

Relaciones dinámicas entre el precio del níquel y del petróleo	Titulo
Vázquez López, Yarbredy - Autor/a;	Autor(es)
De la Economía Internacional vol. 2. (junio 2012). La Habana : Centro de Investigaciones de Economía Internacional, 2012.	En:
La Habana	Lugar
Centro de Investigaciones de Economía Internacional	Editorial/Editor
2012	Fecha
	Colección
Integración industrial; Precios; Petróleo; Níquel; Política económica; Caribe; Cuba;	Temas
Artículo	Tipo de documento
"http://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/ciei-uh/20131030123812/Relacionesprecio.pdf"	URL
Reconocimiento-No Comercial CC BY-NC http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/deed.es	Licencia

**Segui buscando en la Red de Bibliotecas Virtuales de CLACSO**

<http://biblioteca.clacso.edu.ar>

**Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO)**

**Conselho Latino-americano de Ciências Sociais (CLACSO)**

**Latin American Council of Social Sciences (CLACSO)**

[www.clacso.edu.ar](http://www.clacso.edu.ar)



# RELACIONES DINÁMICAS ENTRE EL PRECIO DEL NÍQUEL Y DEL PETRÓLEO

## DYNAMIC RELATIONS BETWEEN THE PRICE OF NICKEL AND THE PRICE OF OIL

**MSc. Yarbredy Vázquez López**  
Centro de Investigaciones de la Economía Internacional  
(CIEI – UH)  
yarbredy@uh.cu

### Resumen

El níquel es un metal básico cuyo consumo ha crecido, sobre todo en las economías de reciente industrialización. Cuba es un importante productor del mineral y sus exportaciones por este concepto rondan el 30% de sus exportaciones de bienes. Se propone una caracterización del mercado mundial del mineral y aproximaciones empíricas a través de un modelo de vectores autorregresivos con corrección de errores que toma en cuenta el precio del petróleo. Sobre la base de la modelación se ofrecen recomendaciones a considerar para futuras modelaciones, así como ideas para la política industrial y comercial.

**Palabras clave:** Níquel, Petróleo, Precios, Integración Industrial, Política económica, Cuba

### Abstract

Nickel is a basic metal whose consumption has grown, most of all in the economies of recent industrialization. Cuba is an important producer of the mineral and his exports for this concept hover around the 30 % of his goods exports. A characterization of the world market of the mineral and empiric approximations are proposed through a model of autoregressive vectors with errors corrections that takes into account the price of oil. On the modelation's base it's offered recommendations to consider on future empirical works. It is also offered ideas for industrial and commercial policies.

**Keywords:** nickel, oil, prices, co-integration, economic policy

## **Introducción**

La modelación de los precios de commodities es un requisito previo para el diseño de política económica de los países exportadores de materias primas, como Cuba.

El objetivo del trabajo es formalizar cuantitativamente las relaciones dinámicas entre los precios del níquel y el petróleo. La representación de esta relación sería el paso inmediato para obtener una función de transferencia que sirva para pronosticar los precios del níquel para el corto plazo. De esta manera también se ofrecen sugerencias de política económica al respecto.

Las relaciones dinámicas entre el precio del níquel y el precio del petróleo se fundamentan en el hecho de que el oro negro se ha convertido en un insumo esencial en la producción del metal y en la extracción del mineral. Según se sabe, la producción de acero, el principal uso industrial del níquel, es intensiva en combustibles fósiles. Pero la extracción también se ha vuelto intensiva en petróleo.

La extracción del mineral es actualmente una actividad con uso intensivo de energía, dando razón como promedio del % 20-25 de los costos globales de producción de níquel. Pero no siempre fue así. Los shocks petroleros de la década de 1970 provocaron que en los años 1980 tuviera lugar un movimiento hacia tecnologías más derrochadoras en la actividad minera niquelífera, toda vez que los precios tendieron hacia la baja (Humphreys, 2006: 3).

Las corporaciones mineras que tradicionalmente tenían una tecnología adecuada a las minas de sulfuros, buscando expandir sus operaciones hacia las reservas de los países subdesarrollados comenzaron a invertir más en la extracción de yacimientos lateríticos. Aunque las lateritas son más abundantes en naturaleza que los sulfuros de níquel, el crecimiento de producción de lateritas de níquel históricamente ha sido embarazoso por sus requisitos superiores de energía.

El marco de los bajos precios de la energía en los '80 creó una oportunidad para invertir en minas lateríticas. También fue posible gracias a la introducción de la tecnología PAL<sup>1</sup>, que permitió reducir costos (Humphreys, 2006: 4). Dada la enorme inversión en capital fijo que lleva la industria minera, ante el incremento inusitado de los precios del crudo en los años 2000, las mineras no han podido volver a mover sus inversiones hacia los yacimientos sulfurados.

Por otro lado, la producción de petróleo es halada por la demanda de portadores energéticos para varios fines. Partes importantes de las compras petroleras se consumen en el montaje y la construcción de infraestructura y en la industria automotriz, actividades intensivas en acero. Se puede presenciar entonces dos mercados aparentemente desconectados que en realidad tienen una relación biunívoca, susceptible de ser modelada con herramientas econométricas.

Se propone para ello, en un primer momento, la caracterización del mercado mundial del níquel, a fin de conocer algunas peculiaridades del mismo. Se ofrecen en este acápite consideraciones sobre hechos recientes de las estrategias en el sector que complementan la visión instrumental de la modelación.

En un segundo momento se presentan los datos que se van a utilizar y se discute la metodología que se asume para modelar, los Vectores Autorregresivos (VAR). Se asumen este método porque la simple observación de los precios del níquel y los del petróleo muestra una correlación entre las series que permiten intuir una relación de cointegración. En el tercer acápite se discute el modelo propuesto.

La modelación permite a continuación hacer pronósticos de precios para el níquel hasta noviembre de 2012. Para finalizar se ofrecen conclusiones que contemplan opciones de política económica para países productores y exportadores del metal, especialmente para Cuba.

---

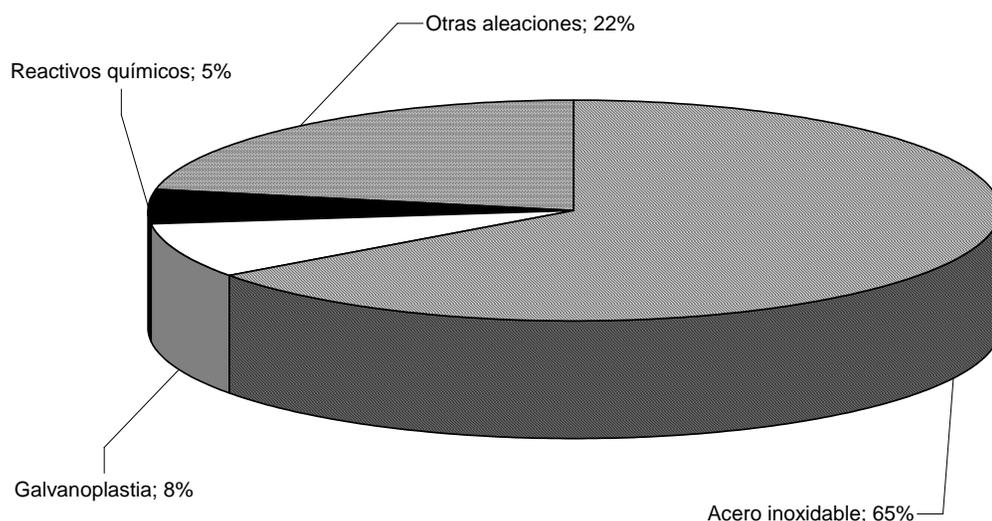
<sup>1</sup> Blanqueador de ácido a alta presión, por sus siglas en inglés.

## Caracterización del mercado mundial del níquel

El níquel es un metal muy resistente a la corrosión, que mantiene sus propiedades físicas y mecánicas incluso cuando es colocado en temperaturas extremas. Combinando níquel primario con acero, aun en cantidades pequeñas, la durabilidad y la fuerza del acero se incrementan significativamente, así como su resistencia a la corrosión. Por ello el metal ha encontrado amplia utilidad, usándose tradicionalmente en la fabricación de acero, en la industria automotriz, la petroquímica y más recientemente en la electrónica.

En el proceso industrializador del Primer Mundo y de los países de reciente industrialización, la utilización de acero viene a ser un hecho estilizado del crecimiento (IMF, 2007: 9 -10). La demanda para acero inoxidable resulta hoy la finalidad industrial más importante para el níquel a nivel mundial. El metal es útil también en la producción de aleaciones para usos especializados.

**Figura: 1. Uso industrial del níquel a nivel mundial, 2010**



Fuente: London Metal Exchange. Nickel: Industrial Usage. En [www.lme.com](http://www.lme.com)

Los principales productores del mineral en la actualidad son Rusia, Indonesia, Filipinas, Canadá y Australia, en ese orden de importancia. En un futuro cercano el papel de Australia será mucho mayor de lo que tradicionalmente ha sido, toda vez que posee la mayor cantidad de reservas probadas del mineral. Cuba ocupa lugares de importancia entre los productores, exportadores y mejores dotados en la minería niquelífera. Las exportaciones de níquel en Cuba representaron en 2010 el 27% de sus exportaciones totales de bienes (ONE, 2011).

**Tabla: 1. Producción minera y reservas de níquel en miles de toneladas métricas**

	Producción minera		Reservas
	2010	2011	
Federación Rusa	269	280	6000
Indonesia	232	230	3900
Filipinas	173	230	1100
Canadá	158	200	3300
Australia	170	180	624000
Nueva Caledonia	130	140	12000
Otros	99	100	4600
Brasil	59,1	83	8700
China	79	80	3000
Cuba	70	74	5500
Colombia	72	72	720
Sudáfrica	40	42	3700
Total mundial (aproximado)	1590	1800	80000

Datos: United States Geological Service. Disponible en [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

Un conjunto de factores inciden en la actualidad sobre el mercado del níquel a nivel mundial. Afectan la demanda o la oferta del mineral. Sus impactos son ambiguos y se solapan a veces, por lo que para tener una idea clara del movimiento que llevará a corto plazo el precio del mineral habría que sopesarlos todos.

El mercado del níquel se ha visto seriamente afectado por la crisis económica. Después de haber alcanzado su máximo histórico en junio de 2008 los precios se precipitaron estrepitosamente hasta diciembre, cuando empezaron a recuperarse. En los últimos meses un conjunto de inversiones en el sector minero también ha incidido en su cotización.

Se han abierto nuevas capacidades de extracción. Una joint-venture trasnacional empezó sus actividades en el depósito laterítico de Ambatovy en Madagascar, y ya sustrae 60000 toneladas por año. Otras minas se han comenzado a explotar en Brasil, el sudeste asiático y el Pacífico, en particular en Nueva Caledonia. En agosto de 2010, el proyecto de laterita de Goro en el archipiélago del Pacífico comenzó a explotarse, sumándose a las ya ingentes capacidades de la dependencia francesa, 60000 toneladas más por año para el mercado mundial (Wright, 2010). En fecha reciente se hizo un gran descubrimiento de níquel en Filipinas de aproximadamente 300 millones de toneladas: el depósito de Mindoro, que se va a explotar en conjunto entre Filipinas y la noruega Intex. Se estima que sea una planta de 53000 toneladas por año y debe abrir a finales del primer semestre de 2012 (Kumar, 2012).

El incremento de la demanda de níquel en Asia para producir acero disparó durante un tiempo el precio del mineral. Por ese motivo los productores chinos estuvieron experimentando la producción de acero con níquel de lingote de arrabio (NPI, nickel-pig-iron, por sus siglas en inglés) que consume menos níquel para producir la misma unidad de aleación, aunque de menor calidad que el acero más convencional. La producción de NPI creció en un 50% en 2011 respecto a 2010. A

pesar de ello algunos grandes productores e investigadores consideran que por cuestiones de costos de producción el NPI desaparecerá en un par de años, pero que los precios del mineral de níquel podrían llegar a 12 o 13 dólares la libra (Montgomery, 2012).

Por otro lado la industria automotriz global está utilizando más níquel a medida que la popularidad y la familiaridad de los vehículos eléctricos e híbridos aumentan. La colaboración entre fabricantes de baterías y el Departamento de Energía de Estados Unidos ha posibilitado la puesta en marcha de tres instalaciones diseñadas para la producción en masa de materiales catódicos avanzados, varios de los cuales utilizan níquel (Wilburn, 2008: 11 - 12). Otro tanto se ha hecho en Europa. Todos estos datos avalan un panorama complejo para la minería niquelífera.

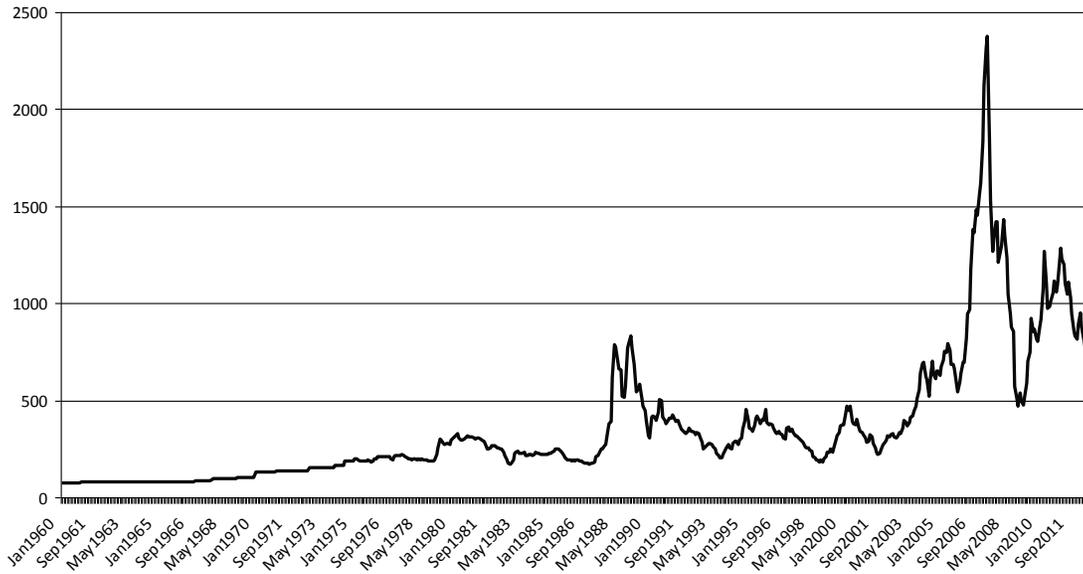
## **Datos y metodología para la modelación**

Del conjunto de precios que se pudieran escoger para la modelación se optó por utilizar aquellos que reflejan el mercado mundial representativo de los commodities. Se consideraron datos de precios promedios mensuales desde enero de 1960 hasta mayo de 2012 para níquel y petróleo. Para el níquel se tomó el precio de los cátodos 4x4 con 99.9% de Ni, precio de negociante a Nueva York, punto de embarque en América del Norte, al contado, precio estimado del mercado. Para el petróleo se tomó el precio del crudo, promedio de Dubai/Brent/Texas equitativamente ponderado (US\$/barril).

### **Figura: 2. Evolución histórica de los precios seleccionados**

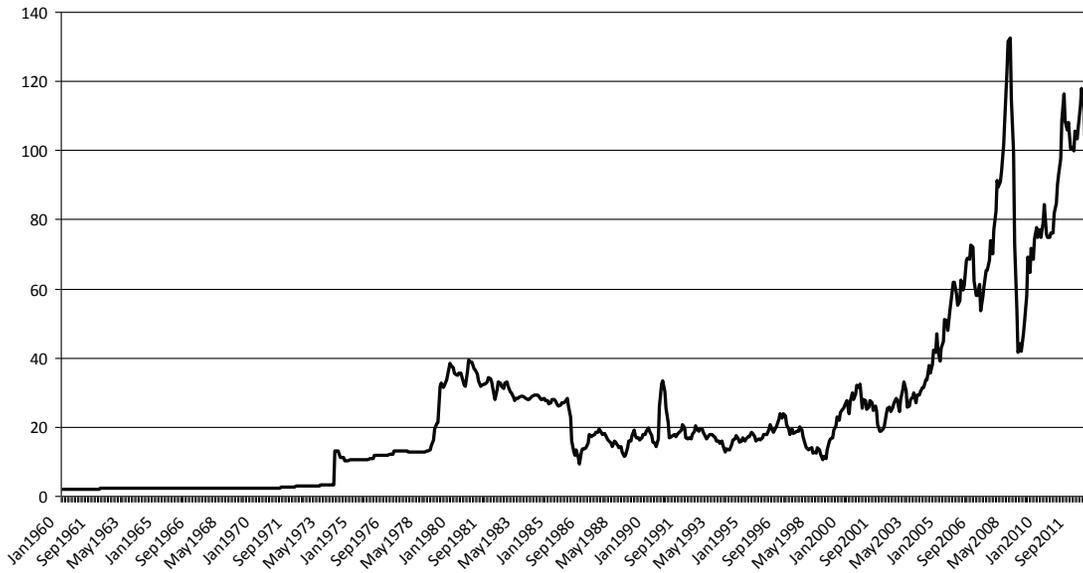
#### **A. Níquel**

Nickel cathodes\*, 4X4, 99.9% Ni, New York dealer, FOB North American shipping point (¢/lb.)



## B. Petróleo

Crude petroleum, average of UK Brent (light)/Dubai (medium)/Texas (heavy) equally weighted (\$/barrel)



Datos: UNCTADstat

A simple vista se observa un movimiento similar en las series históricas de precios del petróleo y el níquel. Otra particularidad de las series de precios de estos commodities está en su profunda variabilidad en el último quinquenio. La correlación gráfica entre las series del metal y del petróleo sugiere la posibilidad de un proceso de cointegración.

Los precios del níquel y del petróleo describen procesos no estacionarios en media ni varianza. Engle y Granger (1987) propusieron una solución a estos problemas en la modelación, toda vez que la teoría estadística no había desarrollado previamente métodos para abordar series no estacionarias. El concepto de cointegración explica porqué no necesariamente la diferenciación es la mejor opción y avala la opción de que se puedan mantener series sin diferenciar sin que por ello se lleguen a modelos espurios.

Se dice que dos o más variables están cointegradas si presentan un movimiento conjunto de largo plazo y la diferencia (brecha) entre ellas es estable (es estacionaria), aún cuando cada serie particular contenga una tendencia estocástica y sea, no estacionaria. La cointegración refleja la presencia de un equilibrio a largo plazo hacia el cual converge el sistema económico. Las diferencias (término de error) en la ecuación de cointegración se interpretan como el error de desequilibrio para cada punto particular de tiempo.

Desde la perspectiva estadística dos o más series que son no estacionarias de orden  $I(1)$  están cointegradas si existe una combinación lineal de esas series que sea estacionaria, es decir  $I(0)$ . El vector de coeficientes que crean esta serie estacionaria es el vector de cointegración. Formalmente, dadas las variables aleatorias  $x$  e  $y$ , si se verifica que su relación se puede explicar por:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + n_t \quad (1)$$

con  $n_t$  estacionario, la variable  $x_t$  es capaz de explicar completamente el comportamiento no estacionario de  $y_t$ . En el caso de que

$$x_t \sim I(1)$$

$$y_t \sim I(1)$$

entonces debe existir un vector  $\alpha' \neq 0$  tal que:  $\alpha' = [\alpha_1, \alpha_2]$ . Luego:

$$\alpha_1 y_t + \alpha_2 x_t \sim I(0) \quad (2)$$

Las variables tendrán una relación de equilibrio a dadas por:

$$y_t = \beta_1 x_t$$

Con  $(1, -\beta)$  como vector de cointegración. Haciendo abstracción en (1) de  $\beta_0$ , las perturbaciones respecto a la relación de equilibrio serían  $n_t$ . Este sistema de ecuaciones es la que se conoce como modelo de Vector Autorregresivo (VAR).

En adición, a largo plazo, en caso de que pueda verificarse relaciones de corto como de largo plazo entre las variables, entonces se incorpora un Mecanismo de Corrección de Errores (MCE), donde  $\alpha_y$  es el mecanismo de corrección de error de  $y$ , con signo negativo.

$$\begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \Delta x_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_y \\ \alpha_x \end{bmatrix} (y_{t-1} - \beta x_{t-1}) + \begin{bmatrix} \phi_{11}^{(1)} & \phi_{12}^{(1)} \\ \phi_{21}^{(1)} & \phi_{22}^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_{t-1} \\ \Delta x_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} \phi_{11}^{(p)} & \phi_{12}^{(p)} \\ \phi_{21}^{(p)} & \phi_{22}^{(p)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_{t-p} \\ \Delta x_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{yt} \\ n_{xt} \end{bmatrix} \quad (3)$$

La utilidad de los VAR reside en que se puede encontrar una relación dinámica entre variables asociadas, un cierto nivel de causalidad. Pero debe considerarse que la metodología propuesta por Engle y Granger (1987) hace uso del concepto de *causalidad en el sentido de Granger*. Esta debe interpretarse no de manera estricta, pues en Economía, dada la intervencionalidad de los fenómenos resulta muy difícil que una variable sea resultado exclusivo del comportamiento de otra. La *causalidad en el sentido de Granger* es mejor interpretarla como capacidad de predicción que como causación.

## Aproximaciones empíricas

Para paliar el efecto de la variabilidad de las series de precios reales se llevaron a escalas logarítmicas. Se puede apreciar que las series seleccionadas son no estacionarias en niveles, pero resultan integradas de orden 1 cuando se aplica la prueba de Dickey-Fuller Aumentada, como se observa en la Tabla 2.

**Tabla: 2. Prueba de estacionariedad de las series<sup>2</sup>**

Variable	Estadístico ADF	Valor crítico al 10%	Estacionaria al 10%
lnickel	-1.630680		No
loil	-1.116553		No
D(lnickel)*	-7.772060	-2.569.215	Sí
D(loil)*	-3.302037		Sí

Nota: \* Variables con una primera diferencia

La prueba de causalidad de Granger sugiere una fuerte relación entre las variables. Para los fines de la investigación y avalado por lo descrito en el acápite de los datos se asumió la causalidad bidireccional al 10%, condición sine qua non de la cointegración. Se pasó luego a describir una relación a largo plazo.

**Tabla: 3. Prueba de causalidad de Granger<sup>3</sup>**

Hipótesis nula:	Obs	Estadístico F	Prob.
LNICKEL no causa en el sentido de Granger a LOIL	624	3.20371	0.0413
LOIL no causa en el sentido de Granger a LNICKEL		7.30174	0.0007

Como las variables siguen el mismo orden de integración se prueba que a nivel estas muestran una relación de largo plazo. Esta relación se describió como:

$$\ln(\text{Nickel}_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Oil}_t) + u_t \quad (4)$$

El análisis posterior de los residuos de este modelo (que en la modelación se le llamó *error de largo plazo*, ERROR\_LP) permitió constatar que estos eran estacionarios de orden cero (ver Tabla 4).

**Tabla: 4. Análisis del orden de integración de los residuos de la relación a largo plazo**

Hipótesis nula: ERROR\_LP tiene raíz unitaria  
Variable Exógena: Constante  
Rezagos: 1

<sup>2</sup> Para mayor comprensión de la prueba véase Anexo 2.

<sup>3</sup> Ídem

	Estadístico $\tau$	Probabilidad del $\tau_M^*$
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.696.564	0.0044
Test critical values:		
1% level	-3.440.550	
5% level	-2.865.932	
10% level	-2.569.167	

\* Valores del p-valor según MacKinnon (1996).

A continuación se propuso un modelo de VAR con MCE que describe la relación dinámica entre el níquel y el petróleo, esto es, la relación entre el precio actual del níquel y sus rezagos y con el precio del petróleo rezagado<sup>4</sup>. Para los fines de la presente investigación solo se destacó la ecuación del níquel, que sería una función de transferencia:

**Recuadro: 1. Resultados para el níquel de la estimación de la relación dinámica níquel-petróleo**

$$\Delta LNickel_t = \frac{0.002}{(0.009)} \left[ LNickel_{t-1} - \frac{9.404}{(1.620)} * LOil_{t-1} + 18.881 \right] + \frac{0.348}{(0.038)} * \Delta LNickel_{t-1} - \frac{0.094}{(0.040)} * \Delta LNickel_{t-3} - \frac{0.061}{(0.028)} * \Delta LOil_{t-1} + \frac{0.467}{(0.061)} * AO1988M03 - \frac{0.411}{(0.061)} * AO2008M10 + \frac{0.036}{(0.018)} * LS1974M01$$

Nota: En paréntesis bajo los parámetros aparece la desviación estándar

La relación de equilibrio a largo plazo puede ser descrita por el modelo:

$$LNickel_t = 18.881 - 9.404 * LOil_t$$

<sup>4</sup> Para la salida de las regresiones y otros procedimientos de interés véase los anexos.

Esta ecuación define la velocidad del ajuste del MCE, que aparece entre corchetes. La velocidad del ajuste de este equilibrio para la elasticidad del níquel es menor que la del petróleo.

Se aprecia en la ecuación que existe una relación entre las elasticidades a corto plazo del níquel y del petróleo, expresado en los términos que acompañan a las demás variables y a la constante. En la ecuación del níquel, el valor del término que relaciona la elasticidad del níquel con la del petróleo en el período anterior es mayor que el parámetro del de largo plazo, por lo que cualquier aumento o disminución del precio del petróleo impactará más en períodos breves que a largo plazo. Esta es una explicación plausible sobre la volatilidad del níquel.

Toda vez que el modelo propuesto es un VAR con MCE, el valor del  $R^2$  es bajo, del 13,78%, pero con respecto a otros modelos con MCE es mejor, así como los criterios de Akaike y de Schwarz. Además, el modelo está bien especificado porque los estadísticos Ljung-Box de los residuos de ambas ecuaciones son ruido blanco<sup>5</sup>.

Como se pudo apreciar, se incorporaron algunas variables de intervención que mejoraban la especificación del modelo. La variable LS1974M01 resultó significativa para las dos ecuaciones y es explicada por la Primera Crisis del Petróleo<sup>6</sup>. La variable LS1980M01, que solo afectó la ecuación del petróleo corresponde a la Segunda Crisis del Petróleo, con efectos de escalón también. La variable AO1988M03 también afectó al petróleo y no así al níquel. Meses antes Arabia Saudita abandonó la posición de “bisagra”<sup>7</sup> que tenía en el mercado

---

<sup>5</sup> Véase anexos.

<sup>6</sup> A partir de octubre de 1973 la OPEP decidió detener la producción de crudo y estableció un embargo para los envíos petrolíferos hacia Occidente, especialmente hacia Estados Unidos y los Países Bajos, por lo que los precios subieron drásticamente. Los efectos del embargo fueron inmediatos y en lo adelante cambiaron el panorama de la industria a nivel mundial, incidiendo también en industrias como la siderurgia, la automotriz y toda aquella que dependiera notablemente de la matriz energética.

<sup>7</sup> Con anterioridad a esta fecha Arabia Saudita asumía la producción que Irak e Irán, enfrascados en un conflicto bélico, no podían asumir. De igual manera cuando el precio del crudo era muy bajo

mundial del rubro y elevó su producción, lo que provocó un desplome de los precios y produciéndose así la Tercera Crisis del Petróleo. El retardo tal vez se explique por la existencia de reservas nacionales en los países occidentales que fueron consumidas presumiendo una posible transitoriedad en la política de la OPEP.

La intervención en octubre de 2008 (variable AO2008M10) se explica por el hecho de que en este mes se llegó al stock mínimo histórico del metal a nivel mundial, por lo que se llegó al nivel de provisiones mínimas posibles. Este suceso desató un incremento inusitado del precio en la LME.

### **Pronósticos y escenarios futuros**

La mayoría de los especialistas en el tema consideran que el precio del crudo debe bajar en los últimos meses. Los temores se fundamentan en la posibilidad de la crisis en la zona euro, la situación insostenible de Grecia, el paquete de rescate en España y la situación de los demás miembros del llamado grupo PIIG<sup>8</sup>.

También el crecimiento en China se ha ralentizado. A ello se le debe sumar la delicada situación geopolítica de la llamada Primavera Árabe y las presiones de Occidente sobre Irán.

Otra razón está en que el dólar (segunda moneda en importancia en mercado del níquel tras la libra esterlina) también estaba bajo presión. Existen expectativas de que la Reserva Federal determine aplicar más alivio cuantitativo, después de que los últimos datos del mercado laboral fueran decepcionantes y de que los precios al consumidor bajaran en mayo

---

entonces reducía la producción diaria y presionaba al alza. En lo adelante, no ya el gobierno saudita sino toda la OPEP ha seguido actuando así.

<sup>8</sup> Siglas de Portugal, Irlanda, Italia, Grecia y España, por sus siglas en inglés. El concepto, con importante carga peyorativa comprende los países de la periferia europea antes de la incorporación de Europa del Este.

Por ello, y a modo de ejercicio, se extrapola para el indicador de precios del petróleo asumido en la investigación (ver supra) el pronóstico que ha hecho The Financial Forecast Center (2012) para el West Texas Intermediate en los próximos meses.

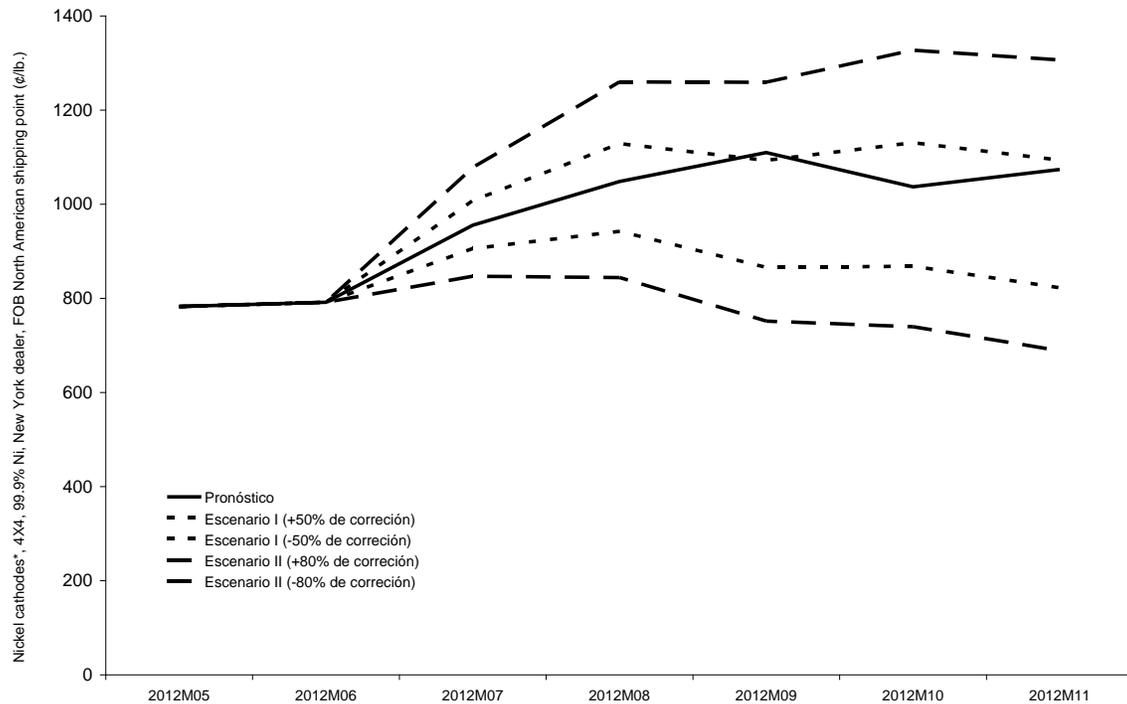
**Tabla: 5. Escenario propuesto para los precios del petróleo en los próximos 6 meses**

	Pronóstico	Escenario I desfavorable	Escenario I favorable	Escenario II desfavorable	Escenario II favorable
May-12	104.16	104.16	104.16	104.16	104.16
Jun-12	96.57	94.67	98.47	92.27	100.87
Jul-12	95.25	92.75	97.75	89.75	100.75
Ago-12	97.23	94.33	100.13	90.83	103.63
Sep-12	94.15	90.95	97.35	87.05	101.25
Oct-12	94.70	91.30	98.10	87.00	102.40
Nov-12	89.31	85.61	93.01	81.01	97.61

Fuente: The Financial Forecasts Center (2012)

En este escenario el precio del níquel podría estar a finales de 2012 en un rango entre 1306.44 ¢/lb y 688.63 ¢/lb, siendo lo más probable que su precio esté alrededor de los 1073.63 ¢/lb en noviembre. O sea, podría haber un aumento discreto del precio promedio mensual para finales de año.

**Figura: 3. Pronóstico de los precios del níquel según el modelo escogido**



Fuente: Elaboración propia

## Consideraciones finales

Mediante el procedimiento de los Vectores Autorregresivos con Corrección de Errores se determinó que existía una relación dinámica entre los precios del níquel y del petróleo. El mismo ejercicio podría hacerse para otros metales, habida cuenta de que el petróleo es un insumo básico para el refinamiento y la extracción de cualquier mineral. A pesar de que se encontró también una relación en la que el precio del níquel incidía en el precio del petróleo, no se constató una relación de largo plazo suficientemente determinante, pero sí una de corto plazo que sería importante monitorear.

El procedimiento de llevar las series a escala logarítmicas hizo más operativo el trabajo. No obstante, para empeños futuros valdría la pena trabajar con las series a niveles buscando modelos Autorregresivos con Heterocedasticidad Condicional que ayudaran a explicar los altibajos repentinos encontrados en las series y que permitan modelar la variabilidad de la misma.

Otra arista en la modelación que no fue explorada fue el trabajo con datos en paneles. La modelación con series de tiempo resulta más “barata”, pero es indudable que si se dispusieran de datos sobre precios en diferentes mercados (sobre todo los asiáticos), costos y demanda industrial del níquel se hubieran obtenido resultados muy interesantes. La incorporación de datos sobre la actividad especulativa con el precio del mineral también le aportaría mayor poder explicativo al modelo.

De cualquier manera, la modelación del níquel tomando como referente el precio del crudo y precios pasados del níquel puede ser de mucha utilidad para una economía como la cubana que es muy dependiente de sus exportaciones de níquel y muy dependiente de sus importaciones de petróleo. La capacidad de poder predecir le brindaría a Cuba la oportunidad de diseñar instrumentos de política económica que le permitan afrontar los shocks en el sector. Por poner solo un ejemplo, una experiencia exitosa que parte del conocimiento de la relación de equilibrio del mercado del níquel es la creación de un fondo de estabilización.

En países como Noruega y más recientemente en Rusia y México, los hacedores de política económica han logrado establecer cotas de precios a partir de lo cuales una parte de los ingresos gubernamentales asociados a la explotación de un recurso no renovable se comienza a guardar cuando los precios están por encima de su nivel de equilibrio o se les inyecta a las compañías que explotan los recursos naturales cuando los precios descienden. En cualquiera de los casos la modelación permite establecer esas cotas.

Otra lección importante y de utilidad para las empresas explotadoras y/o comercializadoras de níquel se refiere a políticas financieras. El modelo hace referencia a una relación de corto plazo fuerte y a la existencia de una relación de largo plazo más débil entre los dos commodities. Por lo tanto las empresas productoras y, sobre todo las comercializadoras del metal deben hacer cobertura

de riesgo tomando como activo subyacente no solo el metal sino también el petróleo.

De cualquier manera los precios del níquel deben permanecer robustos en comparación con los precios históricos del níquel, alcanzando cotizaciones a niveles similares de los de 2005. Lo importante sería mantener costos aceptables, esto sería, no pasarse de la cota de 9 dólares por libra, en otras palabras, no llegar a 20000 dólares por tonelada. Por ello se puede tener un optimismo cauteloso, ya que aunque las previsiones de crecimiento de Europa y EEUU – grandes consumidores de níquel- son poco alentadoras, la demanda de las economías emergentes debe permanecer alta. Aumentar la producción y exportaciones moderadamente resultaría aconsejable.

## Referencias bibliográficas

- Engle, R. F. y C. W. J. Granger (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*. 55(2), 251-276.
- Kumar, K. (2012). Norway's Intex Signs Deal with MCC8 Group to Develop Mindoro Nickel Project. Disponible en: <http://nickelinvestingnews.com/3380-norways-intex-signs-deal-with-mcc8-group-to-develop-mindoro-nickel-project.html>
- Humphreys, D. (2006). Nickel: An Industry in Transition. *Paper for presentation to CRU's 9th World Stainless Steel Conference*. Dusseldorf, Alemania, 17 al 19 de Septiembre de 2006.
- Montgomery, M. (2012). First point minerals: nickel-iron alloy exploration. Disponible en: <http://nickelinvestingnews.com/3177-first-point-minerals-corp-nickel-iron-steel.html>
- Oficina Nacional de Estadísticas (2011). Anuario estadístico de Cuba. Disponible en: <http://www.one.cu/aec2010/>
- Wilburn, D. R. (2008). Material Use in the United States—Selected Case Studies for Cadmium, Cobalt, Lithium, and Nickel in Rechargeable Batteries. *United States Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5141*. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/sir/2008/5141>
- Wright, H. (2010). Vale to start nickel exports from N.Caledonia project. Disponible en: <http://nickelinvestingnews.com/1704-vale-to-start-nickel-exports-from-n-caledonia-project.html>

## OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Aguilar, R., A. García y P. Vidal (2009). Elementos de Econometría. Aplicaciones para Cuba. La Habana: CEEC-DECON.
- Conceição, P. y Marone, H. (2008). Characterizing the 21st Century First Commodity Boom: Drivers and Impact. *UNDP/ODS Working Paper*. New York: United Nations Development Programme.
- International Monetary Fund (2007). The Boom in Nonfuel Commodity Prices: Can It Last? in IMF (2007). *World Economic Outlook 2006*. New York: Autor.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (2011). *Monthly Oil Market Report, July 2011*. Viena: Autor.
- Sébille-Lopez, P. (2006). *Géopolitique du Pétrole*. París: Armand Colin.
- The Financial Forecasts Center (2012). Crude Oil Price Forecast . Disponible en: <http://www.forecasts.org/oil.htm>
- United States Geological Service (2012, junio). *Mineral Commodities Summaries, January 2012*. Disponible en: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcsapp2012.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Estimación por máxima verosimilitud del VAR-MCE

Ecuación de Cointegración: CointEq1		Criterios de bondad de ajuste:			
			D(LNICKEL)	D(LOIL)	
LNICKEL(-1)	1.000000	R cuadrado	0.254815	0.137809	
		R cuadrado Ajustado	0.236431	0.116538	
LOIL(-1)	-9.404616	C. I. de Akaike	-2.742945	-2.098947	
	(1.62052)	C. de Schwarz	-2.629197	-1.985199	
	[-5.80346]				
C	18.88197				
Corrección de Errores:		Corrección de Errores:			
	D(LNICKEL)	D(LOIL)	D(LNICKEL)	D(LOIL)	
CointEq1	0.001939	0.007912	D(LOIL(-1))	-0.061265	0.144021
	(0.00102)	(0.00141)		(0.02897)	(0.03997)
	[ 1.89575]	[ 5.60730]		[-2.11487]	[ 3.60289]
D(LNICKEL(-1))	0.348101	0.074028	D(LOIL(-2))	-0.003659	0.020761
	(0.03805)	(0.05250)		(0.02942)	(0.04059)
	[ 9.14957]	[ 1.41010]		[-0.12438]	[ 0.51142]

### Continuación del Anexo 1

Corrección de Errores:	D(LNICKEL)	D(LOIL)	Corrección de Errores:	D(LNICKEL)	D(LOIL)
D(LNICKEL(-2))	-0.028046 (0.04018) [-0.69802]	0.083767 (0.05544) [ 1.51086]	LS1974M01	0.036249 (0.01814) [ 1.99801]	0.152341 (0.02503) [ 6.08523]
AO1988M03	0.467918 (0.06153) [ 7.60527]	-0.093819 (0.08490) [-1.10508]	AO2008M10	-0.411748 (0.06163) [-6.68088]	-0.247207 (0.08504) [-2.90684]

Las variables significativas se seleccionaron a través de la prueba de hipótesis

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

Esto es, rechazar  $H_0$  significa aceptar  $H_1$ , o lo que es lo mismo: la variable está en el modelo. A su vez  $H_1$  se cumple cuando:

$\left| t_{\hat{\beta}_j} \right| > C$  siendo  $c$  el valor correspondiente a la distribución  $t$  en 9.75 con  $624 - (8 + 1)$  grados de libertad, con varlo aproximado de 1.96.

## Anexo 2: Pruebas auxiliares para la cointegración

### 1.) Estacionariedad de las series

Las pruebas más frecuentemente utilizadas para evaluar la presencia de una raíz unitaria (o sea, existencia de no estacionariedad) corresponden a variantes de los tests propuestos por Dickey y Fuller (1979). En su versión más general, el test más popular corresponde al test de Dickey y Fuller aumentado (ADF).

La prueba de Dickey Fuller consiste en partir de un modelo:

$$X_t = \rho X_{t-1} + u_t, \text{ donde } -1 \leq \rho \leq 1. \text{ Si } \rho = 1 \text{ se está en el caso de raíz unitaria.}$$

El test de Dickey-Fuller (DF) se basa en la siguiente regresión:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + u_t, \text{ en el cual } \delta = (\rho - 1)$$

La hipótesis a contrastar es  $H_0 : X_t$  no es  $I(0)$ , contra  $H_1 : X_t$  es  $I(0)$ .

Luego  $H_0$  se rechaza si el estimador de  $\delta$  es negativo y significativamente diferente de cero.

Si  $\delta = 0$ , entonces:  $\Delta X_t = u_t$  y las primeras diferencias son estacionarias.

En el DF se supone que los errores ( $u_t$ ) no están autocorrelacionados. El test de Dickey-Fuller Aumentado contempla esta posibilidad. Por tanto, se adiciona al DF los valores rezagados de la variable dependiente

$$\Delta X_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta X_{t-1} + \sum_{i=1}^{\tau} \gamma_i \Delta X_{t-i} + u_t$$

La hipótesis nula es idéntica a la prueba DF. Se comprueba que los estadísticos calculados sean menores que el valor crítico.

## 2.) Causalidad de Granger

Sean Y y X dos series estacionarias. La hipótesis nula (H0) es que X no causa en el sentido de Granger a Y. Para contrastarla primero se hallan los valores rezagados de Y que se incluirían en un modelo univariado, por ejemplo:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_m Y_{t-m} + u_t$$

En este caso cualquier  $Y_{t-j}$  permanecerá en el modelo si los valores de su estadístico t correspondiente son significativos. Aquí  $m$  es el rezago más largo que puede tener el modelo si el estadístico t para  $Y_{t-m}$  es significativo. A continuación la regresión es aumentada con los valores rezagados de X, a saber:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_m Y_{t-m} + \gamma_p X_{t-p} + \dots + \gamma_q X_{t-q} + u_t$$

Se mantienen en la regresión todos los valores de los rezagados de X que son individualmente significativos según sus coeficientes t, con tal de que colectivamente añadan poder explicativo para la regresión según la prueba F. Se acepta la hipótesis nula de que X no causa en el sentido de Granger a Y si y sólo si ninguno de los valores rezagados X se mantienen en la regresión.

### Anexo 3. Correlogramas de los residuos de las ecuaciones de regresión

(Resid01 para la ecuación del níquel, Resid02 para la del petróleo)

Resid01

FAC	FACP	AC	PAC	Estadístico Q	Prob	
. .	. .	1	-0.012	-0.012	0.0910	0.763
. .	. .	2	-0.002	-0.002	0.0927	0.955
. .	. .	3	0.021	0.021	0.3701	0.946
. .	. .	4	0.003	0.004	0.3768	0.984
. .	. .	5	-0.034	-0.034	1.1174	0.953
. .	. .	6	0.018	0.017	1.3237	0.970
. .	. .	7	0.052	0.052	3.0293	0.882
. .	. .	8	0.028	0.031	3.5159	0.898
. .	. .	9	-0.040	-0.040	4.5378	0.873
. .	. .	10	0.030	0.026	5.1086	0.884
. .	. .	11	0.005	0.005	5.1240	0.925
. .	. .	12	0.026	0.031	5.5592	0.937

Resid02

FAC	FACP	AC	PAC	Estadístico Q	Prob	
. .	. .	1	0.054	0.054	1.8220	0.177
. .	. .	2	0.021	0.018	2.0868	0.352
. .	. .	3	0.036	0.034	2.9051	0.406
. .	. .	4	0.032	0.028	3.5676	0.468
. .	. .	5	0.031	0.027	4.1788	0.524
. .	. .	6	-0.058	-0.064	6.3214	0.388
. .	. .	7	0.028	0.031	6.8096	0.449
. .	. .	8	0.037	0.033	7.6755	0.466
. .	. .	9	0.039	0.037	8.6244	0.473
. .	. .	10	0.058	0.054	10.737	0.378
. .	. .	11	0.055	0.049	12.677	0.315
. .	. .	12	0.025	0.008	13.065	0.364