

# MODELACIÓN DEL RIESGO DEL MERCADO: EL CASO DE LA PAPA NEGRA EN BOGOTÁ

Manuel Guillermo López Pita<sup>1</sup>

## RESUMEN

El precio de los productos agrícolas está afectado por múltiples factores, políticos, climáticos y de estacionalidad de las cosechas, el presente trabajo busca modelar los riesgos de mercado asociados a los precios spot de la papa negra en la central de abastos de Bogotá (CORABASTOS), para lo cual se ajusta un modelo ARIMA-GARCH a partir de la metodología Box and Jenkins (Box & Jenkins, 1973). Una vez ajustado el modelo, se describe el comportamiento histórico del precio spot, a partir del análisis de los boletines diarios del Sistema de Información de Precios (SIPSA) lo que permite identificar los factores que afectan el precio. Como conclusión se presenta un modelo de pronóstico del precio de la papa negra en la central de abasto de Bogotá y un análisis de los riesgos políticos y climáticos, al igual que la estacionalidad de las cosechas, como factores que describen el comportamiento del precio.

## PALABRAS CLAVES:

Precio Spot, Mercado de productos Agrícolas, Modelación del Riesgo, papa negra.

---

<sup>1</sup> Estudiante de cuarto semestre de la Maestría en Finanzas de la Universidad Externado de Colombia, Magister en Educación de la Universidad Nacional de Colombia y Administrador de Empresas Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Profesor Investigador de la Corporación Universitaria Minuto de Dios adscrito al programa de Administración Financiera UVD - Bogotá. Correo Electrónico [mglopez@uniminuto.edu](mailto:mglopez@uniminuto.edu)

# RISK MARKET MODELING: CASE OF POTATO IN BOGOTÁ

## ABSTRACT

The price of agricultural products is affected by multiple factors, political, climatic and seasonal of crops, this paper seeks to model the risks associated market spot prices of the black potato in the wholesale market of Bogota (CORABASTOS), for which an ARIMA-GARCH model is adjusted from the methodology Box and Jenkins (Box & Jenkins, 1973). After adjusting the model, here described the historical performance of the spot price, from the analysis of the daily newsletters Price Information System (SIPSA) allowing to identify the factors that affect the price. In conclusion, show a forecasting model price of the black potato in wholesale market Bogota and analysis of political and climate risks, as well as the seasonality of crops, as factors describing price action occurs.

**JEL: G12, G17, Q02, Q13, Q14**

**KEYWORDS:** Informal credit, credit rationing, credit demand and alternative finance.

## INTRODUCCIÓN

Desarrollar el mercados de derivados requiere modelos de valoración acordes con la naturaleza del precio spot del subyacente, así el modelo de Black & Sholes valora el precio de un derivado bajo el supuesto que el subyacente es una acción cuyo precio sigue un Movimiento Browniano Geométrico (Black & Scholes, 1973) por su parte Fisher Black (1976), reconoce que el precio spot de un commodity no sigue un Movimiento Browniano Geométrico y propone un modelo mediante el cual se valora el forward del commodity y no el precio spot, este modelo considera que el precio del forward si sigue un comportamiento de acuerdo al Movimiento Browniano Geométrico (Black, 1976). Hull and White (1987), reconoce que el precio del subyacente tiene volatilidad estocástica que puede ser modelada (Hull & White, 1987). Modelos más sofisticados incluyen saltos de volatilidad conocidos como procesos de difusión con saltos (Venegas Martínez, 2008).

Ahora bien, los modelo de valoración de un derivado cuyo subyacente es un commodity agropecuario, presenta condiciones especiales que lo diferencia de un derivado con subyacente financiero y para los cuales los modelos de valoración de mayor difusión no responden a las condiciones particulares del mercado colombiano, dado que el precio de un commodity no sigue un movimiento geométrico Browniano ni se cuenta con un histórico de precios forward para replicarlo (Cárcamo Cárcamo & Arbeláez López, 2008). Cada producto puede presentar un modelo específico

de comportamiento dados los factores que influyen en la formación del precio spot de los productos agrícolas, identificar el modelo que describe el comportamiento del precio, es el primer paso para hacer un adecuado diseño y valoración de productos financieros derivados sobre commodities agropecuarios para Colombia.

El mercado spot de los productos agrícolas está afectado por múltiples riesgos, políticos, climáticos y de estacionalidad de las cosechas, el presente trabajo busca identificar los riesgos de mercado asociados a los precios spot de la papa negra en la central de abastos de Bogotá (CORABASTOS), para lo cual se ajusta un modelo ARIMA-GARCH a partir de la metodología Box and Jenkins (Box & Jenkins, 1973). Una vez ajustado el modelo, se describe el comportamiento histórico del precio spot, a partir del análisis de los boletines diarios del Sistema de Información de Precios. Como conclusión se presenta un análisis de los riesgos políticos y climáticos, al igual que la estacionalidad de las cosechas, como factores que describen el comportamiento del precio.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Génesis de Valoración de Opciones

El Riesgo se entiende como la probabilidad de que un evento no deseado ocurra afectando los resultados esperados, el riesgo de mercado, por su parte, se entiende como la incertidumbre que tiene un inversionista producto del cambio en el precio de un producto, que pueda afectar sus flujos de efectivo actuales y futuros. La decisión racional de los agentes económicos, se fundamenta en maximizar sus rendimientos y minimizar sus riesgos. En este sentido, cualquier inversionista buscará la manera de protegerse ante el riesgo que perciba del mercado y que pueda afectar sus inversiones. En este sentido, el desarrollo de productos derivados ha tenido una gran acogida en los mercados financieros, dada su capacidad de adaptarse a las necesidades de los inversionistas.

Hull & White, (1987) reconoce que, considerar la volatilidad constante puede ser un problema al valorar opciones sobre activos, en ese sentido desarrolla un modelo que permite valorar las opciones considerando la volatilidad mediante un proceso estocástico, reconocen que cuando la volatilidad no está correlacionada con el precio del subyacente se puede llegar al precio de una opción europea mediante una modificación de la fórmula de Black & Sholes considerando la media de la volatilidad instantánea en cada momento  $t$ , mientras que cuando está correlacionada se modela mediante métodos numéricos. Por su parte Liu & Tang, (2011) desarrolla un modelo mediante el cual concluye la heterocedasticidad de la convenience yield, la relación positiva entre

la volatilidad del precio spot y la convenience yield, y la dependencia de una prima de riesgo en el futuro. Recocer que la volatilidad presenta heterocedasticidad, sugiere la modelación de la volatilidad mediante procesos GARCH. En este mismo sentido Fouque, Papanicolaou, & Sircar, (2000) argumentan multiples modelos para modelar la volatilidad estocastica.

## Aproximaciones a la valoración de derivados en Colombia

Cárcamo Cárcamo & Arbeláez López, (2008) hacen una revisión del comportamiento del precio spot tanto de la papa capira como del frijol verde, en la central de Abastos de Medellín, los autores encuentran que los modelos ARIMA que describen el comportamiento de los commodities, se diferencia considerablemente del movimiento browniano geométrico, por lo que concluyen que la aplicación del Modelo de Black-Sholes para valorar activos con estos subyacente conlleva un error en la valoración. Por ultimo lo autores recomiendan la modelación del riesgo como tarea previa a la selección de un modelo de valoración. También, se reconoce la dificultad de aplicar los modelos de no arbitraje o replica de portafolio, dada el limitado acceso a datos de mercado.

Por su parte Diaz Tinoco & Venegas-Martínez, (2001) presentan un modelo de equilibrio general, para que en una economía pequeña y abierta se desarrolle un mercado de derivados agropecuarios en Mexico. Mediante el análisis de oportunidades arbitraje, determina múltiples escenarios en los cuales podría ser factible dicho mercado, sin embargo concluye que el mercado de futuros agrícolas deberá alcanzar niveles internacionales de productividad y eficiencia, para que pueda cumplir su función principal de cobertura. Cárcamo Cárcamo & Franco Ceballos, (2012) replican el modelo de Diaz & Venegas, para el mercado del aceite de palma en Colombia, el documento concluye que el modelo es aplicable para Colombia, especialmente para productos que desarrollan mercado internacional.

Por último, el trabajo de Zapata, María, & Maya Ochoa, (2008) explora los modelos ARIMA- GARCH para modelar el precio y la volatilidad de la energía eléctrica en Colombia. Encuentra que, el precio presenta un componente estocástico de reversión a la media y otro determinístico asociado a la estacionalidad, por su parte, describe la volatilidad con modelo EGARCH (1,1) y sugiere explorar modelos de volatilidad estocástica en tiempo continuo o modelos de saltos de difusión.

**METODOLOGIA** Para el presente trabajo se consideró la serie de precio del Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA) publicada mediante boletines diarios por el Departamento Nacional de Estadística (DANE). La serie se encuentra corresponde a los precios de la papa negra en la central de abastos de Bogotá (CORABASTOS) desde el 12 de Junio de 2012

hasta el 14 de Octubre de 2016. Los precios que se presentan corresponden a los precios de venta de mayorista tomados en el momento de mayor volumen de negociación. El precio es informado por el mayorista, se construye un primer boletín que es publicado como metodología de control. La información es publicada mediante boletines diarios, semanales y mensuales, para este trabajo se utilizó la información de los boletines diarios, que debieron ser organizados para que reflejaran el comportamiento histórico del precio. Al final se obtuvieron 1064 datos. Se resalta que la serie no presenta datos para los días sábados, domingos y festivos.

La descripción de la serie se realizó aplicando la metodología Box & Jenkins, (1973) mediante la cual se ajustó un modelo autoregresivo de media móvil ARIMA para modelar el comportamiento del precio, adicional se realizan pruebas para identificar heterocedasticidad de la volatilidad, dado el resultado se realizó un modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizado GARCH (Bollerslev, 1986) para modelar la volatilidad. La serie se trabajó mediante el Software R, de acuerdo con las aplicaciones sugeridas por Cryer & Chan, (2008) y Tsay, (2002).

## RESULTADOS

Se estimó el modelo ARIMA y GARCH se estima en su conjunto un modelo ARIMA(1,1,1) + GARCH(1,1) los parámetros se presentan en la Tabla 2. También Se aplican pruebas de normalidad y correlación a los residuos, se concluye que los residuos no muestran autocorrelación pero no pasan las pruebas de normalidad, no se puede concluir que los residuos sean ruido blanco, en la tabla 3, se muestran los resultados de las pruebas aplicadas a los residuos del modelo conjunto.

**Tabla 2:** parámetros del modelo ARIMA(1,1,1) + GARCH(1,1)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t value</i>	<i>Pr(&gt; t )</i>	<i>Significancia</i>
<i>Mu</i>	7.079044	3.598105	1.967	0.049133	*
<i>ar1</i>	0.992844	0.003733	265.961	<2.00E-16	***
<i>ma1</i>	-0.126476	0.03808	-3.321	0.000896	***
<i>Omega</i>	181.909716	6.290803	28.917	<2.00E-16	***
<i>alpha1</i>	0.136743	0.020546	6.655	2.83E-11	***
<i>beta1</i>	0.816644	0.014628	55.827	<2.00E-16	***

Esta tabla muestra los parámetros calculados para un modelo ARIMA(1,1,1) + GARCH (1,1). Se muestran los parámetros, el error estándar, t valor y la probabilidad del t-valor. Para los parámetros ar1, ma1, omega, alpha y beta, se consideran significativos. Mu tiene significancia menor a los otros parámetros.

## Hechos significativos durante el periodo

Por último, al analizar la serie a partir de los hechos históricos, se logró identificar que los periodos de sequía prolongados, como los ocurridos durante el finales de 2013 y a lo largo de 2014, al igual que el fenómeno de sequía presente desde el último trimestre de 2015 hasta el primer semestre de 2016. La serie también se ve afectada por problemas socio-políticos, el precio de la papa se ve fuertemente afectado por el paro nacional agropecuario de 2013 y el paro de camioneros en 2016.

## CONCLUSIÓN

El presente documento hace un análisis de la serie de precios spot de papa negra en la central mayorista de Bogotá (Corabastos), con el fin de modelar el comportamiento del precio con el fin de dar luces sobre la posibilidad de diseñar y valorar un producto derivado que permita hacer cobertura de riesgos de mercado por parte de los productores. Al aplicar la metodología Box & Jenkins, se ajusta un modelo ARIMA (1,1,1) y GARCH (1,1), dadas las características de los resultados se evidencia que el precio spot de la papa no sigue un movimiento browniano geométrico por lo que no se podría proponer un modelo de valoración como la función diferencial de Black & Scholes (1973) o Black (1976). El modelo sugiere un proceso de reversión a la media, por lo que se sugiere considerar modelos de valoración que consideren procesos Ornstein – Uhlenbeck, que incluyan no solo el proceso con reversión a la media sino también los clusters de volatilidad.

## Bibliografía

- Bessembinder, H., Coughenour, J. F., Seguin, P. J., & Smoller, M. M. (1995). Mean reversion in equilibrium asset prices: evidence from the futures term structure. *Journal of Finance*, 50(1), 361–375. <http://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1995.tb05178.x>
- Black, F. (1976). The pricing of commodity contracts. *Journal of Financial Economics*, 3(1–2), 167–179. [http://doi.org/10.1016/0304-405X\(76\)90024-6](http://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90024-6)
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637. <http://doi.org/10.1086/260062>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327.

- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1973). Some Comments on a Paper by Chatfield and Prothero and on A Review by Kendall. *Journal of the Royal Statistical Society*, 136(3), 337–352. <http://doi.org/10.2307/2344995>
- Cárcamo Cárcamo, U., & Arbeláez López, J. (2008). Modelos de tiempo continuo para commodities agrícolas En Colombia. *AD-Minister; No 11 (2007), (11)*, 42–63. Retrieved from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/565>
- Cárcamo Cárcamo, U., & Franco Ceballos, L. E. (2012). Una Aproximación A La Estimación De Rendimientos De Conveniencia Y Precios Teóricos De Futuros Para Commodities Agropecuarios En Colombia. *Cuadernos de Administración*, 25(44), 141–173.
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis. With Applications to R*. Iowa City,: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-0-387-75959-3>
- Díaz Tinoco, J., & Venegas-Martínez, F. (2001). Política Agrícola y Contratos de Futuros: Un modelo de Arbitraje. *Momento Económico*, (115), 2–21.
- Fouque, J.-P., Papanicolaou, G., & Sircar, K. R. (2000). Derivatives in financial markets with stochastic volatility.
- Geman, H. (2007). Mean reversion versus random walk in oil and natural gas prices. *Advances in Mathematical Finance*, 10. <http://doi.org/10.1007/978-0-8176-4545-8>
- Gibson, R., & Shwartz, E. S. (1990). Stochastic Convenience Yield and the Pricing of Oil Contingent Claims. *The Journal of Finance*, 45(3), 959–976. <http://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1990.tb05114.x>
- Hull, J., & White, A. (1987). The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities. *The Journal of Finance*, 42(2), 281–300. <http://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1987.tb02568.x>
- Liu, P., & Tang, K. (2011). The stochastic behavior of commodity prices with heteroskedasticity in the convenience yield. *Journal of Empirical Finance*, 18(2), 211–224. <http://doi.org/10.1016/j.jempfin.2010.12.003>
- Pindyck, R. S. (1999). The Long-Run Evolution of Energy Prices. *The Energy Journal*, 20(2), 1–27.
- Tsay, R. S. (2002). *Analysis of Financial Time Series*. Chicago: John Wiley & Sons, Inc. <http://doi.org/10.1111/1475-6803.00029>
- Venegas Martínez, F. (2008). *Riesgos Financieros y económicos*. (J. T. Pérez Bonilla, Ed.) (Segunda Ed). México, D.F.: Cengage Learning Editores.

Zapata, G., María, M., & Maya Ochoa, C. (2008). Volatility modeling of electric power prices in Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12), 87–114. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1692-33242008000100006&lng=en&nrm=iso&tIng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-33242008000100006&lng=en&nrm=iso&tIng=es) \n[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242008000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242008000100006)