418bps en forma significativa. Una posible explicación sería que, en mineras con mayores niveles de producción, los trabajadores también cuentan con un mayor poder de negociación, causando un mayor nivel de incertidumbre en los mercados financieros ante una eventual paralización de las actividades y su posible duración. Además, realizamos estimaciones incorporando la producción anual de las mineras como variable interactiva. Encontrando para la ventana (-5,5), un exceso de retorno entre 101bps y 102bps. Finalmente, tomando en cuenta los hallazgos de nuestra investigación, una pregunta para discutir en el futuro es, ¿qué tan factible sería realizar una estrategia de trading que resulte en retornos anormales recurrentes? Este hecho es tentador debido a las alzas obtenidas en el corto plazo. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que en nuestro estudio asumimos que la huelga efectivamente se realizará, lo que no siempre ocurre en este tipo de eventos.

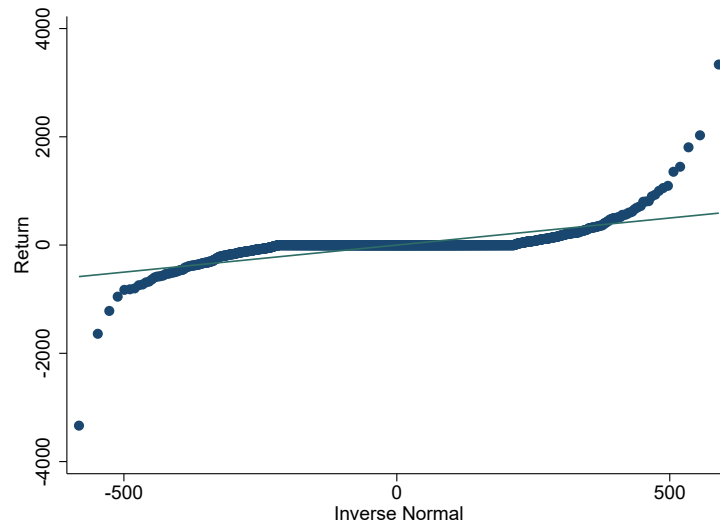
Referencias

- Afik, Z., Haim, R., and Lahav, Y. (2019). Advance notice labor conflicts and firm value—an event study analysis on israeli companies. *Finance Research Letters*, 31.
- Agyei-Ampomah, S., Gounopoulos, D., and Mazouz, K. (2014). Does gold offer a better protection against losses in sovereign debt bonds than other metals? *Journal of Banking & Finance*, 40:507–521.
- Arezki, R., Loungani, P., Van der Ploeg, R., and Venables, A. J. (2014). Understanding international commodity price fluctuations.
- Armstrong, A. and Águila, Á. B. (2006). *Evolución del conflicto laboral en Chile: 1961-2002*. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Batten, J. A., Ciner, C., and Lucey, B. M. (2010). The macroeconomic determinants of volatility in precious metals markets. *Resources Policy*, 35(2):65–71.
- Belousova, J. and Dorfleitner, G. (2012). On the diversification benefits of commodities from the perspective of euro investors. *Journal of Banking & Finance*, 36(9):2455–2472.
- Brown, S. J. and Warner, J. B. (1985). Using daily stock returns. *Journal of Financial Economics*, 14:3–31.
- Buncic, D. and Moretto, C. (2015). Forecasting copper prices with dynamic averaging and selection models. *The North American Journal of Economics and Finance*, 33:1–38.
- Chan, W. H. and Young, D. (2006). Jumping hedges: An examination of movements in copper spot and futures markets. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 26(2):169–188.
- Chang, E. C., Chen, C., and Son-Nan, C. (1990). Risk and return in copper, platinum and silver futures. *The Journal of Futures Markets (1986-1998)*, 10(1):29.
- Cliolab (2016). Economic History and Cliometrics Lab. Base de Datos. <http://cliolab.economia.uc.cl/BD.html>.
- Cochilco (2019). Comisión chilena del cobre. Producción minera. <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Bases-de-Datos.aspx>.
- Creti, A., Joëts, M., and Mignon, V. (2013). On the links between stock and commodity markets’ volatility. *Energy Economics*, 37:16–28.
- Crowson, P. (2007). The copper industry 1945–1975. *Resources Policy*, 32(1-2):1–18.
- de Solminihac, H., Gonzales, L. E., and Cerda, R. (2018). Copper mining productivity: lessons from chile. *Journal of Policy Modeling*, 40(1):182–193.
- Donchian, R. D. (1960). Commodities: High finance in copper. *Financial Analysts Journal*, 16(6):133–142.
- Erb, C. B. and Harvey, C. R. (2006). The strategic and tactical value of commodity futures. *Financial Analysts Journal*, 62(2):69–97.
- Fama, E. F., Fisher, L., Jensen, M. C., and Roll, R. (1969). The adjustment of stock prices to new information. *International economic review*, 10(1):1–21.
- Fernandez, V. (2018). Copper mining in chile and its regional employment linkages. *Resources Policy*.

- Fisher, F. M., Cootner, P. H., and Baily, M. N. (1972). An econometric model of the world copper industry. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, pages 568–609.
- Gang, L. and Yong, L. (2015). Forecasting copper futures volatility under model uncertainty, resources policy. *The International Journal of Minerals Policy and Economics*, 46:167–176.
- Garrido Trazar, S. (2014). Niveles de vida y conflictividad laboral en los obreros de la gran minería del cobre, 1911-1991.
- Geman, H. and Smith, W. O. (2013). Theory of storage, inventory and volatility in the lme base metals. *Resources Policy*, 38(1):18–28.
- Gibbons, M. R. (1980). *Econometric Methods for Testing a Class of Financial Models:—an Application of the Nonlinear Multivariate Regression Model*. PhD thesis, University of Chicago, Department of Economics.
- Guzmán, J. I. and Silva, E. (2018). Copper price determination: fundamentals versus non-fundamentals. *Mineral Economics*, 31(3):283–300.
- Jacks, D. S. and Stuermer, M. (2020). What drives commodity price booms and busts? *Energy Economics*, 85:104035.
- Karafiath, I. (1988). Using dummy variables in the event methodology. *Financial Review*, 23(3):351–357.
- Lasheras, F. S., de Cos Juez, F. J., Sánchez, A. S., Krzemień, A., and Fernández, P. R. (2015). Forecasting the comex copper spot price by means of neural networks and arima models. *Resources Policy*, 45:37–43.
- Liu, C., Hu, Z., Li, Y., and Liu, S. (2017). Forecasting copper prices by decision tree learning. *Resources Policy*, 52:427–434.
- Lombardi, M. J. and Ravazzolo, F. (2016). On the correlation between commodity and equity returns: implications for portfolio allocation. *Journal of Commodity Markets*, 2(1):45–57.
- Morales, L. and Andreosso-O’Callaghan, B. (2011). Comparative analysis on the effects of the asian and global financial crises on precious metal markets. *Research in International Business and Finance*, 25(2):203–227.
- Öztek, M. F. and Öcal, N. (2017). Financial crises and the nature of correlation between commodity and stock markets. *International Review of Economics & Finance*, 48:56–68.
- Sadorsky, P. (2014). Modeling volatility and correlations between emerging market stock prices and the prices of copper, oil and wheat. *Energy Economics*, 43:72–81.
- Schipper, K. and Thompson, R. (1983). The impact of merger-related regulations on the shareholders of acquiring firms. *Journal of Accounting research*, pages 184–221.
- Spilimbergo, A. (2002). Copper and the chilean economy, 1960-98. *The Journal of Policy Reform*, 5(2):115–126.
- Sverdrup, H. U., Ragnarsdottir, K. V., and Koca, D. (2014). On modelling the global copper mining rates, market supply, copper price and the end of copper reserves. *Resources, Conservation and Recycling*, 87:158–174.
- Trazar, S. G. (2018). Evolución de la huelga en la gran minería del cobre 1911-1991. *Revista Perfiles Económicos*, (2).
- Zaremba, A., Mikutowski, M., Szczygielski, J. J., and Karathanasopoulos, A. (2019). The alpha momentum effect in commodity markets. *Energy Economics*, page 104421.

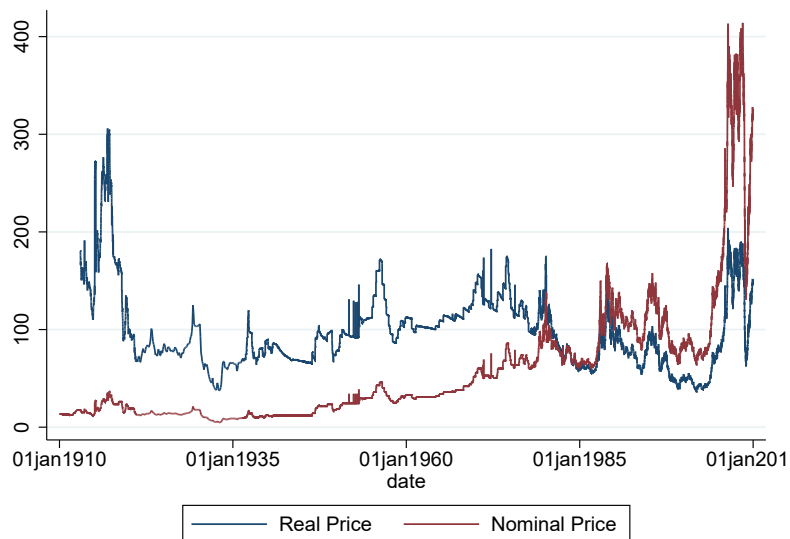
VI. Anexo

Figura 5: Gráfico cuantiles-normal.



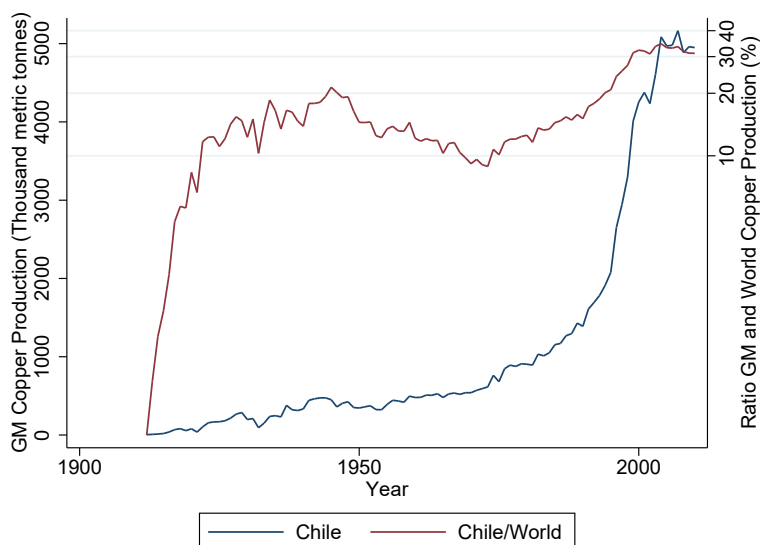
La figura muestra un gráfico cuantil-cuantil, obtenido de la comparación entre la distribución de los retornos del cobre contra una distribución normal para el periodo comprendido entre 1910-2010. Los retornos son creados como $\ln(\text{Price}_t / \text{Price}_{t-1}) * 10000$, obteniendo retornos medidos en puntos bases.

Figura 6: Serie de producción de Chile y del resto del mundo.



La figura muestra el nivel de producción anual de la Gran Minería de Chile (GM) medido en miles de toneladas y la razón entre el nivel de producción de la GM de Chile en relación al mundo entre los años 1910-2010.

Figura 7: Serie de producción de Chile y del resto del mundo.



La figura muestra el nivel de producción anual de la Gran Minería de Chile (GM) medido en miles de toneladas y la razón entre el nivel de producción de la GM de Chile en relación al mundo entre los años 1910-2010 en escala logarítmica.

Cuadro 12: Regresiones CAR método 1

VARIABLES	(1) Retorno	(2) Retorno	(3) Retorno	(4) Retorno
L		0.163 (1.022)	0.381 (1.260)	0.0938 (0.207)
Q			15.40 (0.917)	9.144 (0.167)
Constant	-2.464 (-0.566)	-5.249 (-0.820)	-19.56 (-0.986)	-7.489 (-0.0952)
Observations	1,626	1,626	959	959
R-squared	0.000	0.000	0.002	0.041
FE YEAR	NO	NO	NO	YES

La tabla reporta los resultados de la ecuación (2), calculadas para un período de estimación de 20 días. Donde $R_{i,t}$ corresponde al retorno del cobre calculado como $\ln(\text{Precio}/L1.\text{Precio})$, α_i es el intercepto, $Q_{i,t}$ es una variable dicotómica que toma el valor 1 si la huelga ocurre en una minera perteneciente a los 3 deciles más altos en el nivel de producción en el año que ocurre la huelga y cero en otro caso, $L_{i,t}$ corresponde a la cantidad de días que duró la huelga y $\theta \cdot y_t$ es un efecto fijo tiempo año. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 13: Producción nacional de cobre por minera de la muestra

Década	Andina	Candelaria	Chuquicamata	Collahuasi	ElTeniente	Escondida	LlomasBayas	Salvador	Spence
1960			271.5		160.1			79.05	
1970	51		373.8		221.8			82.50	
1980	93.60		540.6		322.1			93.65	
1990	149.2	152.7	634.5	241.3	320.3	558.3	32	88.15	
2000	233.8	185.7	613.1	451.7	386.6	1103	61.10	71.95	115
2010	219.5	138.7	363.3	466.6	444.8	1074	73.39	60.83	174.6

La tabla reporta la producción en miles de toneladas de las empresas de cobre de nuestra muestra entre 1960-2010.

Cuadro 14: Exceso de retorno con producción de Chile

Ventana'	(1)	(2)	(3)
$\Delta(-1,1)$	0.0284** (2.1502)	0.0271** (2.3419)	0.0284** (2.1300)
$\Delta(-2,2)$	0.0375* (1.7126)	0.0335* (1.7707)	0.0375* (1.6965)
$\Delta(-5,5)$	0.0618 (1.1442)	0.0593 (1.2283)	0.0618 (1.1335)
Observaciones	1,359	1,359	1,359
FE Evento	YES	YES	YES
FE Año	YES	YES	NO

La tabla reporta los resultados de La Ecuación (5). Los distintos valores corresponden a la sumatoria de δ_s para las diferentes ventanas del evento, que definen el exceso de retorno acumulado en un evento de huelga ocurrido en una minera mayor en 1000 toneladas de producción. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 15: Exceso de retorno con razón entre Chile y el Mundo

Ventana	(1)	(2)	(3)
$\Delta(-1,1)$	659.7775** (2.2350)	623.6941** (2.3981)	659.7775** (2.2140)
$\Delta(-2,2)$	907.3936* (1.8797)	815.0963* (1.9509)	907.3936* (1.8620)
$\Delta(-5,5)$	1,486.6567 (1.3233)	1,426.3396 (1.4151)	1,486.6567 (1.3108)
Observaciones	1,359	1,359	1,359
FE Evento	YES	YES	YES
FE Año	YES	YES	NO

La tabla reporta los resultados de La Ecuación (5). Los distintos valores corresponden a la sumatoria de δ_s para las diferentes ventanas del evento, que definen el exceso de retorno acumulado en un evento de huelga ocurrido en una minera mayor en 1000 toneladas de producción. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.

Cuadro 16: Exceso de retorno con stock de inventario mundial

Ventana	(1)	(2)	(3)
$\Delta(-1,1)$	-0.0154 (-0.3309)	-0.0152 (-0.3535)	-0.0154 (-0.3277)
$\Delta(-2,2)$	0.0214 (0.2884)	0.0038 (0.0581)	0.0214 (0.2857)
$\Delta(-5,5)$	0.0065 (0.0411)	0.0022 (0.0150)	0.0065 (0.0407)
Observaciones	1,359	1,359	1,359
FE Año	YES	YES	NO

La tabla reporta los resultados de La Ecuación (5). Los distintos valores de la columna 1 corresponden a la sumatoria de δ_s para las diferentes ventanas del evento, que definen el exceso de retorno acumulado en un evento de huelga ocurrido en una minera mayor en 1000 toneladas de producción. */**/** indica que el estadístico-t es significativo al 10%/5%/1% respectivamente.