

# ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL RENDIMIENTO DE PRECIOS DEL PLATINO MEDIANTE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO

Jaime H. Beltrán<sup>\*</sup>  
José A. Núñez<sup>\*\*</sup>

(Recibido: septiembre 2013/Aceptado: febrero 2014)

## Resumen

A través del análisis de causalidad de Granger y el modelo GARCH multivariado estudiamos diferentes variables que afectan el rendimiento del precio *spot* del platino. Los datos revelan que existe una relación de causalidad bidireccional en el sentido de Granger entre el tipo de cambio dólar-yen y el rendimiento del precio *spot* del platino, modelada mediante el GARCH multivariado.

*Palabras clave:* causalidad, platino, GARCH multivariado.

*Clasificación JEL:* G150.

## Abstract

Using Granger causality analysis and multivariate GARCH model, we studied different variables affecting the return of platinum spot price. The data reveal that there is a bidirectional causality relation in the Granger

---

<sup>\*</sup>Candidato a doctor en Ciencias Administrativas por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – CCM. Calle Puente, núm. 222, Ejidos de Huipulco, Tlalpan, CP 14380, México, DF.

<sup>\*\*</sup> Director del Doctorado en Ciencias Administrativas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – CCM. Calle Puente, núm. 222, Ejidos de Huipulco, Tlalpan, CP 14380, México, DF.

sense, between the dollar-yen exchange rate and the return of platinum spot price modeled with a multivariate GARCH model.

*Keywords:* causality, platinum, multivariate GARCH.

*JEL classification:* G150.

## 1. Introducción

Los metales preciosos han sido un elemento muy valorado desde la época de las culturas antiguas hasta nuestros días. De acuerdo con German (2005), algunos de los factores que influyen en la fluctuación de sus precios son los choques relacionados con la demanda y los cambios graduales en la tendencia de consumo. El platino es un metal precioso con aplicaciones relativamente nuevas, y de acuerdo con el sitio Platinum Today de Johnson Matthey Group, a nivel mundial, tiene dos principales aplicaciones: la industria de la joyería en la cual Japón fue pionero a partir de la década de los sesenta y el convertidor catalítico de tres vías en la industria automotriz inventado en 1970 por los estadounidenses John J. Mooney y Carl D. Keith de Englehard corporation. Las innovaciones en la industria de la joyería en Japón y de la industria automotriz en los Estados Unidos han permitido el desarrollo del mercado del platino a nivel mundial, siendo en nuestros días el único metal que tiene importantes aplicaciones industriales y decorativas, además de ser más valioso que el oro.

A partir de las características anteriormente mencionadas, surge el interés de identificar las variables económicas que afectan el rendimiento de los precios del platino con la finalidad de proporcionar mayor información y certidumbre a quienes realizan inversiones para el consumo, cobertura y arbitraje del platino.

## 2. Fuentes de suministro del platino

De acuerdo con Wisniak (2005) hasta principios del siglo xix casi todo el platino se obtenía y llegaba a Colombia a una tasa de cerca de una tonelada por año. Después, el mineral fue descubierto también en los Urales, California, Australia y, Borneo, entre otros, y en 1825, Rusia se convirtió en el productor primario de platino. La acuñación de monedas en Rusia entre 1828 y 1845 requirió un aumento en la producción, la cual alcanzó 3.5 toneladas en

1843. Casi todo el mineral de platino ruso fue utilizado para la acuñación. La industria del platino creció vigorosamente después de 1880, debido al incremento en la demanda para la industria eléctrica, la odontología y la industria química. En 1913, la producción anual de platino alcanzó las siete toneladas. La producción de platino fue abandonada por Rusia después de la revolución de 1905, dando como resultado que después de la primera guerra mundial, Colombia fuera de nueva cuenta el mayor productor de platino. En 1915, la producción en los Urales fue retomada y fueron descubiertos nuevos depósitos aluviales en Siberia. Por algunas décadas la Unión Soviética fue uno de los mayores productores de platino y especialmente de paladio.

En 1888, empezaron a ser descubiertos grandes depósitos de platino en Sudáfrica, incluyendo el conocido como Merensky Reef, el más grande del mundo. Después de la segunda guerra mundial, Sudáfrica llegó a ser el principal productor de platino. En 1911, la producción total de platino fue menos de una tonelada y, en 1950, la producción mundial fue de 20 toneladas por año. En 1970, 90 toneladas, en 1980, 203 toneladas y en 1990, 222 toneladas.

De acuerdo con el sitio Platinum Today de Johnson Matthey Group, la producción mundial de platino de 1990 al año 2012 se distribuyó de acuerdo con la información que se presenta en el anexo, tabla 1, en el cual se observa que actualmente Sudáfrica y Rusia son los principales productores de platino a nivel mundial.

## *2.2. La demanda del platino*

De acuerdo con Hillier, Draper y Faff (2006) el mayor valor de los metales de platino para su aplicación industrial proviene de su inercia química, alto punto de fusión, baja presión de vapor, alto coeficiente de temperatura de resistividad eléctrica, bajo coeficiente de expansión térmica y propiedades excepcionales catalíticas. La industria química utiliza una cantidad significativa de platino o de aleación de platino-rodio para la catálisis de la oxidación parcial del amonio y descomponerlo en óxido nítrico, el cual es la materia prima para fertilizantes, explosivos y ácido nítrico.

De acuerdo con el sitio Platinum Today, el crecimiento de la demanda del platino inicio en Japón en los años sesenta y ganó un estatus especial combinando su alta pureza, prestigio y valor como atractivo, por la virtud de la pureza de su color blanco a la modestia y sobriedad tradicional del

país. Japón rápidamente llegó a ser el principal mercado de la joyería de platino, así mismo, cuenta con un importante consumo para los catalizadores automotrices, anexo, tabla 2.

Como se mencionó previamente, Mooney y Carl D. Keith de Englehard Corporation en Estados Unidos inventaron el canalizador de tres vías en 1970 y, a partir de 1981 las regulaciones canadienses y estadounidenses exigieron dicho catalizador, popularizándose más tarde a nivel mundial, hecho por el cual la industria automotriz global se convertiría en un importante consumidor de platino a diferencia de Japón la industria de la joyería del platino en Norteamérica no se encuentra tan desarrollada, anexo, tabla 3.

En Europa, la industria de la joyería del platino comenzó en la década de los setenta en Alemania, donde los joyeros dieron al platino una identidad propia que se caracteriza por un diseño moderno marcado por el uso frecuente de un acabado satinado. La demanda comenzó a crecer en Italia en la década de los ochenta y en Suiza y en el Reino Unido en la década de los noventa, sin embargo, al igual que en los Estados Unidos, la industria joyera no se encuentra tan desarrollada como la industria automotriz que consume una importante cantidad de platino para sus catalizadores de tres vías, anexo, tabla 4.

En China se presenta un caso análogo a Estados Unidos y Europa, ya que el consumo de platino para la industria automotriz es mucho menor al consumo de la joyería, como se puede observar en la siguiente tabla, se tienen registros de que a partir de 1998, la joyería de platino es un importante mercado, anexo, tabla 5.

En el resto del mundo, la demanda del platino se puede comparar con alguna de las regiones antes mencionadas. Sin embargo, la catálisis automotriz es la principal fuente de consumo y la joyería aún se encuentra poco desarrollada, anexo, tabla 6.

### **3. Método de estudio**

El análisis cuantitativo utilizará como herramientas de estudio, la estadística descriptiva, la cual permite conocer las características básicas de las observaciones consideradas en la muestra. Posteriormente se utilizará el análisis de correlación, el cual muestra el grado de variación conjunta entre un par de variables se utilizará también, el análisis de causalidad, el cual se basa en la idea de que en el tiempo la causa siempre precede a los efectos. Si una

serie de tiempo causa a otra, el conocimiento del primer proceso ayudaría a predecir los valores futuros del otro después de que hayan sido tomadas en cuenta las influencias de otras variables.

Finalmente se utilizará el modelo GARCH multivariado, donde la varianza y covarianza condicionales son funciones de todos los retardos de las varianzas y covarianzas condicionales de los rezagos de los rendimientos al cuadrado y permiten determinar las variables que tienen efecto en la dinámica de otra.

A continuación se presenta el análisis cuantitativo de la dinámica de rendimientos del platino, el cual considera las variables y técnicas estadísticas comentadas previamente.

### 3.1. *Datos*

Se consideran como variables de estudio el rendimiento del precio *spot* del oro, de la plata y del platino, así como los tipos de cambio dólar-yen, dólar y euro, Índice Dow Jones, Índice Standard & Poors, precios que fueron obtenidos para el periodo de 1990 a 2010 de la base de datos Bloomberg. A excepción del tipo de cambio dólar-euro que se consideró a partir del surgimiento del euro como moneda en el año 2000. Así mismo, se consideraron como variables de estudio los rendimientos de precios futuros, del oro, plata y platino, cuyos precios fueron obtenidos de la base de datos Datastream para el mismo periodo 1990 a 2010.

### 3.2. *Estadística descriptiva*

A continuación se presenta la estadística descriptiva de los rendimientos de las variables de interés, donde a excepción de la media del rendimiento del tipo de cambio dólar-yen, todas las medias son negativas, así mismo se puede notar que las observaciones consideradas en el estudio para todas las variables son las mismas (5 457), en el caso del tipo de cambio dólar-euro, se consideraron únicamente 2 780 observaciones. Las desviaciones estándares en todos los casos son pequeñas de dos a tres dígitos decimales y los máximos y mínimos de las variables en todos los casos tienden a ser simétricos y se ubica entre -3.735451 y 3.741168, siendo el precio *Spot* de la plata el mayor rendimiento tanto positivo como negativo, tabla 7.

Tabla 7  
Estadística descriptiva

Variable (rendimiento)	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
oro <i>Spot</i>	5 457	-0.000226	0.0099239	-0.1024258	0.0723972
plata <i>Spot</i>	5 457	-0.0003334	0.0736472	-3.735451	3.741168
platino <i>Spot</i>	5 457	-0.0002276	0.0132464	-0.1004187	0.0967313
Dow Jones	5 457	-0.0002722	0.0436677	-2.212425	2.205388
Standard & Poors	5 457	-0.000244	0.0117486	-0.1547862	0.1467333
tipo de cambio dólar-yen	5 457	0.0001059	0.0070246	-0.0550424	0.0694984
euro	2 780	-0.0001439	0.0066132	-0.0346541	0.0252181
futuro de oro	5 457	-0.0001052	0.0203053	-0.693546	0.6927485
futuro de plata	5 457	-0.0001815	0.0679874	-3.412561	3.411951
futuro de platino	5 457	-0.0002056	0.022458	-0.6958922	0.6904097

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Análisis de correlación

De acuerdo con Sheehan & Grieves (1982) la teoría económica propone que existen fuerzas que originan que dos series de tiempo de interés mantenga una relación de equilibrio donde un modelo de correlación permite obtener evidencia de la presencia de dicha relación y la interpretación de la teoría de interés relacionada, permite abstraer la dirección y el significado de la relación.

La correlación muestra el grado de variación conjunta entre un par de variables; es decir, mide la asociación que existe entre los diferentes rendimientos de las variables consideradas en el estudio. Nótese que las variables con un mayor porcentaje de correlación se verán reflejadas posteriormente en el análisis de causalidad y la modelación mediante el GARCH multivariado, tabla 8.

Tabla 8  
Análisis de correlación

Variable (rendimiento)	Oro <i>Spot</i>	Plata <i>Spot</i>	Platino <i>Spot</i>	Dow Jones	Standard & Poors	Tipo de cambio dólar-yen	Futuro del oro	Futuro de la plata	Futuro del platino
oro <i>Spot</i>	1								
plata <i>spot</i>	0.7619	1							
platino <i>spot</i>	0.2081	0.2015	1						
Dow Jones	-0.0226	0.1155	0.1089	1					
Standard & Poors	-0.0038	0.1334	0.1259	0.9716	1				
tipo de cambio dólar-yen	-0.1906	-0.105	0.0103	0.3163	0.317	1			
euro	0.4414	0.3918	0.125	0.063	0.0793	-0.2715	1		
futuro de oro	0.8632	0.6826	0.1897	-0.0426	-0.026	-0.1918	0.3589	1	
futuro de plata	0.6668	0.8845	0.1766	0.0702	0.085	-0.1141	0.3312	0.764	1
futuro de platino	0.4391	0.4702	0.4201	0.0978	0.1126	-0.0234	0.2192	0.4855	0.5146

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Análisis de causalidad

Granger (1986) expone que ciertos pares de variables económicas no deben divergir el uno del otro por un periodo de tiempo muy grande, por lo menos en el largo plazo. Por lo tanto, estas variables pueden distanciarse en el corto plazo o de acuerdo a factores estacionales. Sin embargo, si se encuentran demasiado distantes en el largo plazo, la presencia de fuerzas económicas, como un mecanismo de mercado o la intervención del gobierno, pueden reducir la distancia entre ambas variables.

De acuerdo con Granger (1969) se presentan algunas de las definiciones implicadas en la relación causal entre variables donde  $U$  es toda la información acumulada en el universo en el tiempo  $t-1$  denotando como  $U_t - Y_t$  toda la información apartada de las series de interés, donde se propone:

Definición de causalidad. Si  $\sigma^2(X|U) < \sigma^2(X|\overline{U-Y})$ , dígase que  $Y$  está causando  $X$ , denotada por  $Y_t \Rightarrow X_t$ , dígase que  $Y_t$  está causando  $X_t$  si se tiene una mayor capacidad de predecir  $X_t$  utilizando toda la información disponible que la utilizada para predecir  $Y_t$ .

El rendimiento del platino es causado en el sentido de Granger por el rendimiento del tipo de cambio dólar-yen, en este caso se puede observar que el nivel de significancia es inferior al 5%, tabla 9.

Tabla 9  
Causalidad del platino *spot*

Ecuación (rendimiento)	Excluidos (rendimiento)	chi2	df Prob > chi2
platino <i>spot</i>	Tipo de cambio dólar-yen	6.9461	20.031

Fuente: elaboración propia.

El rendimiento del tipo de cambio dólar-yen es causado en el sentido de Granger con un nivel de significancia inferior al 5%, por el rendimiento platino *spot*, así como por el rendimiento del futuro del oro.

Tabla 10  
Causalidad del tipo de cambio dólar-yen

Ecuación (rendimiento)	Excluidos (rendimiento)	chi2	df Prob > chi2
tipo de cambio dólar-yen	platino <i>spot</i>	6.5291	20.038
tipo de cambio dólar-yen	futuro del oro	7.6639	20.022

Fuente: elaboración propia.

El rendimiento del precio futuro del platino, es causado en el sentido de Granger con un nivel de significancia inferior al 5% por los rendimientos *spot* del platino, el rendimiento del Dow Jones, del Standard & Poors y del tipo de cambio dolar-yen, tabla 11.

Tabla 11  
Causalidad del futuro del platino

Ecuación (rendimiento)	Excluidos (rendimiento)	chi2	df Prob > chi2
futuro del platino	platino <i>spot</i>	165.71	20.000
futuro del platino	Dow Jones	7.3907	20.025
futuro del platino	Standard & Poors	14.89	20.001
futuro del platino	Tipo de cambio dólar-yen	6.675	20.036

Fuente: elaboración propia.

En los cuadros anteriores se encontró evidencia de causalidad en el sentido de Granger, es decir se puede afirmar que las variables correspondientes en el periodo previo influyen sobre el nivel de variación en el periodo siguiente, esto indica que el nivel de asociación de las variables puede vincularse con periodos anteriores.

Definición de retroalimentación de la causalidad: de acuerdo con Granger y Escribano (1969), existe retroalimentación en la causalidad si  $\sigma^2(x|\bar{y}) < \sigma^2(X|\bar{y}-y)$ ,  $\sigma^2(y|\bar{y}) < \sigma_2(y|\bar{y}-x)$ , lo cual es denotado como  $y_t \Leftrightarrow x_t$ , se dice que ocurre retroalimentación si  $x_t$  causa  $y_t$  y también  $y_t$  causa  $x_t$ , lo cual se puede observar en la tabla 12 con un nivel de significancia inferior al 5%.

Tabla 12  
Causalidad bidireccional

Ecuación (rendimiento)	Excluidos (rendimiento)	chi2	df Prob > chi2
platino spot	Tipo de cambio dólar-yen	6.9461	20.031
Tipo de cambio dólar-yen	platino spot	6.5291	20.038

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Prueba Dickey Fuller

Los resultados de la prueba Dickey & Fuller (1979), que se presentan en la tabla 13, permiten determinar que las series de tiempo de las variables en diferencias en el estudio son estacionarias y por lo tanto pueden ser consideradas para su análisis mediante el modelo GARCH multivariado. Recuérdese que para realizar la prueba de causalidad de Granger y la estimación mediante máxima verosimilitud del modelo GARCH se requiere estacionariedad.

Tabla 13  
Prueba Dickey-Fuller

Variable (rendimiento)	Valor P para Z(T)	Prueba estadística	Crítico al 1%	Crítico al 5%	Crítico al 10%
Oro spot	0	-127.788	-3.43	-2.86	-2.57
Plata spot	0	-164.534	-3.43	-2.86	-2.57
Platino spot	0	-121.406	-3.43	-2.86	-2.57
Dow Jones	0	-162.418	-3.43	-2.86	-2.57
Standard & Poors	0	-128.495	-3.43	-2.86	-2.57
Tipo de cambio dólar-yen	0	-127.885	-3.43	-2.86	-2.57
Tipo de cambio dólar-euro	0	-91.147	-3.43	-2.86	-2.57
futuro del oro	0	-127.522	-3.43	-2.86	-2.57
futuro de la plata	0	-98.835	-3.43	-2.86	-2.57
futuro del platino	0	-125.962	-3.43	-2.86	-2.57

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. El modelo GARCH

De acuerdo con Mantegna & Stanley (2004), un enfoque que permite describir un proceso estocástico caracterizado por su varianza dependiente del tiempo es el proceso ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), propuesto por Engle en 1982 en su artículo titulado: "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation" para capturar la volatilidad persistente en la inflación. Un proceso estocástico con heteroscedasticidad autoregresiva condicional también denominado proceso estocástico con varianza condicional no constante en el pasado, pero con varianza no condicional constante, es un proceso ARCH.

En algunas aplicaciones se vuelve necesario utilizar valores grandes de  $p$  en el modelo lineal ARCH ( $p$ ), lo cual posee algunos problemas en determinación del parámetro  $p+1$  óptimo que mejor describe la evolución del tiempo dada una serie de tiempo financiera. El superar dicha dificultad, dio origen al proceso generalizado ARCH, denominado GARCH ( $p,q$ ), introducido por Bollerslev (1986), donde son permitidas las dependencias de los rezagos  $p$  de la varianza condicional  $h_t$ .

El primer modelo GARCH que considera la matriz de covarianzas condicional fue el publicado por Bollerslev, Engle and Wooldridge en 1988, el cual es conocido como modelo VEC. El modelo VEC es una generalización sencilla del modelo GRACH univariado. Cualesquiera, varianza o covarianza condicionales son funciones de todos los retardos de las varianzas y covarianzas condicionales de los rezagos de los rendimientos al cuadrado así como de los productos cruzados de los rendimientos. El modelo se escribe de la siguiente forma:

$$\text{Vector}H_t = c + \sum_{j=1}^q A_j \text{vector}(r_{t-j} r_{t-j}) + \sum_{j=1}^p B_j \text{vector}(H_{t-j})$$

Donde el vector (.) es un operador que apila las columnas de la parte triangular inferior de la matriz cuadrada,  $c$  es un vector  $N(N+1)$  y  $A_j$  y  $B_j$  son  $\frac{N(N+1)}{2} * \frac{N(N+1)}{2}$  parámetros de las matrices.

#### 3.6.1. Análisis multivariado mediante el modelo GARCH

La volatilidad del rendimiento de los precios *spot* del platino así como la volatilidad del rendimiento del tipo de cambio dólar-yen en  $t-1$ , con un nivel de significancia inferior al 1% tienen un impacto significativo sobre el

nivel de rendimiento del precio *spot* del platino. En este caso el coeficiente de variación con respecto al tipo de cambio dólar-yen, se encuentra entre -0.201855 y -0.0427534, lo que permite afirmar que el rendimiento del tipo de cambio dólar-yen, tendrá un efecto negativo en el precio del platino *spot*, tabla 14.

Tabla 14  
Garch mutivariado, platino *spot*

Variable (rendimiento)	Afectada por (rendimiento)	Coeficiente	Error estándar	Z	P> z	95% Intervalo de confianza
platino <i>spot</i>						
	platino <i>spot</i> (L1)	-0.4562456	0.0172696	-26.42	0	-0.4900934 -0.4223977
	tipo de cambio dólar-yen (L1)	-0.1223042	0.0405879	-3.01	0.003	-0.201855 -0.0427534

Nota: L1 indica que se trata del rezago de orden 1 de la variable.

Fuente: elaboración propia.

La volatilidad del rendimiento de los precios *spot* del platino y de la plata y futuros del oro, así como la volatilidad del rendimiento del tipo de cambio dólar-Y en *t*-1, con un nivel de significancia inferior al 5% tienen un impacto significativo sobre el nivel de rendimiento del índice tipo de cambio dólar-yen, tabla 15.

Tabla 15  
Garch multivariado tipo de cambio dólar-yen

Variable (rendimiento)	Afectada por (rendimiento)	Coeficiente	Error estándar	Z	P> z	95% Intervalo de confianza
tipo de cambio dólar-yen						
	plata <i>spot</i> (L1)	-0.0362087	0.0143967	-2.52	0.012	-0.0644257 -0.0079916
	platino <i>spot</i> (L1)	0.0278559	0.0077454	3.6	0	0.0126751 0.0430366
	tipo de cambio dólar-yen (L1)	-0.4885237	0.0182037	-26.84	0	-0.5242022 -0.4528452
	futuro del oro (L1)	0.055379	0.0266367	2.08	0.038	0.003172 0.1075859

Nota: L1 indica que se trata del rezago de orden 1 de la variable.

Fuente: elaboración propia.

La volatilidad del rendimiento de los precios *spot* del platino y de la plata, del índice Standard & Poors y el tipo de cambio dólar-yen en  $t-1$ , con un nivel de significancia inferior al 5% tienen un impacto significativo sobre el nivel de rendimiento precio futuro del platino.

Tabla 16  
Garch multivariado futuro del platino

Variable (rendimiento)	Afectada por (rendimiento)	Coeficiente	Error estándar	Z	P> z	95% Intervalo de confianza
Futuro del platino						
	plata <i>spot</i> (L1)	0.0738113	0.029229	2.53	0.012	0.0165235 0.1310991
	platino <i>spot</i> (L1)	0.094112	0.0157252	5.98	0	0.0632912 0.1249328
	Standard & Poors (L1)	0.1999867	0.0728271	2.75	0.006	0.0572483 0.3427252
	tipo de cambio dólar-yen (L1)	-0.0844238	0.0369581	-2.28	0.022	-0.1568602 -0.0119873

Nota: L1 indica que se trata del rezago de orden 1 de la variable.

Fuente: elaboración propia.

En los cuadros de arriba se presentan los coeficientes significativos del modelo GARCH multivariado. El nivel de significancia considerado en el estudio es de 5%, en cada caso el coeficiente mide el impacto de la variación de un rendimiento en una variable, sobre el nivel de variación del rendimiento en otra. De esta forma se cuantifica el impacto entre las diferentes volatilidades de los rendimientos.

#### 4. Conclusiones

A través del análisis de datos diarios para el periodo de 1990 a 2010 de las variables previamente mencionadas, mediante la estadística descriptiva, análisis de correlación, análisis de causalidad y el modelo GARCH multivariado, se concluye lo siguiente:

El estudio de causalidad de Granger, muestra que el rendimiento del platino, únicamente es causado en el sentido de Granger con un nivel de significancia del 5% por el rendimiento del tipo de cambio dólar-yen, lo cual es concordante con el análisis realizado mediante el modelo GARCH mutivariado que indica

con el mismo nivel de significancia del 5% que la volatilidad del rendimiento de los precios spot del platino, así como la volatilidad del tipo de cambio dólar-yen en  $t-1$ , tienen un impacto significativo sobre el rendimiento del precio *spot* del platino. Lo que nos indica que existe una relación bidireccional entre el tipo de cambio dólar-yen y el rendimiento de los precios *spot* del platino.

Ambas afirmaciones concuerdan con el nivel de consumo de platino en Japón, que aunque es relativamente menor al de Europa, Norteamérica y el resto del mundo, si consideramos el PIB de Japón de 2010 (4.41 billones de dólares), con respecto al PIB conjunto de Estados Unidos, Canadá y México (17 billones de dólares) y el de Europa de (15.15 billones de dólares), se puede afirmar que el platino tiene mayor importancia en la economía japonesa con respecto a las otras regiones, debido al alto nivel de consumo de la industria automotriz y a la industria de la joyería.

De la misma manera, como se observó en el análisis de causalidad de Granger y en el modelo GARCH, un descalabro en la economía japonesa afectará a los precios del platino *spot* y futuros, así como una caída en los mismos afectaría a la economía japonesa.

## Referencias

- Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity", *Journal of Econometrics*, 31 (1986) 307-327, North-Holland, Inglaterra.
- Bollerslev, T. Engle, R. y Wooldridge, J. (1988). "A Capital Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances", *The Journal of Political Economy*, vol 96, No 1. Feb, pp. 116-113.
- Engle, R. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of Variance of United Kingdom Inflation", *The Journal of Political Economy*, vol. 96, No. 1, Feb, pp. 116-131.
- Escribano, Álvaro y Granger, Clive W. J. (1986). "Investigating the Relationship between Gold and Silver Prices UCSD", *Economics Discussion Paper*, pp 96-38.

- Dickey, D. y Fuller, W. (1979). "Distribution of Estimators for Autoregressive Time Series with Unit Root", *Journal of American Statistical Association*, vol. 4, Issue 366, Jun, pp. 427-431.
- Geman, H. (2005). *Commodities and Commodity Derivatives: Modelling and Pricing for Agricultural, Metals and Energy*; John Wiley & Sons. EUA.
- Granger, C. W. J. (1969). "Investigating Causal Relations by Econometric Modelos and Cross-spectral Methods", *Econometrica*, vol. 37, No. 3, Agosto, pp. 424-438.
- Hernández, M. (2008). "Historia de un Despojo", consultada en Revista *Proceso*, consultado el 16 de septiembre de 2012 en <http://www.proceso.com.mx/?p=88331>.
- "Index Mundi", consultado el 16 de septiembre de 2013 en <http://www.indexmundi.com>.
- Mantegna y Stanley (2004). *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*, 1ed, Cambridge University Press.
- "Platinum Today de Johnson Matthey Group", consultado el 16 de septiembre de 2013 en <http://www.platinum.matthey.com/>.
- Sheehan, R. y R. Grieves (1982). "Sunspots and Cycles: A Test of Causation", *Southern Economic Journal*, vol. 48, No. 3, Enero, pp.775-777.
- Wisniak, Jaime (2005). "Platinum –From exotic to commodity"; *Indian Journal of Chemical Technology*.

#### Anexo:

Tabla 1  
Producción del platino a nivel mundial de 1990 a 2012

Año/País '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Sudáfrica	2 760	2 770	2 750	3 360	3 160	3 370	3 390	3 700	3 680	3 900	3 800
Rusia	720	1 100	750	680	1 010	1 280	1 220	900	1 300	540	1 100
Norteamérica	185	220	200	220	220	240	240	240	285	270	285
otros	65	70	120	130	140	100	130	120	135	160	105

Año/País '000 onzas	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sudáfrica	4 100	4 450	4 630	5 010	5 115	5 295	5 070	4 515	4 635	4 635	4 860	4 095
Rusia	1 300	980	1 050	845	890	920	915	805	785	825	835	800
Norteamérica	360	390	295	385	365	345	325	325	260	200	350	295
otros	100	150	225	250	270	270	290	295	345	390	440	450

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013).

**Tabla 2**  
**Consumo de platino en Japón de 1990 a 2012**

Industria/Año '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
autocatálisis	400	380	350	320	290	270	245	255	240	250	290
química	25	20	20	15	15	20	20	20	20	20	20
eléctrica	50	50	50	45	45	45	45	65	55	75	90
vidrio	50	35	20	30	80	105	80	85	80	65	65
inversiones	140	305	150	235	280	305	155	85	130	110	-95
joyería	1 190	1 260	1 290	1 350	1 450	1 480	1 480	1 390	1 290	1 320	1 060
petróleo	15	15	10	10	5	5	5	5	5	5	5
otras	15	20	25	20	25	25	25	30	30	35	35
Total	1 850	2 050	1 870	1 975	2 145	2 215	2 005	1 885	1 795	1 820	1 470

Industria/Año '000 onzas	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
autocatálisis	340	430	500	615	600	605	610	610	395	550	500	600
química	25	30	40	40	50	50.01	55	55	45	50	35	35
eléctrica	80	55	40	50	65	55	35	35	30	30	25	20
vidrio	85	60	85	90	95	100	85	65	40	90	130	10
inversiones	45	40	-10	15	-15	-65	-60	385	160	45	250	100
joyería	750	780	660	560	670	585	540	530	335	325	310	310
petróleo	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5
otras	35	55	40	40	45	40	45	45	35	60	60	60
Total	1 365	1 455	1 360	1 415	1 515	1 375.01	1 315	1 735	1 050	1 155	1 315	1 140

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013).

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL RENDIMIENTO DE PRECIOS DEL PLATINO  
MEDIANTE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO

Tabla 3  
Consumo de platino en Norteamérica de 1990 a 2012

Industria/Año '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
autocatálisis	690	620	525	600	790	820	850	800	775	535	620	795
química	50	100	90	75	65	70	80	80	80	95	100	100
eléctrica	80	65	55	65	75	115	130	100	105	120	145	120
vidrio	25	20	15	15	20	25	30	45	20	25	50	35
inversiones	5	40	65	40	65	25	75	145	175	60	35	45
joyería	20	20	35	45	55	65	90	160	270	330	380	280
petróleo	40	50	35	40	5	40	60	50	40	40	35	40
otras	55	65	65	80	95	115	140	160	170	190	210	250
Total	790	815	705	760	940	1 015	1 180	1 250	1 325	1 080	1 575	1 665

Industria/Año '000 onzas	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
autocatálisis	570	885	800	820	705	850	505	370	405	370	405
química	100	95	90	100	100.03	95	95	65	100	95	105
eléctrica	100	85	90	95	75	55	30	25	25	25	20
vidrio	30	-30	-10	5	10	25	-5	-35	10	-5	10
inversiones	40	25	25	25	20	30	60	105	465	10	190
joyería	310	310	290	285	270	225	200	135	175	185	185
petróleo	45	40	35	35	35	30	25	15	25	50	60
otras	265	215	205	220	225	215	235	180	195	200	205
Total	1 460	1 625	1 525	1 585	1 440.03	1 525	1 145	860	1 400	930	1 180

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013)

**Tabla 4**  
**Consumo de platino en Europa de 1990 a 2012**

Industria/Año '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
autocatálisis	375	480	575	610	605	560	515	510	545	560	680	1 060
química	60	55	50	40	50	55	60	70	60	80	100	105
eléctrica	40	30	30	20	25	25	25	45	45	70	80	65
vidrio	25	20	15	15	30	35	40	20	25	20	20	10
inversiones	40	40	35	25	45	10	5	5	5	5	0	0
joyería	80	85	85	105	100	120	125	150	160	185	190	170
petróleo	40	30	20	25	25	15	15	15	15	15	15	15
otras	45	50	55	60	65	75	75	85	85	90	105	155
Total	705	785	860	895	935	880	840	875	910	995	1 190	1 580

Industria/Año '000 onzas	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
autocatálisis	1 210	1 455	1 680	1 960	2 060	2 055	1 970	970	1 495	1 505	1 330
química	115	105	115	100	99.96	110	105	70	110	120	110
eléctrica	40	35	40	40	25	15	20	20	15	20	15
vidrio	10	10	5	10	10	15	-25	5	10	30	5
inversiones	0	0	0	0	0	195	105	385	140	155	135
joyería	160	190	195	195	200	200	205	185	175	175	180
petróleo	15	15	15	15	20	25	30	25	20	35	20
otras	190	185	190	175	175	185	200	170	190	185	185
Total	1 740	1 995	2 240	2 495	2 589.96	2 800	2 610	1 830	2 155	2 225	1 980

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013).

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL RENDIMIENTO DE PRECIOS DEL PLATINO  
MEDIANTE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO

Tabla 5  
Consumo de platino en China de 1998 a 2012

Industria/Año '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
autocatálisis										5	10	15
química									20	15	20	10
eléctrica								20	20	20	15	
vidrio							30	25	35	65		
inversiones									5	0	0	0
joyería						620	950	1 100	1 300			
petróleo							15	10	15	15		
otras							5	5	5	5		5
Total							710	1 035	1 205	1 425		

Industria/Año '000 onzas	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
autocatálisis	35	60	75	120	155	175	145	85	100	105	105
química	10	10	10	10	65	70	60	40	80	100	90
eléctrica	15	15	20	25	45	20	30	20	30	30	25
vidrio	40	30	60	70	50	180	85	-90	130	10	70
inversiones	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
joyería	1 480	1 200	1 010	1 205	1 060	1 070	1 060	2 080	1 650	1 680	1 950
petróleo	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	10
otras	5	5	5	10	10	15	20	20	35	40	55
Total	1 590	1 325	1 185	1 450	1 395	1 540	1 410	2 165	2 040	1 980	2 305

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013).

Tabla 6  
Consumo de platino en el resto del mundo de 1990 a 2012

Industria/Año '000 onzas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
autocatálisis	60	70	85	100	155	185	200	270	265	240	260	290
química	45	80	65	55	50	60	70	70	65	100	110	55
eléctrica	30	35	30	30	35	40	55	75	95	75	85	120
vidrio	35	35	45	30	20	30	60	105	115	65	65	85
inversiones	10	15	30	5	5	5	5	5	5	5	5	0
joyería	55	75	105	100	115	135	145	295	460	90	95	100
petróleo	25	45	55	55	30	55	60	105	100	50	45	40
otras	5	5	5	5	5	5	10	15	20	15	15	20
Total	265	360	420	380	415	510	600	935	1 120	640	660	710

Industria/Año '000 onzas	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
autocatálisis	310	345	370	320	295	380	455	425	365	525	705
química	50	70	70	70	65	80	90	85	70	100	120
eléctrica	105	105	85	100	135	160	130	115	95	130	130
vidrio	95	95	115	145	180	235	165	195	90	145	350
inversiones	0	0	0	5	0	5	5	5	10	5	45
joyería	90	90	150	105	110	80	75	65	75	95	125
petróleo	55	60	55	90	110	110	135	165	150	105	105
otras	20	25	25	30	25	40	35	35	35	50	65
Total	725	790	870	865	920	1 090	1 090	1 090	890	1 155	1 645

Fuente: <http://www.platinum.matthey.com> (2013).