

**RELACIÓN DEL PRECIO DEL BIODIESEL EN EL MERCADO
DE COMMODITIES NORTEAMERICANO Y EL PRECIO DEL
ACEITE DE PALMA AFRICANA EN COLOMBIA**



LAURA BETANCOURT RESTREPO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO: JUAN CAMILO RIVERA ORDOÑEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

BOGOTÁ

2010

**RELACIÓN DEL PRECIO DEL BIODIESEL EN EL MERCADO
DE COMMODITIES NORTEAMERICANO Y EL PRECIO DEL
ACEITE DE PALMA AFRICANA EN COLOMBIA**



Taller de Grado II

LAURA BETANCOURT RESTREPO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO: JUAN CAMILO RIVERA ORDOÑEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

BOGOTÁ

2010

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	11
2.	Justificación	12
2.1	Características	14
2.1.1	Número de Cetano	14
2.1.2	Estabilidad.....	15
2.1.3	Azufre	15
3.	Planteamiento de problema.....	16
3.1	Antecedentes	16
3.2	Formulación	19
4.	Objetivos	20
4.1	Objetivo General.....	20
4.2	Objetivos Específicos.....	20
5.	Resumen Ejecutivo	21
6.	Desarrollo de la Investigación	23
6.1	Construcción de la base de datos	23
6.2	Búsqueda de la volatilidad de ambas variables.....	24
6.2.1	Biodiesel	24
6.2.2	Aceite de Palma	28
6.3	Escogencia del modelo a realizar.....	31
6.3.1	Resultados Modelo GARCH.....	31
6.3.2	Resultados Modelo ARIMA	33
6.3.3	Comparación de modelos.....	35
7.	Proyecciones	38
7.1	Precio Aceite de Palma	38
7.2	Precio Biodiesel	42
7.3	Lineas de Tendencia: Ambas Variables.....	45
7.4	Encuentro de rezagos	51
8.	Análisis Crítico del Marco Teórico.....	54
9.	Desarrollo de la Metodología.....	56
10.	Aportes Propios.....	56

11.	Resultados y Conclusiones	57
11.1	Biodiesel	57
11.2	Aceite de Palma	60
11.3	Biodiesel y Aceite de Palma	63
12.	Recomendaciones de acuerdo al tema	65
13.	Bibliografía	66

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Volatilidad Biodiesel	27
Gráfico 2. Volatilidad Aceite de Palma	30
Gráfico 3. Precios Proyectados Vs. Precios Reales del Biodiesel con modelo GARCH.....	32
Gráfico 4. Precios Proyectados Vs. Precios Reales del Aceite de Palma con modelo GARCH.....	33
Gráfico 5. Precios Proyectados Vs. Precios Reales Biodiesel con modelo ARIMA	34
Gráfico 6. Precios Proyectados Vs. Precios Reales Aceite de Palma con modelo ARIMA	34
Gráfico 7. Comparación Modelos GARCH y ARIMA para Precio Biodiesel.....	36
Gráfico 8. Comparación Modelos GARCH y ARIMA para Precio Aceite de Palma.....	36
Gráfico 9. Precios Proyectados del Aceite de Palma, enero 2008 – mayo 2010.....	38
Gráfico 10. Precio del Biodiesel, enero 2008 – mayo 2010.....	42
Gráfico 11. Línea de Tendencia: Promedios Móviles para Biodiesel n = 2 periodos	46
Gráfico 12. Línea de Tendencia: Promedios Móviles para aceite de palma n = 2 periodos	46
Gráfico 13. Biodiesel, Líneas de Tendencia: Medias Móviles, n=3, 5, 7	47
Gráfico 14. Aceite de Palma, Líneas de Tendencia: Medias Móviles, n=3, 5, 7	48
Gráfico 15. Línea de Tendencia: Polinómica para Biodiesel.....	49
Gráfico 16. Línea de Tendencia: Polinómica para aceite de palma	49
Gráfico 17. Biodiesel, Línea de Tendencia: Polinómica orden 6.....	50
Gráfico 18. Aceite de palma, Línea de Tendencia: Polinómica orden 6.....	51
Gráfico 19. Rezagos más significativos	53
Gráfico 20. Precios Reales y Proyectados Biodiesel entre el 1 de enero de 2008 y el 25 de abril de 2010	58
Gráfico 21. Precios del Biodiesel Proyectados por medio de Media Móvil y Reales entre el 1 de enero de 2008 y 24 de mayo de 2010	59
Gráfico 22. Datos Reales Precio Biodiesel y Proyección ARIMA.....	60
Gráfico 23. Precios Reales y Proyectados Aceite de Palma entre el 1 de enero de 2008 y el 25 de abril de 2010	61
Gráfico 24. Precio del Aceite de Palma Proyectado por medio de Media Móvil y Reales entre el 1 de enero de 2008 y 24 de mayo de 2010	62
Gráfico 25. Datos Reales Precio Aceite de Palma y Proyección ARIMA	63

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Importaciones de aceite de palma en miles de toneladas año 2007.....	13
Tabla 2. Producción de diferentes productos derivados de la palma africana 2003 – 2007	16
Tabla 3. Producción de aceite de palma según país.....	19
Tabla 4. Volatilidad de Biodiesel	24
Tabla 5. Volatilidad del Aceite de Palma	28
Tabla 6. Resumen de valores de decisión para escogencia del modelo.....	37
Tabla 7. Precios Proyectados del Aceite de palma, enero 2008 – mayo 2010	38
Tabla 8. Precio del Biodiesel, enero 2008 – mayo 2010	42
Tabla 9. Análisis de Variable Dependiente e Independiente	52
Tabla 10. Rezagos más significativos.....	53

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de grado, pretende realizar un modelo de tipo econométrico en el cual se pueda predecir el precio del fruto de la palma africana teniendo como base los precios históricos de la misma y los precios históricos del biodiesel en el mercado de commodities norteamericano.

Se escogerá qué modelo será el óptimo para llegar al resultado deseado entre el GARCH, y el ARIMA; a partir de éste, se calculará la volatilidad de las dos variables significativas. A continuación se proyectarán los datos, que servirán para tomar una decisión.

Esta es una investigación y una tarea relevante ya que existen 357.047 hectáreas de palma africana sembradas actualmente en Colombia, lo que significa una gran cantidad de producción que justifica la realización del modelo.

2. JUSTIFICACIÓN

El gobierno colombiano define los biocombustibles como:

“Se entiende por Biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel aquel combustible líquido o gaseoso que ha sido obtenido de un vegetal o animal que se puede emplear en procesos de combustión y que cumplan con las definiciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente, destinados a ser sustituto parcial o total del ACPM utilizado en motores diesel.

Al menos los productos listados a continuación pueden considerarse biocombustibles para motores diesel:

- a) Bioetanol. Etanol producido de biomasa y/o de residuos biodegradables para ser utilizado como biocombustible;
- b) Biodiesel. Metil/Etil éster producido por aceite vegetal o animal de la calidad de un diesel;
- c) Biometanol. Metanol producido a partir de Biomasa.
- d) Biodimetiléter. Dimetiléter producido a partir de biomasa;
- e) Biocombustibles sintéticos. Hidrocarburos sintéticos o mezclas de los mismos que han sido producidos a partir de biomasa;
- f) Biohidrógeno. Hidrógeno producido de biomasa y/o residuos biodegradables.
- g) Aceites Vegetales Puros. Aceites producidos de vegetales a través de presión, extracción o procedimientos similares, crudos o refinados, pero no modificados químicamente cuando son compatibles con el tipo de motores en los que se utilizarán.”¹

El crecimiento de las plantaciones de palma africana en Colombia ha aumentado significativamente. Se calcula que el crecimiento mundial que tendrá entre el 2002 y el 2030 es del 60%².

¹Colombia, Congreso Nacional de la República (2004, 31 de diciembre). “Ley 939 del 31 de diciembre de 2004, por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones”, en *Diario Oficial*, num. 45.778, 31 de diciembre de 2004, Bogotá.

²Ospina, M. y Ochoa, D. (2001). *La palma Africana en Colombia. Apuntes y Memorias*, Bogotá, Fedepalma.

Debido a que el tamaño de este sector es tan grande y está en aumento, es necesario que estas empresas puedan aprovechar las oportunidades de los cambios en el precio del diesel en el exterior, específicamente en los Estados Unidos, para decidir cuál sería el momento indicado para vender el fruto.

Según un estudio publicado en la revista médica británica, *TheLancetJournal*, la Unión Europea y los Estados Unidos están incluyendo el biodiesel como componente para mezclar el diesel.³ Sin embargo, estas regiones no tienen la capacidad suficiente para producir la cantidad requerida de éste bien, por lo que Colombia es un exportador tentativo. A continuación se detallan los países importadores de aceite de palma africana.

Tabla 1. Importaciones de aceite de palma en miles de toneladas año 2007

País	Importaciones miles de Toneladas Año 2007	Porcentaje del total mundial
China	5.499	18,70%
Unión Europea	4.653	15,82%
India	3.688	12,54%
Paquistán	1.711	5,82%
Estados Unidos	788	2,68%
Egipto	720	2,45%
Japón	532	1,81%
Irán	420	1,43%
Otros	11.402	38,77%
Total	29.413	

Fuente: FEDEPALMA

China es el primer importador de palma africana en el mundo, seguido por la Unión Europea, en quinto lugar está Estados Unidos con una participación de 2.68% de las importaciones totales mundiales. Esta cifra es benéfica para Colombia, considerando que geográficamente, estos dos países están sumamente cerca en comparación con los otros países productores de palma africana.

³ IBID Boddiger, D (2007).

Es evidente que el crecimiento y el auge que ha tenido la palma africana entre el 2007 y el 2009 es significativo, lastimosamente los datos más recientes que posee la Federación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (FEDEPALMA) son del año 2007.

Para el año 2008, las exportaciones de productos agropecuarios significaron 5.621 millones de dólares, según la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), ésta cifra significó un aumento del 20% con respecto al año anterior. Ésta sociedad asegura que es debido al aumento de algunos bienes entre los cuales se destaca la palma africana.⁴

El papel que juega el aceite de palma en la producción de biocombustibles se manifiesta específicamente en el biodiesel. El biodiesel puede ser utilizado puro o mezclado con el petrodiesel (diesel obtenido a partir del petróleo) éste combustible es la fuente de energía de tractores, camiones, buses y carros que tengan motor apto para combustible diesel. Para enero de 2008, se reglamentó que el 5% del contenido del diesel, debía provenir de la palma africana. Obteniendo una mezcla 95 – 5, en la que el 5% es proveniente del aceite de palma y el 95% restante es diesel.⁵ Para el año 2010, se pretende aumentar la proporción del biodiesel en un 10%.⁶ No existe una cantidad máxima o mínima entre las mezclas de biodiesel con el diesel, ya que la estructura de estas dos sustancias es bastante similar. El biodiesel, se obtiene a partir de aceites vegetales o animales.

Existen varias razones por las cuales se puede afirmar que el diesel obtenido a partir de la palma africana es superior al petro diesel.

2.1 CARACTERÍSTICAS

2.1.1 Número de Cetano

Una importante cantidad del biodiesel está compuesta por un componente similar al cetano, haciendo del biodiesel una sustancia con un número de cetano mayor a 60, mientras que el diesel regular tiene un número de cetano entre 44 y 52. La base de cetano ideal es número 100,

⁴ Sociedad de Agricultores de Colombia, (2008). "Balance preliminar del comportamiento sector agropecuario en 2008 y perspectivas 2009" [en línea], disponible en: <http://www.sac.org.co/Pages/Economia/BalanceAgropecuario.htm>, recuperado: 15 de septiembre de 2009

⁵ Fedepalma. "Biodiesel para principiantes"[en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/biodiesel_pyr.htm, recuperado: 8 de septiembre de 2009

⁶ Centro de Investigación en Palma de Aceite. "Programa de procesos, usos del aceite y subproductos"[en línea], disponible en: <http://www.cenipalma.org/es/node/89>, recuperado: 13 de septiembre de 2009

por lo que entre mayor sea la cantidad de éste, el combustible tendrá mejores resultados de oxigenación.⁷ Estos mejores resultados implican una reducción de gases dañinos para el medio ambiente ya que cuando la gasolina sin ningún compuesto oxigenante se mezcla con el oxígeno del aire que se encuentra en el carburador, ésta se quema de manera inadecuada, produciendo bióxido y monóxido de carbono, los cuales generan smog y contribuyen a aumentar el efecto invernadero.⁸

2.1.2 Estabilidad

La estabilidad de un combustible, se refiere a la capacidad que tiene éste de resistir a los cambios de temperatura y a la reacción con el oxígeno del aire. El biodiesel producido del aceite de palma, tiene una mayor resistencia a cambios térmicos lo cual permite almacenarlo durante periodos de seis meses sin ningún cambio en su estructura química. Por lo tanto, al mezclarlo con diesel, sus propiedades de estabilidad mejoran.⁹

2.1.3 Azufre

Una de las razones por las cuales el diesel es sumamente reglamentado en el mundo entero es por el daño que causa al medio ambiente a raíz de la gran cantidad de azufre que éste contiene. El biodiesel es una sustancia que contiene 10 ppm (partes por millón) de azufre, mientras que la cantidad de azufre que contiene el combustible diesel está entre 1.200 y 4.000 ppm. En el mundo entero, la ley especifica que la cantidad de azufre en los combustibles debería ser menor a 500ppm.¹⁰

⁷Fedepalma, (2006).“Biodiesel – Una energía limpia del campo para Colombia” [en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/documen/2006/Cartilla_Biodiesel.pdf, recuperado: 15 septiembre de 2009

⁸ Asociación Colombiana de Ingenieros, (2004). “ABC de los alcoholes carburantes” [en línea], disponible en: www.aciem.org/bancoconocimiento/a/abcdelosalcoholescarburantesext_/ABCCARBURANTES.doc, recuperado: 29 de agosto de 2009

⁹Fedepalma, (2006).“Biodiesel – Una energía limpia del campo para Colombia” [en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/documen/2006/Cartilla_Biodiesel.pdf, recuperado: 15 septiembre de 2009

¹⁰Fedepalma, (2006).“Biodiesel – Una energía limpia del campo para Colombia” [en línea], disponible en:http://www.fedepalma.org/documen/2006/Cartilla_Biodiesel.pdf, recuperado: 15 septiembre de 2009

3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

3.1 ANTECEDENTES

Colombia es el cuarto productor de palma africana en el mundo, y en el 2007 existían 316.402 hectáreas sembradas.¹¹ Hoy en día, la cantidad de hectáreas sembradas asciende a 357.047¹² lo cual implica un aumento del 11.38% en tan solo 3 años.

La producción hasta el 2007 según producto derivado de la palma de aceite se detalla a continuación medido en toneladas:

Tabla 2. Producción de diferentes productos derivados de la palma africana 2003 – 2007

Producto / Product	Zona / Zone	2003	2004	2005	2006	2007	Part. 2007 (%)
Fruto de palma de aceite 2/ <i>FFB of oil palm</i>	Oriental / East	797.520	1.023.943	979.682	1.060.154	1.040.536	29,1
	Norte / North	786.001	898.295	946.180	974.146	1.076.559	30,1
	Central / Central	622.329	770.749	882.856	992.016	1.093.874	30,5
	Occidental / West	373.607	413.539	432.014	424.980	370.813	10,4
	TOTAL	2.579.457	3.106.526	3.240.732	3.451.295	3.581.781	100
Aceite de palma crudo 1/ <i>Crude palm oil</i>	Oriental	167.094	206.666	207.656	220.602	215.259	29,4
	Norte	160.072	183.759	194.310	203.999	221.461	30,2
	Central	122.835	156.446	181.694	203.254	223.324	30,5
	Occidental	76.632	83.518	88.937	87.832	72.401	9,9
	TOTAL	526.634	630.388	672.597	715.687	732.445	100
Almendra de palma 1/ <i>Palm kernel</i>	Oriental	35.499	46.223	48.761	51.144	49.469	29,2
	Norte	36.430	43.213	48.137	47.730	51.523	30,4
	Central	31.727	39.356	42.398	44.354	53.087	31,4
	Occidental	15.115	16.948	18.875	18.127	15.226	9,0
	TOTAL	118.772	146.740	158.172	161.355	169.305	100
Aceite de palmiste crudo 3/ <i>Crude palm kernel oil</i>	Oriental	14.874	19.166	19.645	21.375	19.837	29,2
	Norte	15.264	17.918	19.394	19.948	20.661	30,4
	Central	13.293	16.319	17.082	18.537	21.288	31,4
	Occidental	6.333	7.027	7.605	7.576	6.106	9,0
	TOTAL	49.765	60.429	63.726	67.437	67.891	100
Torta de palmiste 4/ <i>Palm kernel meal</i>	Oriental	19.560	25.643	26.695	28.464	26.915	29,2
	Norte	20.073	23.973	26.353	26.564	28.032	30,4
	Central	17.481	21.833	23.211	24.685	28.883	31,4
	Occidental	8.329	9.402	10.333	10.088	8.284	9,0
	TOTAL	65.443	80.851	86.592	89.802	92.114	100

Fuente: Fedepalma

¹¹Fedepalma, (2008). "Anuario Estadístico 2008" [en línea], disponible en : http://www.fedepalma.org/documen/2008/area_cultivada.pdf, recuperado: 6 de septiembre de 2009

¹² Ministerio de agricultura, (2009) "Empresarización de actividades agropecuarias – Biocombustibles" [en línea], disponible en : <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>, recuperado: 5 de septiembre de 2009

La palma africana crece únicamente en climas cálidos en tierras ubicadas 500 metros sobre el nivel del mar, todo esto a raíz de que es una planta tropical. En Colombia, se da en cuatro regiones del país; Norte, en departamentos como Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico y la Guajira. Oriente, en el Meta, Cundinamarca, Casanare, y Caquetá. Región central, en Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar y Bolivar. Finalmente, en la región Occidental en la que se encuentra únicamente el departamento de Nariño.¹³

A partir de cada palma africana se pueden obtener frutos del aceite de palma ya que estos se encuentran adheridos al racimo; Los dos tipos de aceite derivados se obtienen del fruto, uno llamado el aceite de palma que es el que sale de la pulpa de la fruta. El segundo tipo de aceite que lleva el nombre de aceite de palmiste que se deriva de la almendra del fruto que se encuentra en su interior. Al conseguir el aceite de palmiste se obtiene un residuo el cual es denominado torta de palmiste o de almendra. Ya que cada producto se deriva del producto inmediatamente anterior.¹⁴

Imagen 1. Derivados de la palma africana, según procedencia



Elaboración Propia

En la Imagen 1, podemos observar claramente que la cantidad producida del fruto de palma de aceite es mayor que la producción de la almendra. Así como la producción del aceite de

¹³Fedepalma, (2005). “Agroindustria de la palma de aceite” [en línea], disponible en : <http://www.fedepalma.org/pyr.htm>, recuperado: 11 de septiembre de 2009

¹⁴Fedepalma, (2005). “Agroindustria de la palma de aceite” [en línea], disponible en : <http://www.fedepalma.org/pyr.htm>, recuperado: 11 de septiembre de 2009

palmiste es menor a la cantidad de almendra. Este resultado se da, como se había expuesto anteriormente, ya que cada producto es subproducto del anterior, por lo que la producción de cada subproducto siempre será menor.

En un comienzo, el aceite de palma hacía parte de la culinaria de muchas de las civilizaciones tempranas, sin embargo se comenzó a comercializar a finales del siglo XVIII, en donde Europa importaba este aceite desde África. Su uso era básicamente engrasar debido a la mala calidad del producto. A medida que la calidad de éste mejoró sus usos se fueron incrementando, utilizándolo como jabón y posteriormente introduciendo nuevos usos como lo son lubricantes para ferrocarriles, almendras del fruto que servían como alimento para el ganado y grasas comestibles. No fue sino hasta 1911 y 1917 que se establecieron en Indonesia y Malasia las primeras plantaciones de palma africana con fines comerciales. Aproximadamente, en 1932, se introdujo la palma africana en Colombia, y en 1957 había solamente 35 mil palmas sembradas.¹⁵ En 1960 ya había 18.000 hectáreas en producción y a raíz del aumento en el cultivo de este fruto se creó en 1962 la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - FEDEPALMA.

En el año 2007¹⁶ se comenzó a usar la palma africana como fuente para biocombustible, y hoy en día en Colombia, la mayor parte de la producción se utiliza para hacer aceites y grasas. Solamente el pequeño remanente de la producción que resta se destina a la elaboración de biocombustibles, específicamente, biodiesel.

Colombia es el quinto productor de palma africana en el mundo, después de Indonesia, Malasia, Tailandia, y Nigeria. Sin embargo, es el primer productor de ésta planta en América con una participación del 1,91% de la producción mundial.

¹⁵ Ospina, M. y Ochoa, D. (2001). *La palma Africana en Colombia. Apuntes y Memorias*, Bogotá, Fedepalma.

¹⁶ Boddiger, D. (2007, 15 de septiembre – 21 de septiembre) “Boosting biofuel crops could threaten food security”, en *The Lancet*, Research Library Corepp. 923

Tabla 3. Producción de aceite de palma según país

País	Producción en miles de Toneladas Año 2007	Porcentaje de Producción Mundial
Indonesia	16.900	44,12%
Malasia	15.823	41,31%
Tailandia	1.020	2,66%
Nigeria	835	2,18%
Colombia	732	1,91%
Ecuador	396	1,03%
Otros Países	2.600	6,79%
Total	38.306	

Fuente: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite – FEDEPALMA

3.2 FORMULACIÓN

Realizar un modelo de pronóstico financiero para saber la manera en que se debe manejar el inventario de la palma africana de modo que el productor conozca el momento indicado para vender su producto.

El modelo se realiza a partir del precio del biodiesel en los Estados Unidos, y según su variación a través del tiempo. Estableciendo la relación existente entre el precio del diesel y el costo del fruto de la palma africana, se puede aconsejar a la agroindustria de la palma africana cual es el momento adecuado de vender su producto.

Hipótesis: para responder la pregunta ¿existe una relación entre el precio del biodiesel y el de la palma?

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelo de pronóstico, que sea útil para los productores de palma africana, de manera que éstos puedan obtener información acertada para tomar decisiones con respecto al manejo de inventarios. Esta herramienta permitirá predecir el precio de venta del fruto, según lo que le pasa el precio del biodiesel en los Estados Unidos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir la base de datos que alimente el modelo.
- Encontrar la volatilidad del precio del biodiesel en los Estados Unidos.
- Encontrar la volatilidad del precio de venta del fruto.
- Realizar un modelo econométrico que encuentre la relación entre el precio del biodiesel y el precio del fruto de palma africana
- Encontrar los rezagos entre las dos variables.

5. RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación pretende llevar a cabo un modelo que permita predecir el precio del aceite de palma africana, con base en el precio del biodiesel, pues como se ha dicho con anterioridad es un tema de actualidad y con altas perspectivas de crecimiento y desarrollo. En los últimos años, los esfuerzos por cuidar al planeta, han obligado a que los combustibles tradicionales derivados del petróleo evolucionen a biocombustibles derivados de biomasa: “Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”¹⁷, que contaminan menos el ambiente.

El biodiesel, siendo el biocombustible obtenido a partir de la palma africana tiene relevancia ya que éste remplazará por completo el diesel obtenido a partir del petróleo. Es por esto que debe ser estudiado antes de que la palma africana se convierta en la única fuente para obtener diesel. Para el caso de este proyecto de grado el análisis será financiero y con relación a los precios.

Se dice que el biodiesel remplazará el diesel obtenido a partir del petróleo, como se ha expresado anteriormente, ya que en Colombia, las reservas de petróleo se están agotando, y ante la falta de hallazgos de nuevos pozos, el uso de biocombustibles evidentemente ha crecido y seguirá creciendo.¹⁸ Entre los datos estadísticos de Ecopetrol se encontró que el consumo del petróleo en Colombia ha tenido una tendencia a la baja en los últimos años (a partir de 1998) así como la producción de éste mismo. Según datos de la empresa BP (British Petroleum), que de hecho es quien le suministra los datos estadísticos a Ecopetrol, las reservas de petróleo en Colombia disminuyeron el 9.8% del año 2007 al año 2008.¹⁹

El análisis financiero será realizado por medio de los modelos, GARCH, y ARIMA, para poder encontrar los precios futuros, tanto del precio del aceite de palma como del biodiesel en los Estados Unidos. El modelo que presente el mejor ajuste a los precios históricos, será el escogido para realizar la proyección de datos. El mejor ajuste será determinado por pruebas de

¹⁷ Real Academia de la lengua Española (2001). Diccionario de la lengua española, 22.^a ed., 2 tomos, Madrid, Espasa

¹⁸ Fedepalma. “Biodiesel – Introducción” [en línea], disponible en: <http://www.fedepalma.org/biodiesel.htm>, recuperado: 20 de septiembre de 2009

¹⁹ British Petroleum, (2009). “Statistical Review – 2009” [en línea], disponible en: <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023769&contentId=7044915>, recuperado: 14 de septiembre de 2009

backtesting midiendo el coeficiente de correlación entre los datos proyectados y los reales, el coeficiente r^2 entre las proyecciones y los originales y por medio del error medio cuadrático mínimo.

Por medio de varias herramientas tecnológicas, y software (Bloomberg, y la Plataforma de la Bolsa Nacional Agropecuaria de Colombia) se alimentará una base de datos, en la que se reunirá la mayor cantidad de precios históricos que estén disponibles tanto del biodiesel como del aceite de palma.

Esta información se utilizará para encontrar la volatilidad de ambas variables eligiendo el modelo que más se ajuste a los precios. El encontrar la volatilidad, facilitará el proceso para encontrar los precios futuros de dichas variables y así poder realizar una proyección.

A partir de los datos obtenidos por medio de la proyección, se podrá encontrar la relación que tienen estos dos precios, no solo con los modelos a utilizar (GARCH y ARIMA), sino con líneas de tendencia, con análisis estadístico y modelos de regresión.

Finalmente, se encontrarán los rezagos y retardos de las variables, para conocer la validez de las proyecciones realizadas.

6. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló en un tiempo de cuatro meses y medio, lo que se ajusta y concuerda con el cronograma que se había propuesto inicialmente, ya que se empezaría desde enero y realmente se comenzó a realizar en el mes de diciembre.

6.1 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La construcción de la base de datos, se desarrolló en un tiempo inferior al presupuestado; se encontraron los precios del biodiesel en la plataforma Bloomberg. Los datos se encuentran bajo el ticker “BDIEB100 Index” que realmente es el promedio de los diferentes precios entre los diferentes tipos de biodiesel que hay en los Estados Unidos.

Estos son los precios de cierre semanales, de cada jueves desde el año 2004, lo que indica que este precio cambia únicamente una vez a la semana. Los precios están dados en dólares por galón de biodiesel, que realmente es la forma como se vende el diesel en las gasolineras de los Estados Unidos.

En cuanto a los precios del fruto de la palma africana, más específicamente el precio del aceite de palma, se utilizó la plataforma habilitada en la página de la Bolsa Nacional Agropecuaria de Colombia (BNA). Esta plataforma permitió la colecta de los precios históricos del aceite de palma. Sin embargo, solo indica la información de este precio desde el año 2008. Los precios son los precios de cierre al igual que los precios del biodiesel, y también son precios semanales lo que indica nuevamente, que estos precios solamente cambian una vez a la semana.

El hecho de que ambas variables estén dadas en forma semanal, facilita la interpretación y disminuye los rezagos que se podrán encontrar al final de la investigación ya que los periodos de tiempo que existen entre los datos de una y otra variable son mucho menores.

Como los precios del aceite de palma solo existen o están disponibles desde el año 2008, se decidió realizar un recorte de los precios del biodiesel a partir del 2008, para que la comparación y para que la modelación econométrica pueda darse.

6.2 BÚSQUEDA DE LA VOLATILIDAD DE AMBAS VARIABLES

La volatilidad es una medida del riesgo total de un instrumento financiero, normalmente, el cálculo sencillo de la volatilidad se lleva a cabo con la medición de la desviación estándar o la varianza de los valores históricos. De esta forma, la volatilidad predicha para cierto periodo histórico, se tiende a generalizar y se dice que ésta volatilidad también se dará dentro de los próximos años. Claro está, entre más completa sea la serie de tiempos con la cual se calculará la volatilidad, más acertado será el valor.

6.2.1 Biodiesel

El cálculo de la volatilidad del precio del biodiesel en esta investigación, se realizó a través de un modelo GARCH. Los modelos GARCH son usualmente utilizados para pronosticar la inestabilidad de instrumentos financieros al usar los precios de sí mismo, en este caso, los precios históricos desde el 2008 del biodiesel. Para el cálculo de la volatilidad por medio del modelo GARCH solo pueden utilizarse valores positivos, razón por la cual no es posible usar las variaciones porcentuales medidas como logaritmos naturales pues estas, eventualmente pueden tomar valores negativos para los eventos en los cuales el precio disminuya. Sin embargo esto es evidente ya que los precios del biodiesel en ningún caso podrán ser negativos (pues no es posible en la práctica que un precio sea negativo). Los precios utilizados fueron precios semanales, es decir precios que se evidencian únicamente cincuenta y dos (52) veces al año, ya que hay 52 semanas en el año. La volatilidad que se presenta a continuación es la volatilidad predicha para el próximo año a partir de la volatilidad presente. Es decir, si en el primer periodo la volatilidad predicha es del 12% ésta será la volatilidad para el próximo año (desde el 1 de enero de 2008 hasta el 1 de enero de 2009).

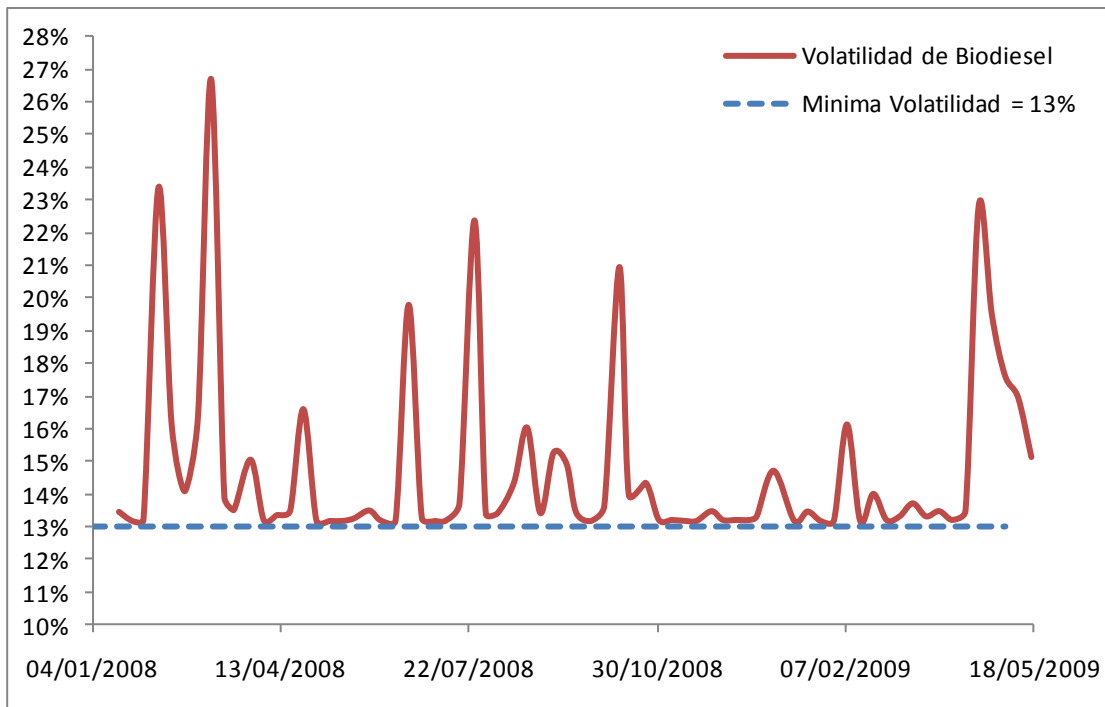
Tabla 4. Volatilidad de Biodiesel

Fecha	Período	Precio Biodiesel USD	Volatilidad
04/01/2008	0	\$ 3,93	

10/01/2008	1	\$ 3,96	
18/01/2008	2	\$ 3,96	13,44%
25/01/2008	3	\$ 3,97	13,16%
31/01/2008	4	\$ 4,19	13,19%
08/02/2008	5	\$ 4,30	23,39%
15/02/2008	6	\$ 4,36	16,11%
22/02/2008	7	\$ 4,48	14,07%
29/02/2008	8	\$ 4,78	16,37%
07/03/2008	9	\$ 4,84	26,71%
14/03/2008	10	\$ 4,88	13,90%
19/03/2008	11	\$ 4,98	13,49%
28/03/2008	12	\$ 4,97	15,04%
04/04/2008	13	\$ 5,00	13,18%
11/04/2008	14	\$ 5,04	13,34%
18/04/2008	15	\$ 4,90	13,47%
25/04/2008	16	\$ 4,90	16,59%
02/05/2008	17	\$ 4,90	13,16%
09/05/2008	18	\$ 4,90	13,16%
16/05/2008	19	\$ 4,92	13,16%
22/05/2008	20	\$ 4,96	13,24%
30/05/2008	21	\$ 4,95	13,48%
05/06/2008	22	\$ 4,95	13,18%
13/06/2008	23	\$ 4,75	13,16%
20/06/2008	24	\$ 4,73	19,79%
27/06/2008	25	\$ 4,73	13,25%
04/07/2008	26	\$ 4,72	13,16%
10/07/2008	27	\$ 4,67	13,18%
17/07/2008	28	\$ 4,44	13,70%
25/07/2008	29	\$ 4,41	22,38%
31/07/2008	30	\$ 4,44	13,38%
06/08/2008	31	\$ 4,37	13,38%
15/08/2008	32	\$ 4,26	14,34%
22/08/2008	33	\$ 4,23	16,02%
29/08/2008	34	\$ 4,14	13,40%
05/09/2008	35	\$ 4,06	15,25%
12/09/2008	36	\$ 4,09	14,90%
17/09/2008	37	\$ 4,09	13,42%
25/09/2008	38	\$ 4,05	13,16%
02/10/2008	39	\$ 3,87	13,62%
10/10/2008	40	\$ 3,82	20,95%

15/10/2008	41	\$ 3,76	13,96%
24/10/2008	42	\$ 3,77	14,33%
31/10/2008	43	\$ 3,78	13,19%
07/11/2008	44	\$ 3,78	13,19%
14/11/2008	45	\$ 3,78	13,16%
20/11/2008	46	\$ 3,81	13,16%
28/11/2008	47	\$ 3,80	13,46%
04/12/2008	48	\$ 3,79	13,19%
11/12/2008	49	\$ 3,78	13,19%
18/12/2008	50	\$ 3,80	13,19%
22/12/2008	51	\$ 3,87	13,30%
31/12/2008	52	\$ 3,87	14,70%
11/01/2009	53	\$ 3,90	13,16%
18/01/2009	54	\$ 3,90	13,45%
25/01/2009	55	\$ 3,90	13,16%
01/02/2009	56	\$ 3,80	13,16%
08/02/2009	57	\$ 3,80	16,12%
15/02/2009	58	\$ 3,75	13,16%
22/02/2009	59	\$ 3,76	13,99%
01/03/2009	60	\$ 3,74	13,19%
08/03/2009	61	\$ 3,78	13,30%
15/03/2009	62	\$ 3,80	13,70%
22/03/2009	63	\$ 3,77	13,30%
29/03/2009	64	\$ 3,78	13,46%
05/04/2009	65	\$ 3,75	13,19%
12/04/2009	66	\$ 3,56	13,47%
19/04/2009	67	\$ 3,42	22,82%
26/04/2009	68	\$ 3,31	19,50%
03/05/2009	69	\$ 3,41	17,62%
10/05/2009	70	\$ 3,34	16,94%
17/05/2009	71	\$ 3,47	15,12%

Gráfico 1. Volatilidad Biodiesel



Fuente: Elaboración Propia

Observando el gráfico anterior se puede ver que la volatilidad en ningún caso es menor de 13%, como lo demuestra la línea azul punteada. Esto indica que la volatilidad siempre será mayor al 13%, es decir, que el precio del biodiesel siempre cambiará en un valor igual o mayor al 13%.

La volatilidad promedio del precio de éste bien es de 14.70%, en dos años, la desviación estándar de ésta volatilidad es de 2,83%. El hecho de que la desviación estándar de la volatilidad sea 2,83% indica que el 66% de los datos de volatilidad están entre 17.53% (14,70% + 2,83%) y 11,87% (14,70% - 2,83%). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, como la volatilidad es ningún caso es inferior al 13%, pues el 66% de los datos evidentemente está entre el 13% y 17,53%.

6.2.2 Aceite de Palma

El cálculo de la volatilidad del precio del aceite de palma, también se realizó a través del mismo proceso, con el uso del modelo GARCH y la respectiva herramienta que proporciona el software *Risk Simulator*®.

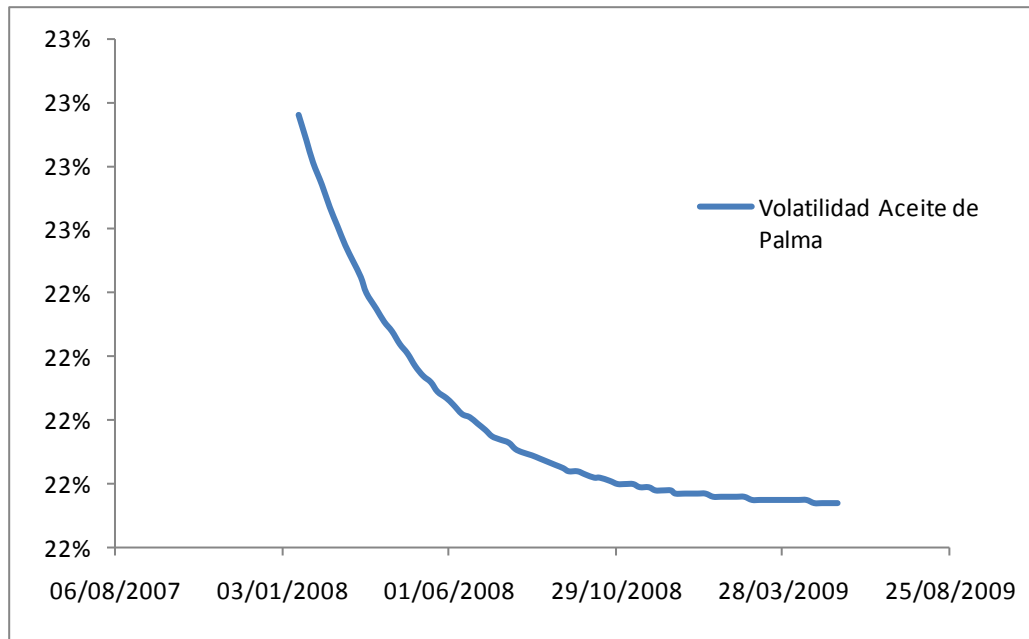
Tabla 5. Volatilidad del Aceite de Palma

Fecha	Período	Precio Aceite de Palma COP	Volatilidad
04/01/2008	0	\$ 1.812	
10/01/2008	1	\$ 1.812	
18/01/2008	2	\$ 1.962	22,96%
25/01/2008	3	\$ 1.957	22,88%
31/01/2008	4	\$ 1.987	22,81%
08/02/2008	5	\$ 2.073	22,74%
15/02/2008	6	\$ 2.129	22,67%
22/02/2008	7	\$ 2.047	22,61%
29/02/2008	8	\$ 2.152	22,55%
07/03/2008	9	\$ 2.230	22,50%
14/03/2008	10	\$ 2.336	22,45%
19/03/2008	11	\$ 2.356	22,40%
28/03/2008	12	\$ 2.180	22,35%
04/04/2008	13	\$ 2.309	22,31%
11/04/2008	14	\$ 2.291	22,28%
18/04/2008	15	\$ 2.308	22,24%
25/04/2008	16	\$ 2.287	22,21%
02/05/2008	17	\$ 2.259	22,17%
09/05/2008	18	\$ 2.304	22,14%
16/05/2008	19	\$ 2.220	22,12%
22/05/2008	20	\$ 2.184	22,09%
30/05/2008	21	\$ 2.179	22,07%
05/06/2008	22	\$ 2.202	22,05%
13/06/2008	23	\$ 2.227	22,02%
20/06/2008	24	\$ 2.229	22,01%
27/06/2008	25	\$ 2.274	21,99%
04/07/2008	26	\$ 2.265	21,97%
10/07/2008	27	\$ 2.191	21,95%
17/07/2008	28	\$ 2.166	21,94%

25/07/2008	29	\$ 2.190	21,93%
31/07/2008	30	\$ 2.211	21,91%
06/08/2008	31	\$ 2.142	21,90%
15/08/2008	32	\$ 2.119	21,89%
22/08/2008	33	\$ 2.083	21,88%
29/08/2008	34	\$ 1.995	21,87%
05/09/2008	35	\$ 1.880	21,86%
12/09/2008	36	\$ 1.774	21,85%
17/09/2008	37	\$ 1.730	21,84%
25/09/2008	38	\$ 1.745	21,84%
02/10/2008	39	\$ 1.715	21,83%
10/10/2008	40	\$ 1.670	21,82%
15/10/2008	41	\$ 1.687	21,82%
24/10/2008	42	\$ 1.686	21,81%
31/10/2008	43	\$ 1.721	21,80%
07/11/2008	44	\$ 1.688	21,80%
14/11/2008	45	\$ 1.600	21,80%
20/11/2008	46	\$ 1.667	21,79%
28/11/2008	47	\$ 1.683	21,79%
04/12/2008	48	\$ 1.595	21,78%
11/12/2008	49	\$ 1.592	21,78%
18/12/2008	50	\$ 1.547	21,78%
22/12/2008	51	\$ 1.521	21,77%
31/12/2008	52	\$ 1.521	21,77%
11/01/2009	53	\$ 1.573	21,77%
18/01/2009	54	\$ 1.586	21,77%
25/01/2009	55	\$ 1.564	21,76%
01/02/2009	56	\$ 1.549	21,76%
08/02/2009	57	\$ 1.534	21,76%
15/02/2009	58	\$ 1.596	21,76%
22/02/2009	59	\$ 1.632	21,76%
01/03/2009	60	\$ 1.638	21,75%
08/03/2009	61	\$ 1.687	21,75%
15/03/2009	62	\$ 1.790	21,75%
22/03/2009	63	\$ 1.827	21,75%
29/03/2009	64	\$ 1.830	21,75%
05/04/2009	65	\$ 1.820	21,75%
12/04/2009	66	\$ 1.753	21,75%
19/04/2009	67	\$ 1.763	21,75%
26/04/2009	68	\$ 1.699	21,74%

03/05/2009	69	\$ 1.711	21,74%
10/05/2009	70	\$ 1.699	21,74%
17/05/2009	71	\$ 1.861	21,74%

Gráfico 2. Volatilidad Aceite de Palma



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la anterior gráfica, la volatilidad del precio del aceite de palma, tiene una tendencia a la baja, eso quiere decir que a medida que han pasado los años, ha tendido a ser un precio más estable. Sin embargo, la volatilidad sigue siendo sumamente alta, con un promedio de 22% en tan solo dos años.

Como bien se evidencia, la volatilidad de este commodity es mayor que la volatilidad del Biodiesel, esto puede ser causado porque es un bien que se tranza más en bolsa y por lo tanto su precio es más inestable. Otras causas pueden ser que la obtención de este bien, depende únicamente de las 357.047 hectáreas que existen sembradas en Colombia, por lo que si existiese un cambio climático en este país, el precio del aceite de palma se vería gravemente afectado. Mientras que si en los Estados Unidos, existiese un cambio climático no se vería afectado el precio del biodiesel, considerando además que la materia prima de este bien puede ser conseguida en varios países.

Por otro lado, se debe analizar el hecho de que la volatilidad del biodiesel sea tan cambiante, es decir, no tiene una tendencia clara, simplemente aumenta y disminuye sin ningún patrón aparente. Mientras que la volatilidad del aceite de palma, que como se ha expresado anteriormente, tiene una clara tendencia a la baja, puede continuar en ese mismo curso.

6.3 ESCOGENCIA DEL MODELO A REALIZAR

Se realizaron los modelos GARCH y ARIMA, de modo que entre estos dos, se escogió el que presentó un mejor ajuste para desarrollar la investigación. Teniendo en cuenta los criterios de error cuadrático medio, coeficiente de correlación, y correlación (r^2) entre los precios proyectados y los precios reales, como se ha mencionado anteriormente.

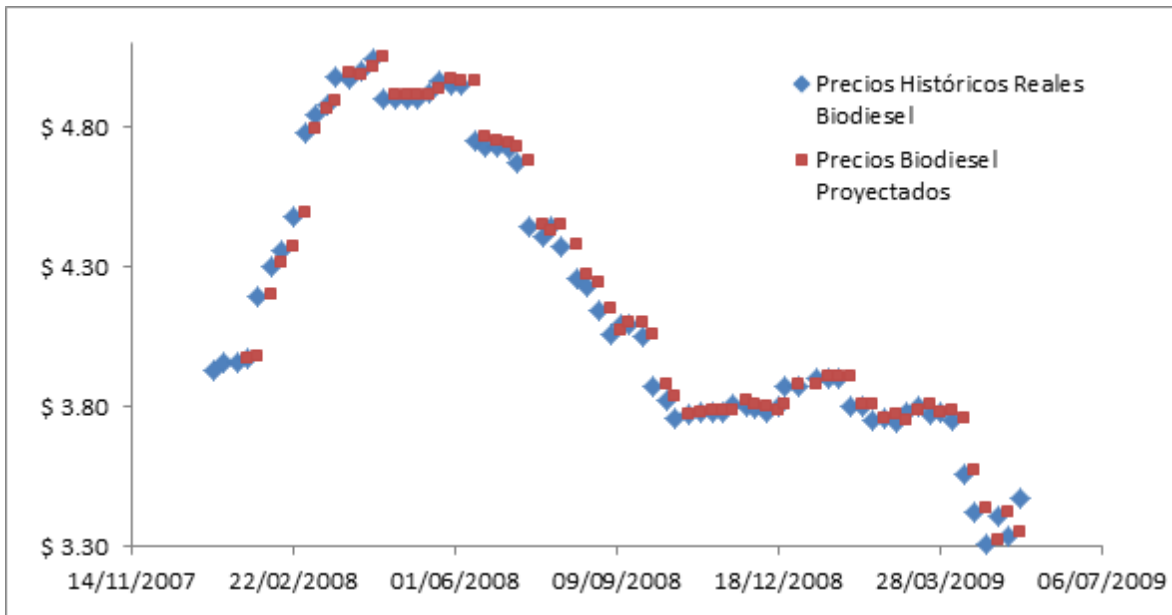
6.3.1 Resultados Modelo GARCH

Los resultados del modelo GARCH, arrojaron la volatilidad anual de cada una de las variables a lo largo de los dos años que se están vislumbrando en esta investigación. La volatilidad fue la herramienta que se utilizó para proyectar los precios.

En cuanto al precio del biodiesel, se calculó que el error promedio de este bien en cuanto al precio real y con respecto al precio proyectado, arrojan un valor de 0,0868, lo que significa una gran exactitud en cuanto a las proyecciones realizadas. De la misma forma, el coeficiente de correlación entre los datos proyectados y los datos reales es de 0.9859 así como el r^2 equivale a 0.9719.

A continuación se muestra la gráfica entre los precios reales y los precios proyectados del biodiesel por medio del modelo GARCH

Gráfico 3. Precios Projectados Vs. Precios Reales del Biodiesel con modelo GARCH

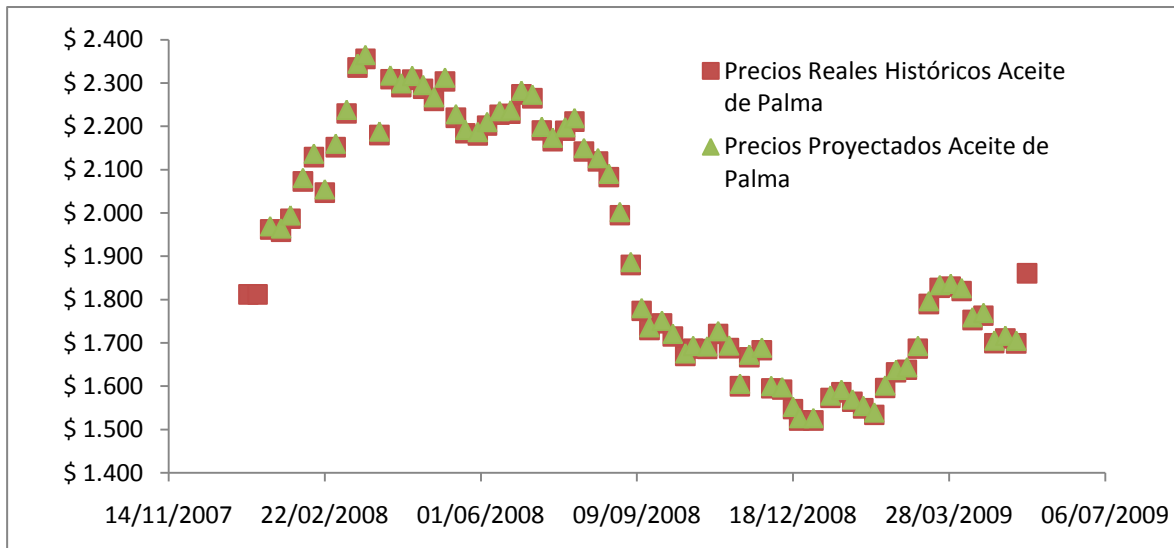


Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los resultados del modelo GARCH en cuanto al precio del aceite de palma, entre los 72 datos incluidos, arroja un error mínimo cuadrático de 60,3426, que de igual manera es un valor bastante pequeño. El coeficiente de correlación entre los precios del aceite de palma reales – históricos y los precios proyectados es de 0.9763 y un R^2 igual a 0.9531.

A continuación se muestra la gráfica entre los precios reales y los precios proyectados del aceite de palma por medio de las volatilidades arrojadas por el modelo GARCH.

Gráfico 4. Precios Proyectados Vs. Precios Reales del Aceite de Palma con modelo GARCH



Fuente: Elaboración Propia

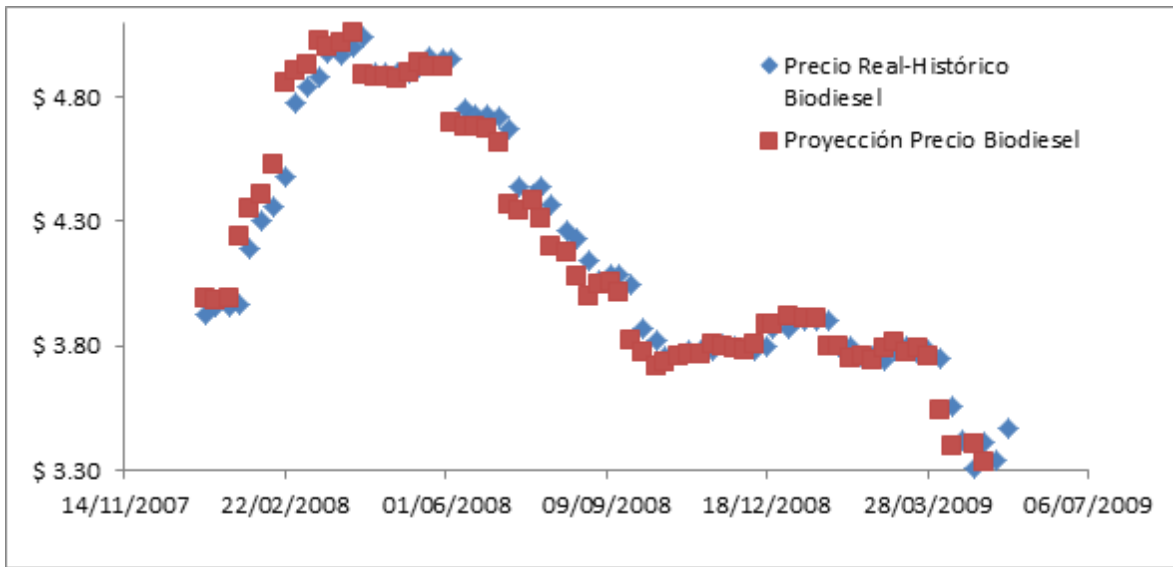
6.3.2 Resultados Modelo ARIMA

El modelo ARIMA (p,d,q) o AutoregressiveIntegratedMovingAverage, Modelo Autoregresivo de Media Móvil, creado por Box y Jenkins en el año de 1970. Es un modelo dinámico de series de tiempo, el cambio constante se lo permiten la media móvil utilizada. Sin embargo los resultados que se derivande la aplicación del modelo dependen estrictamente de los datos pasados de manera que se pueda lograr predecir los datos futuros.

En cuanto a los hallazgos percibidos al realizar el modelo ARIMA, se observa que se encontraron los precios proyectados a partir de la media móvil integrada que está sujeta a la realización de este modelo.

Para los precios del biodiesel, se vislumbra un coeficiente de correlación entre datos reales y proyectados de 0.9886 que evidencia un valor más cercano a uno (1) que la correlación observada en el modelo GARCH, el error mínimo cuadrático es de 0,07573 y el valor para el R^2 es de 0.9774.

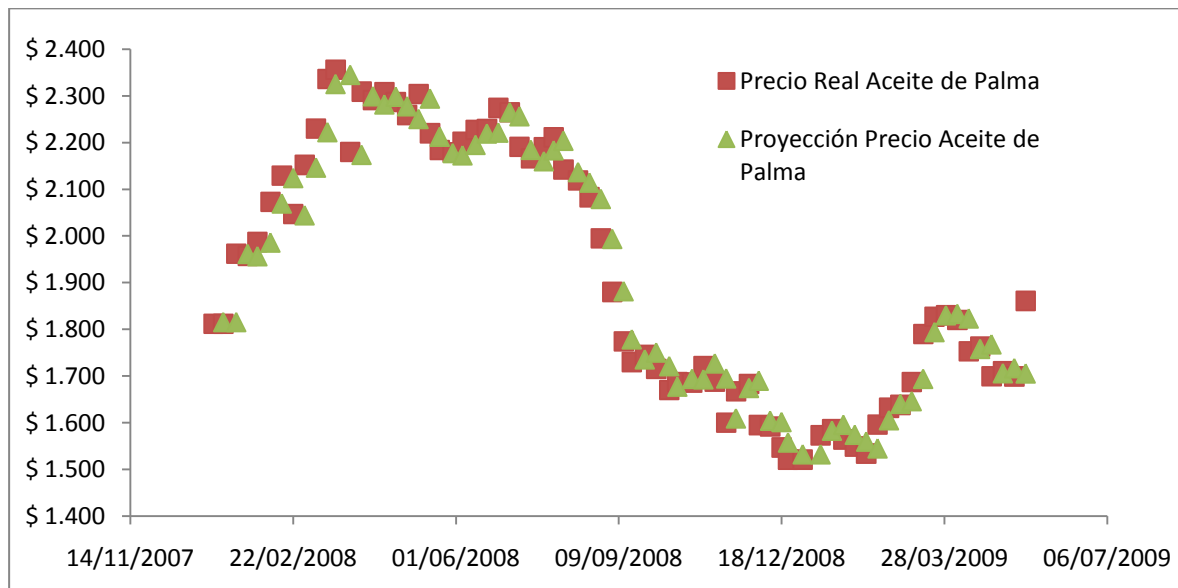
Gráfico 5. Precios Projectados Vs. Precios Reales Biodiesel con modelo ARIMA



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los hallazgos del precio del aceite de palma con el modelo ARIMA, se observa un error medio cuadrático de 60,9731, un coeficiente de correlación de 0,9741 y un coeficiente (r^2) igual a 0,94883.

Gráfico 6. Precios Projectados Vs. Precios Reales Aceite de Palma con modelo ARIMA



Fuente: Elaboración Propia

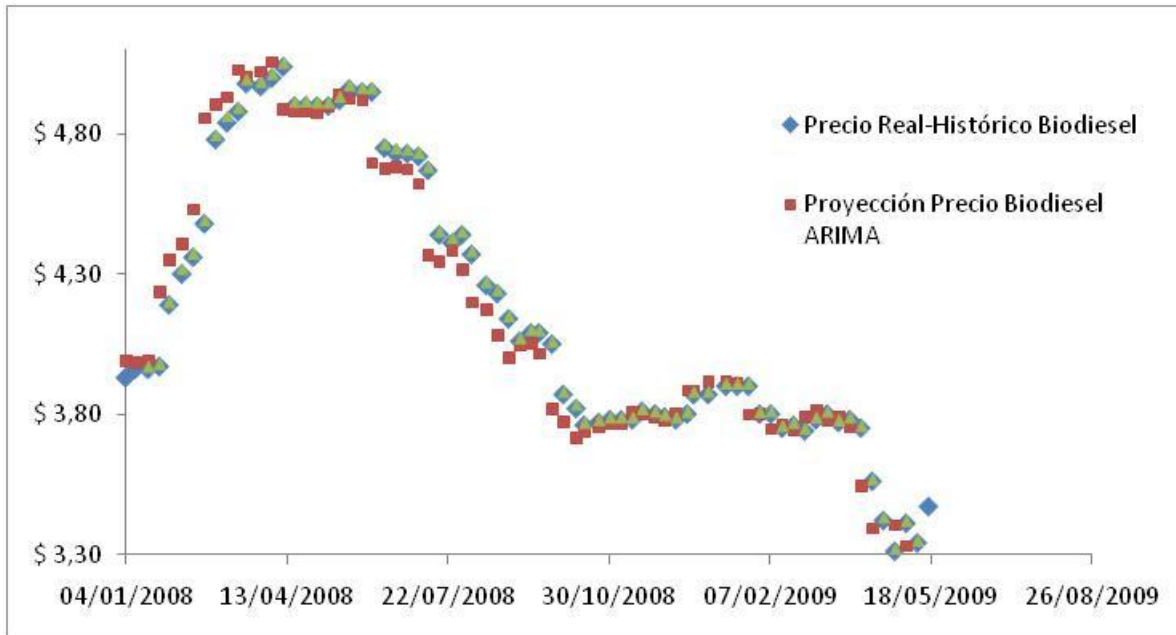
6.3.3 Comparación de modelos

De cualquier modo, la diferencia entre los coeficientes de correlación entre los modelos GARCH y ARIMA no es una diferencia significativa. Aunque el valor para el modelo ARIMA se acerca más a uno (1), el valor de referencia, mientras más cercano sea el coeficiente de correlación al uno, más precisos serán los datos. Por lo que ambos modelos serían óptimos y podrían ser utilizados para calcular los precios proyectados del aceite de palma y del biodiesel para el siguiente año. Cabe anotar, que entre más proyecciones se realicen, y entre más alejadas estén estas del último valor real conocido, menos precisa será la proyección.

Otro medio por el cual se escogió el modelo a utilizar fue por medio de un backtesting, el backtesting es “un procedimiento técnico que consiste en validar la precisión y validez de un modelo ideado para hacer estimaciones de un determinado valor contingente, mediante la comparación de las estimaciones hechas por el modelo respecto de los valores reales observados en periodos anteriores.”²⁰ El método escogido para llevar a cabo el backtesting es el del error mínimo cuadrático.

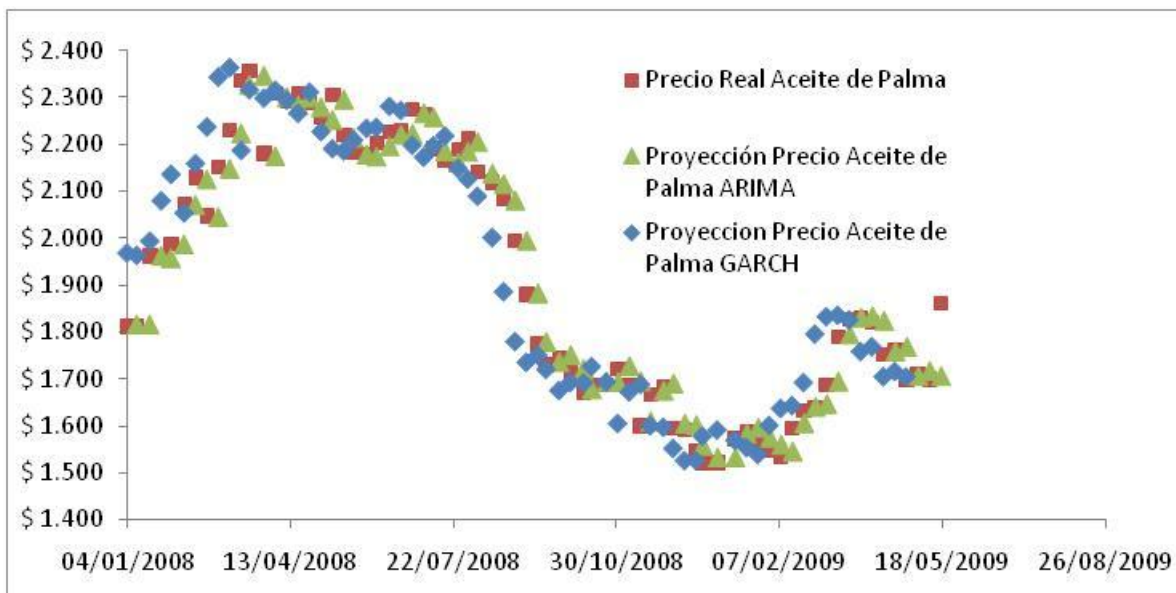
²⁰ Comisión Nacional de Seguros y Fianzas “Backtesting – Modelos de Capital y Reservas”[en línea], disponible en: http://www.amis.org.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/6_BackTesting.pdf, recuperado: 15 de marzo de 2010.

Gráfico 7. Comparación Modelos GARCH y ARIMA para Precio Biodiesel



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 8. Comparación Modelos GARCH y ARIMA para Precio Aceite de Palma



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Resumen de valores de decisión para escogencia del modelo

	BIODIESEL		ACEITE DE PALMA	
	GARCH	ARIMA	GARCH	ARIMA
Error Cuadrático Medio	0,08680	0,07573	60,34260	60,97307
Coefficiente de Correlación	0,9859	0,9886	0,9763	0,9741
Coefficiente R²	0,9719	0,97741	0,9531	0,9488

Según la información anterior y el uso de los gráficos, se decidió que el modelo óptimo para realizar las proyecciones será el modelo ARIMA para ambas variables. Se sabe que para el aceite de palma, los valores de decisión de GARCH superan los valores del ARIMA, sin embargo, éste modelo incluye en sus cálculos cambios de precios negativos, un factor que el modelo GARCH no incluye. Por lo tanto, si se escogiese un modelo GARCH para realizar las proyecciones se partiría del principio que los precios proyectados nunca disminuirán, de lo contrario, aumentarán constantemente. Esta razón, que realmente está en el método de cálculo de cada uno de los modelos, hace que el modelo escogido para proyectar el aceite de palma sea el ARIMA.

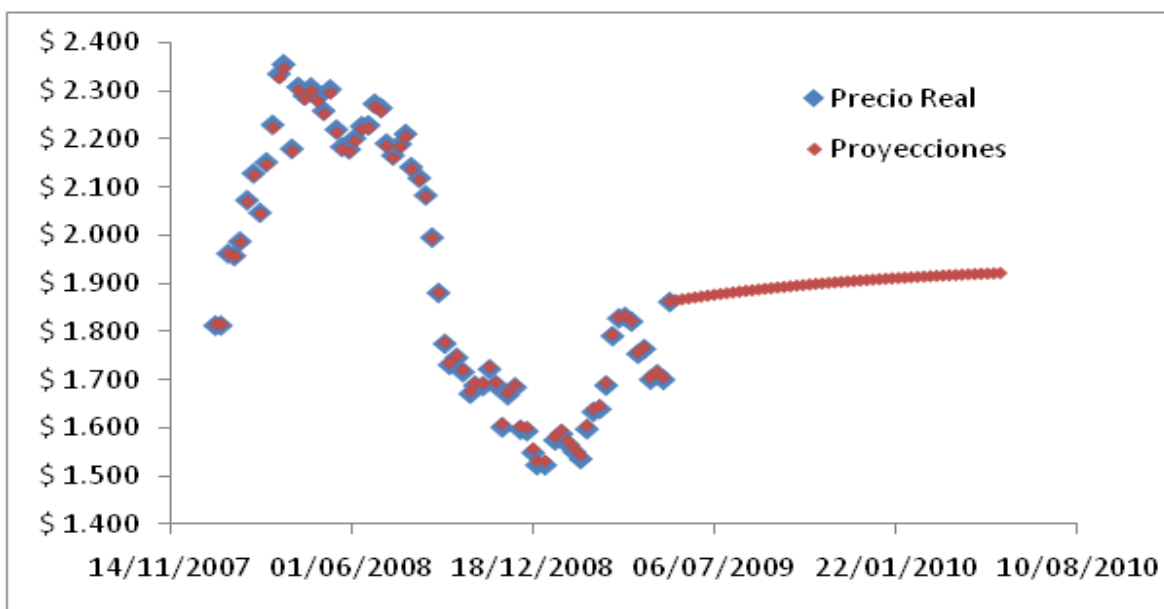
Se puede escoger fácilmente el modelo ARIMA para el aceite de palma en vez del GARCH ya que la diferencia entre los coeficientes de correlación y r^2 y el error cuadrático medio no es significativa.

7. PROYECCIONES

A continuación se muestran las proyecciones para el precio del aceite de palma y para el precio del biodiesel a partir de la semana del 23 de mayo de 2009 hasta la semana del 16 de mayo de 2010.

7.1 PRECIO ACEITE DE PALMA

Gráfico 9. Precios Proyectados del Aceite de Palma, enero 2008 – mayo 2010



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Precios Proyectados del Aceite de palma, enero 2008 – mayo 2010

Proyecciones Aceite de Palma			
Fecha	Periodo	Precio Real	Proyección
04/01/2008	1	\$ 1.812	
10/01/2008	2	\$ 1.812	\$ 1.815
18/01/2008	3	\$ 1.962	\$ 1.815
25/01/2008	4	\$ 1.957	\$ 1.961
31/01/2008	5	\$ 1.987	\$ 1.957
08/02/2008	6	\$ 2.073	\$ 1.986
15/02/2008	7	\$ 2.129	\$ 2.069
22/02/2008	8	\$ 2.047	\$ 2.124
29/02/2008	9	\$ 2.152	\$ 2.044

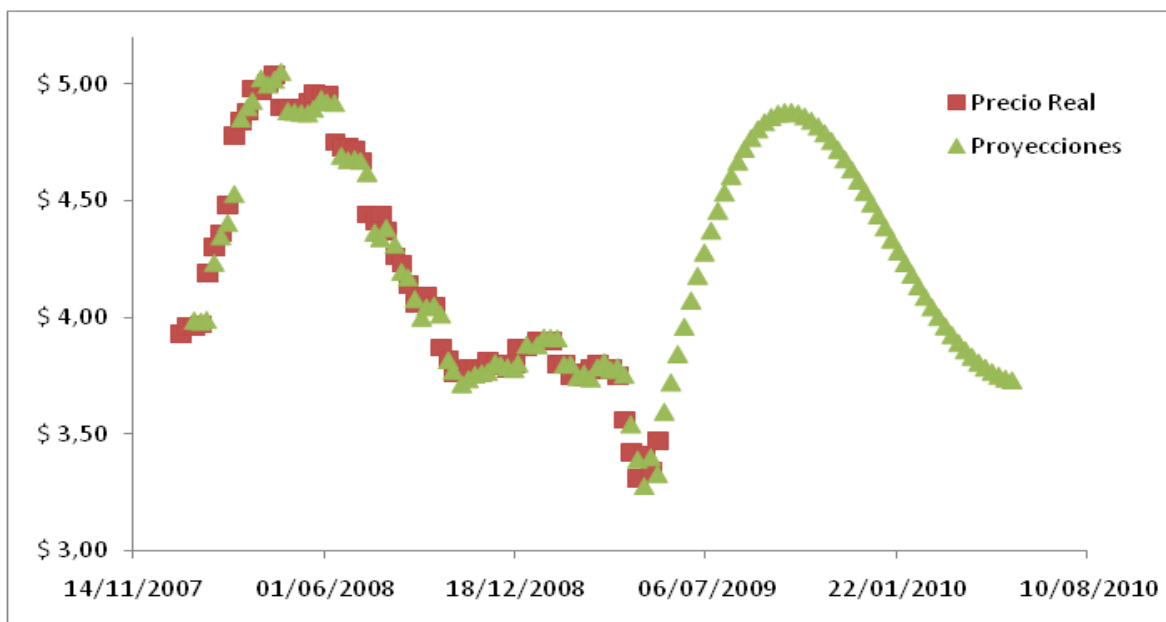
07/03/2008	10	\$ 2.230	\$ 2.146
14/03/2008	11	\$ 2.336	\$ 2.222
19/03/2008	12	\$ 2.356	\$ 2.325
28/03/2008	13	\$ 2.180	\$ 2.345
04/04/2008	14	\$ 2.309	\$ 2.174
11/04/2008	15	\$ 2.291	\$ 2.299
18/04/2008	16	\$ 2.308	\$ 2.282
25/04/2008	17	\$ 2.287	\$ 2.298
02/05/2008	18	\$ 2.259	\$ 2.278
09/05/2008	19	\$ 2.304	\$ 2.251
16/05/2008	20	\$ 2.220	\$ 2.294
22/05/2008	21	\$ 2.184	\$ 2.213
30/05/2008	22	\$ 2.179	\$ 2.178
05/06/2008	23	\$ 2.202	\$ 2.173
13/06/2008	24	\$ 2.227	\$ 2.195
20/06/2008	25	\$ 2.229	\$ 2.219
27/06/2008	26	\$ 2.274	\$ 2.221
04/07/2008	27	\$ 2.265	\$ 2.265
10/07/2008	28	\$ 2.191	\$ 2.256
17/07/2008	29	\$ 2.166	\$ 2.184
25/07/2008	30	\$ 2.190	\$ 2.160
31/07/2008	31	\$ 2.211	\$ 2.183
06/08/2008	32	\$ 2.142	\$ 2.204
15/08/2008	33	\$ 2.119	\$ 2.137
22/08/2008	34	\$ 2.083	\$ 2.114
29/08/2008	35	\$ 1.995	\$ 2.079
05/09/2008	36	\$ 1.880	\$ 1.994
12/09/2008	37	\$ 1.774	\$ 1.882
17/09/2008	38	\$ 1.730	\$ 1.778
25/09/2008	39	\$ 1.745	\$ 1.736
02/10/2008	40	\$ 1.715	\$ 1.750
10/10/2008	41	\$ 1.670	\$ 1.721
15/10/2008	42	\$ 1.687	\$ 1.677
24/10/2008	43	\$ 1.686	\$ 1.694
31/10/2008	44	\$ 1.721	\$ 1.693
07/11/2008	45	\$ 1.688	\$ 1.727
14/11/2008	46	\$ 1.600	\$ 1.695
20/11/2008	47	\$ 1.667	\$ 1.609
28/11/2008	48	\$ 1.683	\$ 1.674
04/12/2008	49	\$ 1.595	\$ 1.690

11/12/2008	50	\$ 1.592	\$ 1.604
18/12/2008	51	\$ 1.547	\$ 1.601
22/12/2008	52	\$ 1.521	\$ 1.557
31/12/2008	53	\$ 1.521	\$ 1.532
11/01/2009	54	\$ 1.573	\$ 1.532
18/01/2009	55	\$ 1.586	\$ 1.583
25/01/2009	56	\$ 1.564	\$ 1.595
01/02/2009	57	\$ 1.549	\$ 1.574
08/02/2009	58	\$ 1.534	\$ 1.559
15/02/2009	59	\$ 1.596	\$ 1.545
22/02/2009	60	\$ 1.632	\$ 1.605
01/03/2009	61	\$ 1.638	\$ 1.640
08/03/2009	62	\$ 1.687	\$ 1.646
15/03/2009	63	\$ 1.790	\$ 1.694
22/03/2009	64	\$ 1.827	\$ 1.794
29/03/2009	65	\$ 1.830	\$ 1.830
05/04/2009	66	\$ 1.820	\$ 1.833
12/04/2009	67	\$ 1.753	\$ 1.823
19/04/2009	68	\$ 1.763	\$ 1.758
26/04/2009	69	\$ 1.699	\$ 1.768
03/05/2009	70	\$ 1.711	\$ 1.706
10/05/2009	71	\$ 1.699	\$ 1.717
17/05/2009	72	\$ 1.861	\$ 1.705
24/05/2009	73		\$ 1.863
31/05/2009	74		\$ 1.865
07/06/2009	75		\$ 1.867
14/06/2009	76		\$ 1.869
21/06/2009	77		\$ 1.871
28/06/2009	78		\$ 1.873
05/07/2009	79		\$ 1.875
12/07/2009	80		\$ 1.876
19/07/2009	81		\$ 1.878
26/07/2009	82		\$ 1.880
02/08/2009	83		\$ 1.881
09/08/2009	84		\$ 1.883
16/08/2009	85		\$ 1.884
23/08/2009	86		\$ 1.886
30/08/2009	87		\$ 1.887
06/09/2009	88		\$ 1.889
13/09/2009	89		\$ 1.890

20/09/2009	90	\$ 1.892
27/09/2009	91	\$ 1.893
04/10/2009	92	\$ 1.894
11/10/2009	93	\$ 1.895
18/10/2009	94	\$ 1.897
25/10/2009	95	\$ 1.898
01/11/2009	96	\$ 1.899
08/11/2009	97	\$ 1.900
15/11/2009	98	\$ 1.901
22/11/2009	99	\$ 1.902
29/11/2009	100	\$ 1.903
06/12/2009	101	\$ 1.904
13/12/2009	102	\$ 1.905
20/12/2009	103	\$ 1.906
27/12/2009	104	\$ 1.907
03/01/2010	105	\$ 1.908
10/01/2010	106	\$ 1.909
17/01/2010	107	\$ 1.910
24/01/2010	108	\$ 1.910
31/01/2010	109	\$ 1.911
07/02/2010	110	\$ 1.912
14/02/2010	111	\$ 1.913
21/02/2010	112	\$ 1.913
28/02/2010	113	\$ 1.914
07/03/2010	114	\$ 1.915
14/03/2010	115	\$ 1.916
21/03/2010	116	\$ 1.916
28/03/2010	117	\$ 1.917
04/04/2010	118	\$ 1.918
11/04/2010	119	\$ 1.918
18/04/2010	120	\$ 1.919
25/04/2010	121	\$ 1.919
02/05/2010	122	\$ 1.920
09/05/2010	123	\$ 1.920
16/05/2010	124	\$ 1.921
23/05/2010	125	\$ 1.921

7.2 PRECIO BIODIESEL

Gráfico 10. Precio del Biodiesel, enero 2008 – mayo 2010



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Precio del Biodiesel, enero 2008 – mayo 2010

Proyecciones Biodiesel			
Fecha	Periodo	Precio Real	Proyección
04/01/2008	1	\$ 3,93	
10/01/2008	2	\$ 3,96	
18/01/2008	3	\$ 3,96	\$ 3,99
25/01/2008	4	\$ 3,97	\$ 3,98
31/01/2008	5	\$ 4,19	\$ 3,99
08/02/2008	6	\$ 4,30	\$ 4,24
15/02/2008	7	\$ 4,36	\$ 4,35
22/02/2008	8	\$ 4,48	\$ 4,41
29/02/2008	9	\$ 4,78	\$ 4,53
07/03/2008	10	\$ 4,84	\$ 4,86
14/03/2008	11	\$ 4,88	\$ 4,90
19/03/2008	12	\$ 4,98	\$ 4,93
28/03/2008	13	\$ 4,97	\$ 5,03
04/04/2008	14	\$ 5,00	\$ 5,00
11/04/2008	15	\$ 5,04	\$ 5,02
18/04/2008	16	\$ 4,90	\$ 5,05

25/04/2008	17	\$ 4,90	\$ 4,89
02/05/2008	18	\$ 4,90	\$ 4,88
09/05/2008	19	\$ 4,90	\$ 4,88
16/05/2008	20	\$ 4,92	\$ 4,88
22/05/2008	21	\$ 4,96	\$ 4,90
30/05/2008	22	\$ 4,95	\$ 4,94
05/06/2008	23	\$ 4,95	\$ 4,92
13/06/2008	24	\$ 4,75	\$ 4,92
20/06/2008	25	\$ 4,73	\$ 4,69
27/06/2008	26	\$ 4,73	\$ 4,68
04/07/2008	27	\$ 4,72	\$ 4,68
10/07/2008	28	\$ 4,67	\$ 4,67
17/07/2008	29	\$ 4,44	\$ 4,62
25/07/2008	30	\$ 4,41	\$ 4,37
31/07/2008	31	\$ 4,44	\$ 4,34
06/08/2008	32	\$ 4,37	\$ 4,39
15/08/2008	33	\$ 4,26	\$ 4,31
22/08/2008	34	\$ 4,23	\$ 4,20
29/08/2008	35	\$ 4,14	\$ 4,17
05/09/2008	36	\$ 4,06	\$ 4,08
12/09/2008	37	\$ 4,09	\$ 4,00
17/09/2008	38	\$ 4,09	\$ 4,05
25/09/2008	39	\$ 4,05	\$ 4,05
02/10/2008	40	\$ 3,87	\$ 4,01
10/10/2008	41	\$ 3,82	\$ 3,82
15/10/2008	42	\$ 3,76	\$ 3,77
24/10/2008	43	\$ 3,77	\$ 3,72
31/10/2008	44	\$ 3,78	\$ 3,74
07/11/2008	45	\$ 3,78	\$ 3,76
14/11/2008	46	\$ 3,78	\$ 3,76
20/11/2008	47	\$ 3,81	\$ 3,77
28/11/2008	48	\$ 3,80	\$ 3,81
04/12/2008	49	\$ 3,79	\$ 3,80
11/12/2008	50	\$ 3,78	\$ 3,79
18/12/2008	51	\$ 3,80	\$ 3,78
22/12/2008	52	\$ 3,87	\$ 3,80
31/12/2008	53	\$ 3,87	\$ 3,88
11/01/2009	54	\$ 3,90	\$ 3,88
18/01/2009	55	\$ 3,90	\$ 3,92
25/01/2009	56	\$ 3,90	\$ 3,91

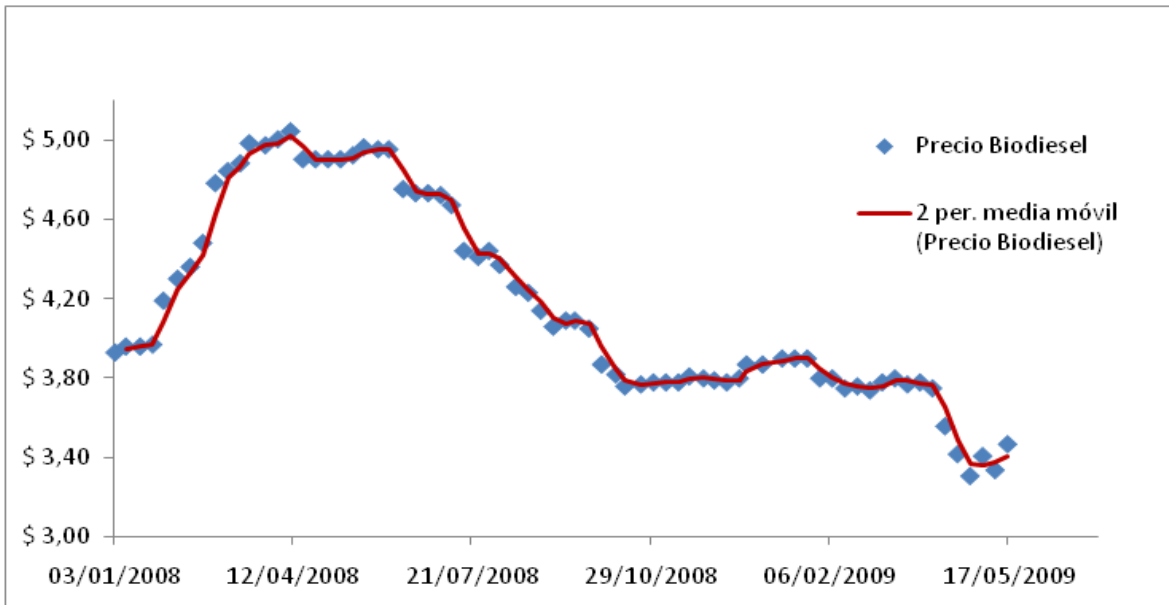
01/02/2009	57	\$ 3,80	\$ 3,91
08/02/2009	58	\$ 3,80	\$ 3,80
15/02/2009	59	\$ 3,75	\$ 3,80
22/02/2009	60	\$ 3,76	\$ 3,75
01/03/2009	61	\$ 3,74	\$ 3,76
08/03/2009	62	\$ 3,78	\$ 3,74
15/03/2009	63	\$ 3,80	\$ 3,79
22/03/2009	64	\$ 3,77	\$ 3,81
29/03/2009	65	\$ 3,78	\$ 3,78
05/04/2009	66	\$ 3,75	\$ 3,79
12/04/2009	67	\$ 3,56	\$ 3,76
19/04/2009	68	\$ 3,42	\$ 3,54
26/04/2009	69	\$ 3,31	\$ 3,39
03/05/2009	70	\$ 3,41	\$ 3,28
10/05/2009	71	\$ 3,34	\$ 3,40
17/05/2009	72	\$ 3,47	\$ 3,33
24/05/2009	73		\$ 3,60
31/05/2009	74		\$ 3,72
07/06/2009	75		\$ 3,85
14/06/2009	76		\$ 3,96
21/06/2009	77		\$ 4,07
28/06/2009	78		\$ 4,18
05/07/2009	79		\$ 4,28
12/07/2009	80		\$ 4,37
19/07/2009	81		\$ 4,46
26/07/2009	82		\$ 4,54
02/08/2009	83		\$ 4,61
09/08/2009	84		\$ 4,67
16/08/2009	85		\$ 4,72
23/08/2009	86		\$ 4,77
30/08/2009	87		\$ 4,81
06/09/2009	88		\$ 4,84
13/09/2009	89		\$ 4,86
20/09/2009	90		\$ 4,88
27/09/2009	91		\$ 4,88
04/10/2009	92		\$ 4,88
11/10/2009	93		\$ 4,88
18/10/2009	94		\$ 4,86
25/10/2009	95		\$ 4,84
01/11/2009	96		\$ 4,82

08/11/2009	97	\$ 4,79
15/11/2009	98	\$ 4,76
22/11/2009	99	\$ 4,72
29/11/2009	100	\$ 4,68
06/12/2009	101	\$ 4,64
13/12/2009	102	\$ 4,59
20/12/2009	103	\$ 4,54
27/12/2009	104	\$ 4,49
03/01/2010	105	\$ 4,44
10/01/2010	106	\$ 4,39
17/01/2010	107	\$ 4,34
24/01/2010	108	\$ 4,28
31/01/2010	109	\$ 4,23
07/02/2010	110	\$ 4,18
14/02/2010	111	\$ 4,14
21/02/2010	112	\$ 4,09
28/02/2010	113	\$ 4,05
07/03/2010	114	\$ 4,00
14/03/2010	115	\$ 3,96
21/03/2010	116	\$ 3,93
28/03/2010	117	\$ 3,89
04/04/2010	118	\$ 3,86
11/04/2010	119	\$ 3,83
18/04/2010	120	\$ 3,81
25/04/2010	121	\$ 3,79
02/05/2010	122	\$ 3,77
09/05/2010	123	\$ 3,75
16/05/2010	124	\$ 3,74
23/05/2010	125	\$ 3,73

7.3 LINEAS DE TENDENCIA: AMBAS VARIABLES

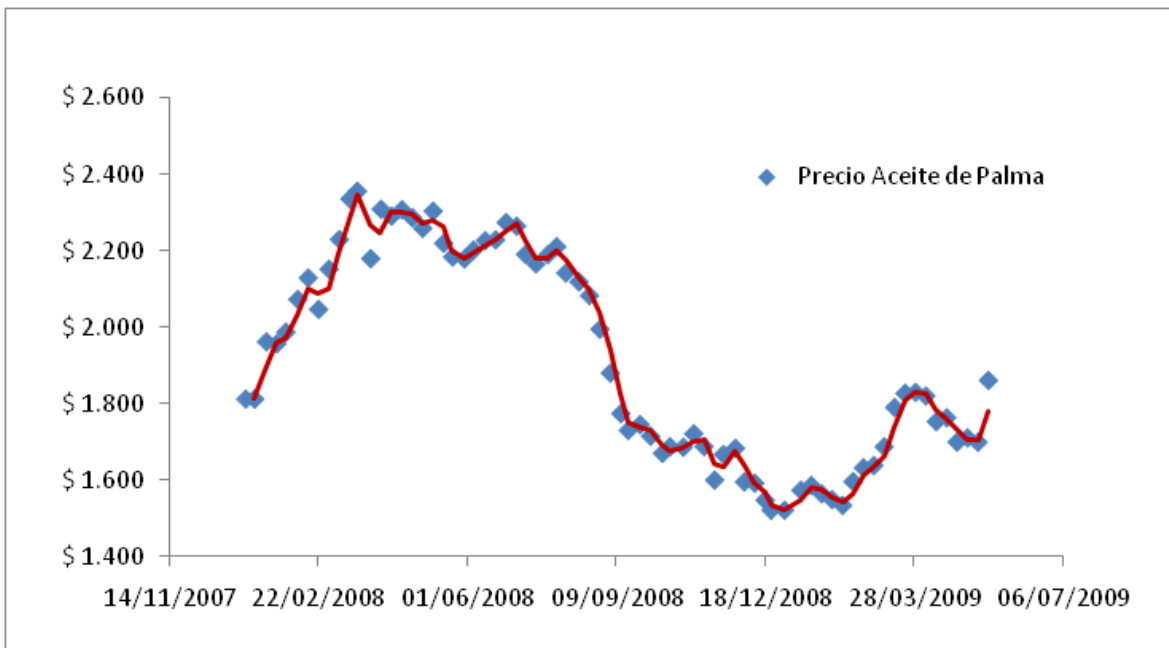
Se realizaron una serie de pruebas, además de las que se propusieron inicialmente (de la consecución de los modelos GARCH y ARIMA). Una de estas fue la consecución de líneas de tendencia, en donde se podría decir, que el precio del biodiesel y del aceite de palma pueden ser predichos a partir de medias móviles. A continuación se detallan los gráficos obtenidos a partir de la modelación de promedios móviles (la base fundamental del modelo ARIMA).

Gráfico 11. Línea de Tendencia: Promedios Móviles para Biodiesel n = 2 periodos



Fuente: Risk Simulator®

Gráfico 12. Línea de Tendencia: Promedios Móviles para aceite de palma n = 2 periodos

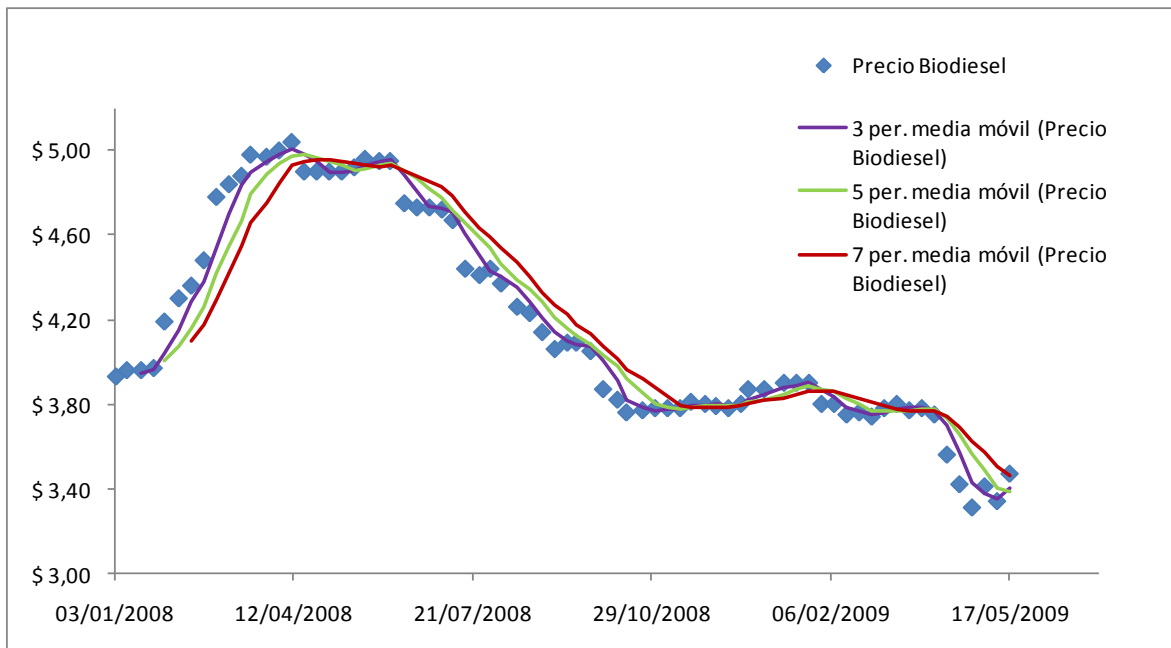


Fuente: Risk Simulator®

Si se realizara un modelo de promedios móviles para predecir ambos precios, se llegaría a una respuesta bastante acertada. Esto lo indica el r^2 de ambas variables que equivalen a 0,9930 para el biodiesel y 0,9871 para el aceite de palma. Entre más cercano sea el r^2 a uno (1), más fiable será la línea de tendencia.

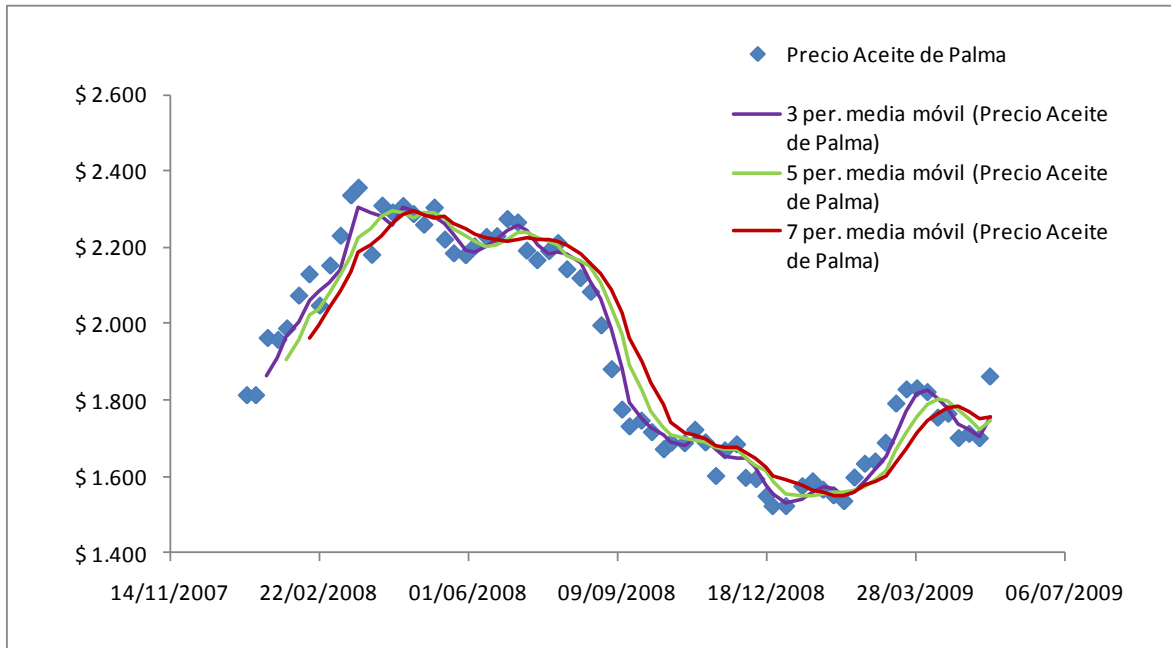
En los anteriores gráficos, el número de precios históricos que entraban en la media móvil eran dos ($n=2$), este valor de n es el más acertado, pues como se puede ver a continuación, a medida que el n aumenta, la diferencia entre los datos reales y proyectados aumenta significativamente tanto para el biodiesel como para el aceite de palma.

Gráfico 13. Biodiesel, Líneas de Tendencia: Medias Móviles, $n=3, 5, 7$



Fuente: Elaboración Propia

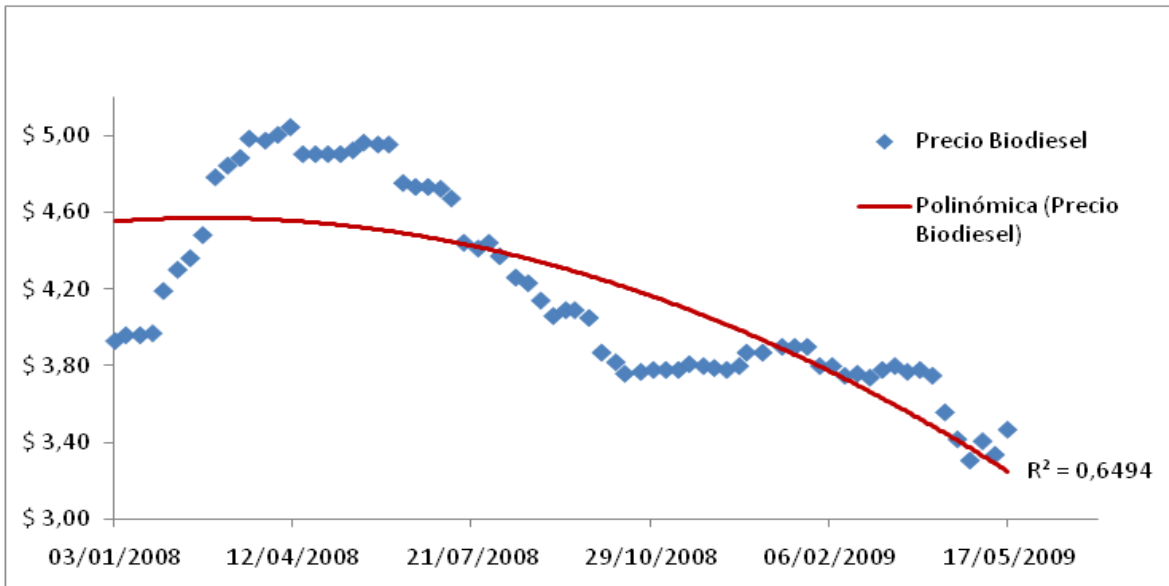
Gráfico 14. Aceite de Palma, Líneas de Tendencia: Medias Móviles, n=3, 5, 7



Fuente: Elaboración Propia

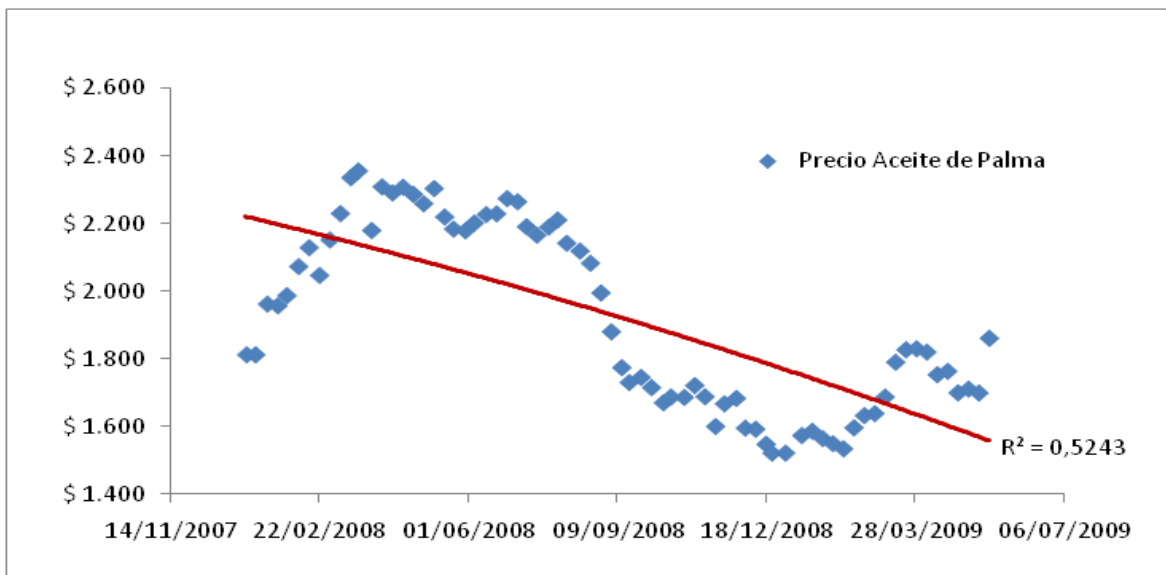
Se pueden observar diferentes gráficos con sus respectivas líneas de tendencia para ambas variables que cuentan con un r^2 significativamente inferior, éste es el caso de la línea de tendencia polinómica de orden 2. Sin embargo, inversamente con lo que ocurre con las medias móviles, que a medida que el n aumenta, el r^2 disminuye, en este caso a medida que la ordenación aumenta, el r^2 se acerca a uno.

Gráfico 15. Línea de Tendencia: Polinómica para Biodiesel



Fuente: Risk Simulator®

Gráfico 16. Línea de Tendencia: Polinómica para aceite de palma



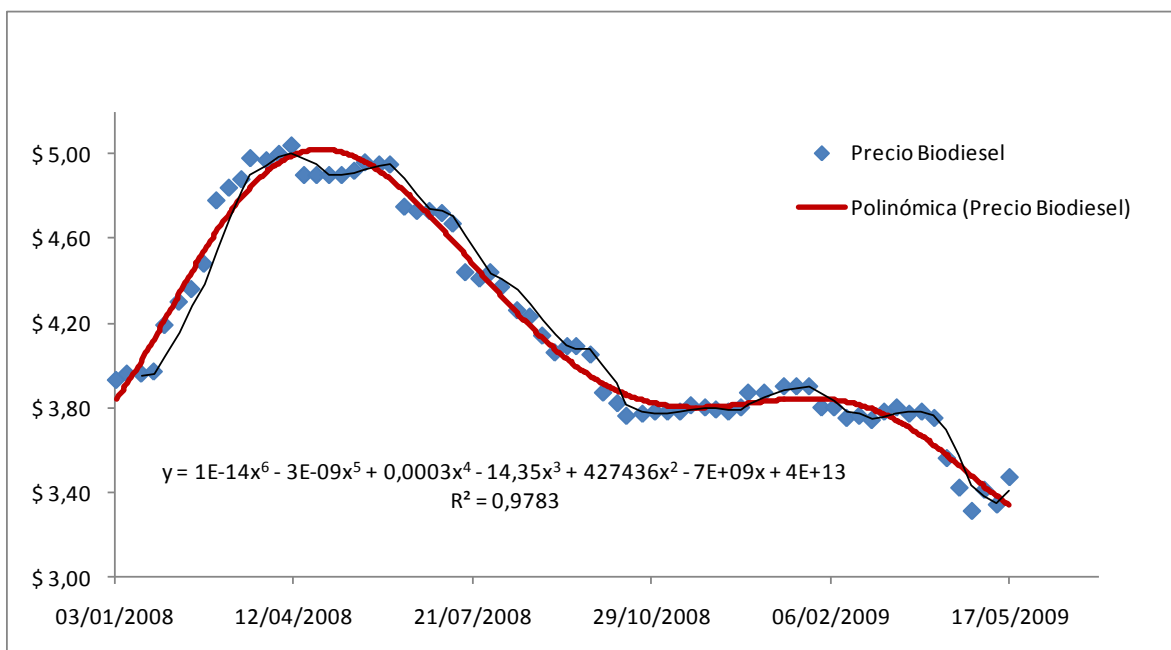
Fuente: Risk Simulator®

Se puede observar claramente, que a mayor diferencia entre el trazo de la línea roja y la línea azul, menor será el r^2 por lo tanto, el nivel de error y la diferencia entre los precios reales y las proyecciones aumentará. La razón por la que se incluyó la gráfica de las comparaciones

polinómicas es para que se pueda observar claramente esta diferencia entre los trazos y su respectiva relación con el r^2 . Se puede ver, que la línea de tendencia polinómica, difiere significativamente en los trazos y definitivamente muestra un r^2 mucho más bajo y distanciado del uno (1).

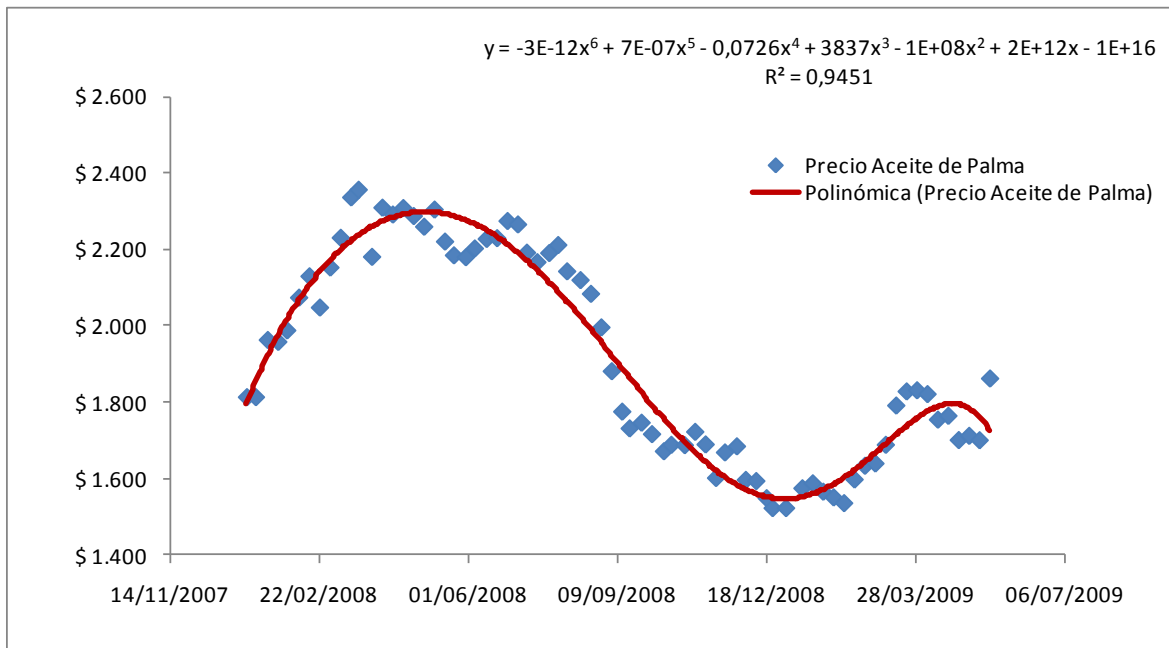
Si vemos los gráficos de la línea de tendencia polinómica, de orden 6, podremos observar que el r^2 es sumamente alto, a pesar de que la ecuación de la línea llega hasta $n=6$ (orden 6), el r^2 para el biodiesel es de 0,9783 y el del aceite de palma es 0,9451.

Gráfico 17. Biodiesel, Línea de Tendencia: Polinómica orden 6



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 18. Aceite de palma, Línea de Tendencia: Polinómica orden 6



Fuente: Elaboración Propia

Se debe tener en cuenta que el r^2 que se consiguió gracias a las medias móviles es superior al r^2 que arrojan las líneas de tendencia polinómicas de orden 6.

7.4 ENCUENTRO DE REZAGOS

A lo largo de la investigación se realizó una regresión simple, en la que se determinó inicialmente que la variable independiente sería el biodiesel, así como la variable dependiente tendría que ser el aceite de palma. Sin embargo los resultados no fueron favorables, pues según ese estudio, el precio del biodiesel no es quien determina el precio del aceite de palma.

De modo que la regresión se dio al revés suponiendo ahora que la variable independiente fuese el aceite de palma, mientras que el precio del biodiesel fuese la variable dependiente, los resultados fueron favorables.

Si se tiene en cuenta lo que ocurre en la realidad, es realmente imposible que el precio del aceite de palma en Colombia mueva el precio del biodiesel en los Estados Unidos. Pues la participación que tiene la palma africana de Colombia en el mundo es del 1,91%, que no

constituye una cifra significativa, y tampoco que sea capaz de determinar una variable tan inmensa como lo es el precio del biodiesel en los Estados Unidos.

La regresión arroja esta conclusión ya que matemáticamente funciona así, pero llevándolo a la vida real no tiene sentido.

De igual forma, ésta es la tabla de decisión que brinda *Risk Simulator*® para conocer cuál es la variable dependiente así como la independiente y su respectivo análisis.

Tabla 9. Análisis de Variable Dependiente e Independiente

Variable	Heteroscedasticidad		Micronumerosidad	Valores Atípicos			No linealidad	
	Prueba - W P-Value	Prueba de Hipótesis - Resultado	Aproximación al resultado	Límite natural más bajo	Límite natural más alto	Número de Valores Atípicos Potenciales	Prueba de No linealidad P-Value	Prueba de Hipótesis resultado
y			Sin problemas	3,19	5,16	0		
x	0,7002	Homosceda- sticidad	Sin problemas	1383,17	2444,66	0	0,0000	No Lineal

Fuente: Risk Simulator®

Se dice que el precio del aceite de palma es homoscedástico esto quiere decir que la varianza de los errores estocásticos de la regresión es la misma para cada observación. Para que la variable fuese heteroscedástica, el “P-Value” debería ser menor a 0,1, mientras que si éste valor es mayor a 0,1, la serie será homoscedastica.

La micronumerosidad, se refiere a que exista una cantidad de datos relevante para llevar a cabo el estudio, como se puede ver en la tabla, tanto para la variable x (aceite de palma) como para la variable y (biodiesel), la aproximación al resultado no tiene problemas ya que la cantidad de valores históricos es adecuada.

La tendencia es no-lineal esto quiere decir, que naturalmente es estocástico, cada uno de los precios se determina al azar y no depende el uno del otro.

Sabiendo ya, que el precio del biodiesel depende del precio del aceite de palma, se prosiguió a encontrar los rezagos. Para este trabajo de investigación un rezago significa que un cambio en el logaritmo del precio de aceite de palma, y su correspondiente cambio en el logaritmo del precio del

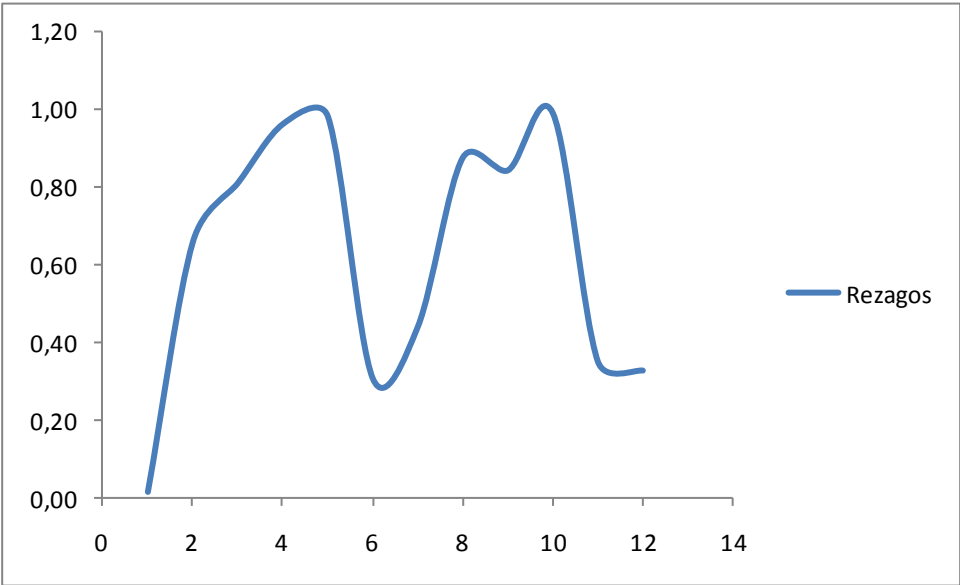
biodiesel, deben tener una correlación casi igual. En otras palabras, un rezago muestra en que periodos, los cambios en el precio del aceite de palma son los mismos que en el precio del biodiesel. Entre más cercano sea el rezago a uno, quiere decir que la proporción en que aumenta o disminuye el precio del aceite de palma será la misma en el precio del biodiesel.

A continuación, se muestran los rezagos más significativos (por altos o por bajos)

Tabla 10. Rezagos más significativos

Variable	X1
1	0,0179
2	0,6601
3	0,8115
4	0,9631
5	0,9829
6	0,3090
7	0,4426
8	0,8770
9	0,8441
10	0,9912
11	0,3531
12	0,3297

Gráfico 19. Rezagos más significativos



Fuente: Elaboración Propia

Se puede ver una clara tendencia repetitiva en la que inicialmente no son similares los cambios entre una y otra variable, a medida que pasa el tiempo, los cambios son más parecidos, hasta que llegan a ser casi idénticos (variable 5), posteriormente disminuyen nuevamente los rezagos, diciendo que la incidencia del precio del aceite de palma, es mínima en el precio del biodiesel, pero luego aumenta nuevamente hasta que llega a un valor muy cercano a uno. Pareciera que el ciclo va a continuar similar, ya que después de empezar a disminuir en el periodo 10, para el periodo 12 ya está comenzando a aumentar una vez más.

8. ANALISIS CRÍTICO DEL MARCO TEÓRICO

En el marco teórico que se realizó en la primera parte de esta investigación, se plantea que existen muy pocas investigaciones que pretendan explicar o predecir el precio del aceite de palma o del biodiesel. Solamente se encontró una en la cual la investigación fue cualitativa más que cuantitativa y que vincula el precio del aceite de palma con el tráfico de esclavos entre los años de 1817 y 1844.

Esta investigación aunque es absolutamente interesante, no brinda pistas para la realización del presente trabajo ya que la esclavitud ha sido abolida por completo y en este caso, no tiene la más mínima relevancia.

En el marco teórico también se mencionaron investigaciones pasadas que pretenden utilizar los modelos GARCH y ARIMA para predecir los precios de ciertas variables. Estas investigaciones demuestran que el uso de estos modelos sigue siendo válido y que las conclusiones a las cuales se han llegado han permitido predecir los precios futuros.

Una de las razones por las cuales no existen estudios que vinculen la predicción de precios entre el aceite de palma y el biodiesel, es nuevamente, porque el uso del aceite de palma para producir biodiesel es un concepto relativamente nuevo. Seguramente en un futuro se harán otras investigaciones debido al crecimiento potencial y seguramente exponencial que tiene tanto la palma africana en Colombia como el uso del biodiesel en los Estados Unidos.

Mientras tanto, se puede vislumbrar este trabajo de investigación como una pieza más para las futuras investigaciones que seguramente se realizarán alrededor de esta temática pues hasta este momento se considera que el marco teórico que se tiene actualmente es bastante pobre. Solamente ha podido ser alimentado gracias a los datos estadísticos que brindan Ecopetrol y British Petroleum Exploration Company (BP), así como las múltiples investigaciones que se han hecho para predecir series de tiempo con los modelos GARCH y ARIMA, en otros temas como lo es la relación entre el precio de la acción de Gillette y sus rendimientos, así como la predicción del precio por medio del ajuste a los modelos GARCH y EGARCH. Sin embargo, a la hora de estudiar únicamente el precio del aceite de palma y el precio del biodiesel, se quedan cortas todas las investigaciones.

9. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

El desarrollo de la metodología siempre tendrá ciertos cambios a raíz de la evolución en la tecnología y por las restricciones que pudiesen haber sido planteadas desde un comienzo. Esta investigación evidentemente no es la excepción en cuanto al cambio en metodología, sin embargo el cambio no es de fondo sino de forma.

Un cambio en la metodología fue el cambio en el uso de las fuentes para construir la base de datos, ya que anteriormente se desconocía la plataforma de la Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA), que permitió construir la base de datos de los precios del aceite de palma.

Otro cambio, que es de forma y no de fondo, es en cuanto a la realización de los modelos GARCH, y ARIMA, inicialmente, estaba propuesto que estos se realizarían en la plataforma *eviews*, sin embargo, se introdujo un nuevo software al mercado que lleva como nombre *Risk Simulator*®, este permitió realizarlos en un menor tiempo.

Realmente el cambio no está en el resultado, puesto que al ser los mismos modelos de proyección la derivación será la misma, simplemente es el paso intermedio o el uso de una herramienta, lo que cambió en la investigación. Como se ha dicho anteriormente, el cambio es de forma y no de fondo.

10. APORTES PROPIOS

El aporte de esta investigación es principalmente la creación de un modelo que predice el precio del aceite de palma y el precio del biodiesel. Pues permitirá a los productores de palma africana estar un paso adelante de lo que está ocurriendo en el mercado.

El segundo aporte es el hecho de contribuir al estudio del biodiesel y del aceite de palma, que como se ha explicado anteriormente, es una temática actual de la cual se harán grandes cantidades de investigaciones en un futuro próximo pues la presente investigación podrá servir como marco teórico para éstas.

11.RESULTADOS Y CONCLUSIONES

11.1 BIODIESEL

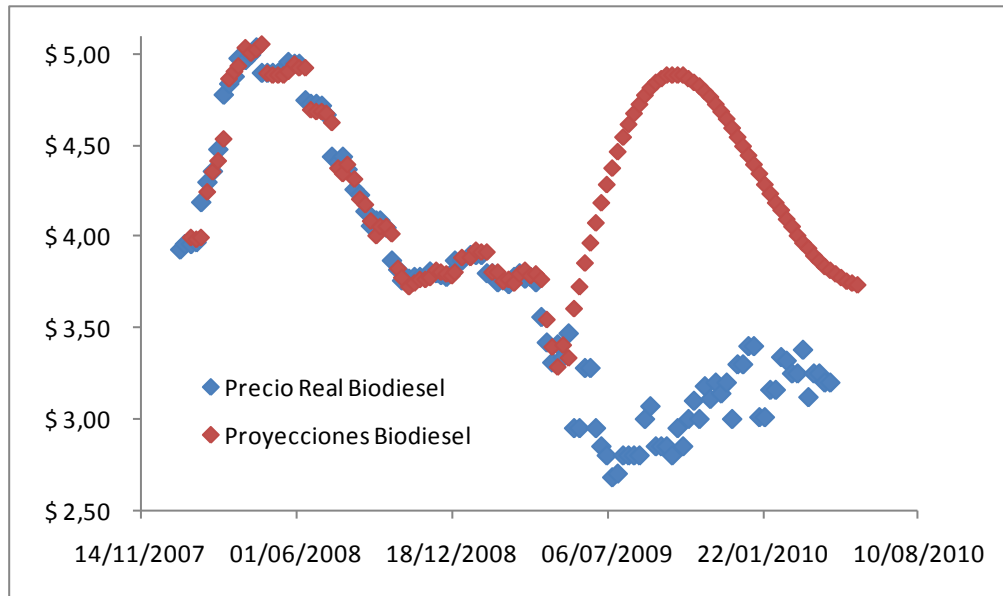
Para poder conocer la aproximación y la exactitud de los datos proyectados por medio del modelo ARIMA, se consiguieron los datos reales entre el 24 de mayo de 2009 y el 25 de abril de 2010. Con estos datos se puede realizar un *backtest* que compruebe que tan acertados o tan lejanos están, también se puede llevar a cabo la medición del coeficiente de correlación, el r^2 y el error medio cuadrático entre los datos arrojados por el modelo ARIMA, y los reales en ese periodo.

Para el caso de esta variable, se obtuvo un coeficiente de correlación entre los datos suministrados por la plataforma *Bloomberg*® y los datos suministrados por el modelo ARIMA en el periodo comprendido entre el 24 de mayo de 2009 y el 25 de abril de 2010 de -0,39625 así como un r^2 de 0,157, de esta misma forma el error medio cuadrático es de 12,94, que difiere significativamente con el 0,07573 arrojado inicialmente con la medición que se utilizó para escoger el modelo a utilizar.

Estas variables demuestran que realmente, el modelo ARIMA, por más completo y por más cálculos que lleva intrínsecamente no es el adecuado para realizar la proyección de lo que es el precio del Biodiesel en los Estados Unidos.

A continuación se muestra el gráfico de las proyecciones y los precios reales del biodiesel, se puede observar claramente que hasta el 17 de mayo de 2009, ambas líneas siguen el mismo trazo por lo que la proyección es absolutamente acertada. Sin embargo, se ve claramente que a partir del 17 de mayo de 2009, la proyección difiere significativamente con los datos reales, lo que muestra gráficamente y de una forma bastante evidente que el modelo de proyección no ha sido el adecuado.

Gráfico 20. Precios Reales y Proyectados Biodiesel entre el 1 de enero de 2008 y el 25 de abril de 2010



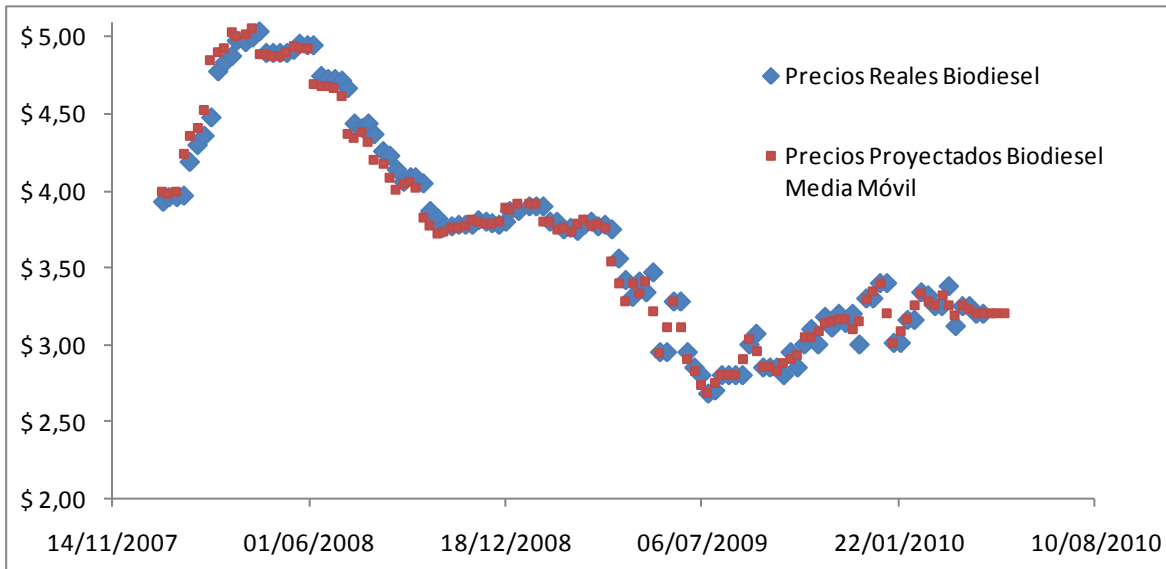
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que anteriormente se realizó una línea de tendencia por medio de una media móvil, que obtuvo una excelente correlación con los datos reales, se llevó a cabo una media móvil que comprende dos periodos, de esta manera los precios entre el 24 de mayo de 2009 y el 25 de abril de 2010, se trataron de predecir con esta medida. Y los resultados fueron exitosos, arrojando un coeficiente de correlación de 0,662 en el periodo anteriormente mencionado, así como un r^2 de 0,44, el error medio cuadrático es de 1,12.

La razón por la cual no funcionó el modelo ARIMA es porque este modelo tiene como base principal el uso de las medias móviles para la predicción de variables. Según este orden de ideas no es un modelo fiable por ejemplo para el cálculo del precio de periodo 125, teniendo en cuenta que este precio se obtuvo a partir del cálculo del promedio de los precios de los periodos 123 y 124. A su vez, el cálculo de los precios de los periodos 123 y 124, fueron calculados con el promedio de los dos periodos inmediatamente anteriores, por lo que el resultado del periodo 125, será un promedio de 72 promedios anteriormente calculados.

A continuación está el gráfico que muestra los precios reales comprendidos entre el 1 de enero de 2008 y el 24 de mayo de 2010, se puede observar que ambas líneas son sumamente parecidas y que trazan un recorrido similar.

Gráfico 21. Precios del Biodiesel Proyectados por medio de Media Móvil y Reales entre el 1 de enero de 2008 y 24 de mayo de 2010

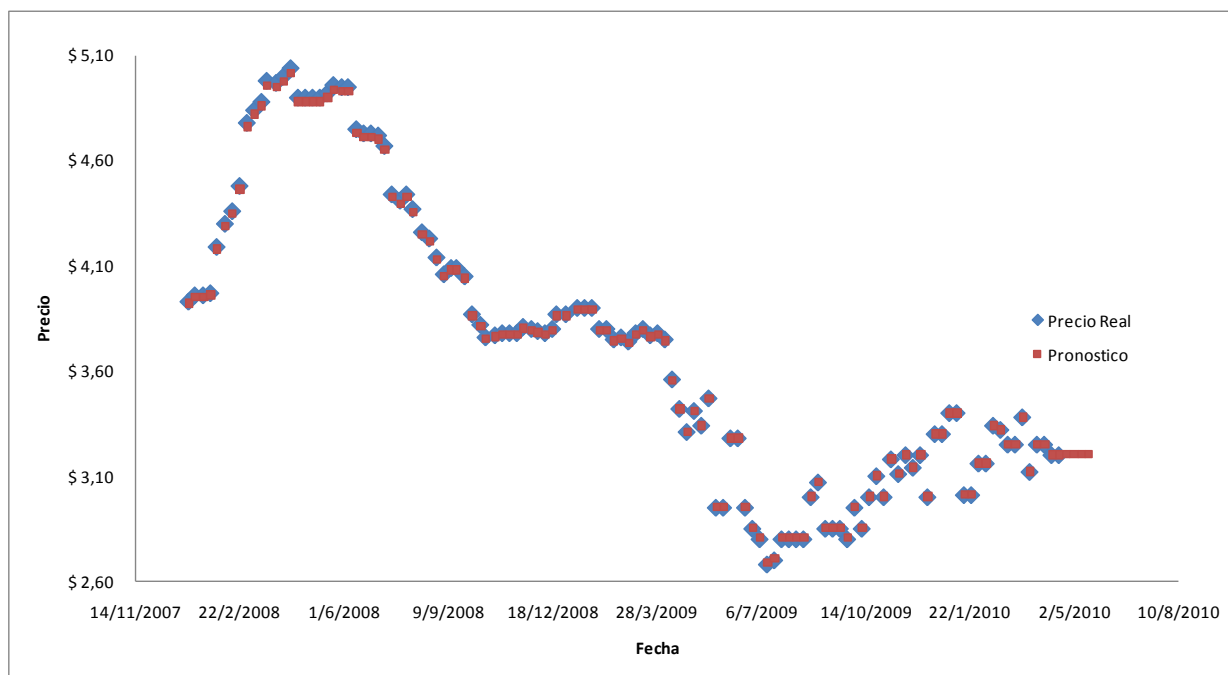


Fuente: Elaboración Propia

De igual manera se realizó la prueba ARIMA para conocer los datos proyectados por medio de ésta herramienta entre el periodo comprendido entre enero de 2008 y mayo de 2010. Como se puede observar en el siguiente gráfico, el modelo ARIMA predice satisfactoriamente cada uno de los datos que ya se tienen incluso mejor que la prueba de medias móviles $n=2$.

Arrojando un $r^2 = 0,9692$ así como un coeficiente de correlación igual a 0,9845, por lo que se podría proponer que un productor de aceite de palma realice un modelo ARIMA para predecir *únicamente* los precios de los próximos dos periodos.

Gráfico 22. Datos Reales Precio Biodiesel y Proyección ARIMA



Fuente: Elaboración Propia

Es claro, que el modelo ARIMA hace un excelente trabajo a la hora de predecir datos teniendo información reciente, sin embargo a largo plazo es ciertamente inapropiado utilizar este modelo para la predicción de datos.

11.2 ACEITE DE PALMA

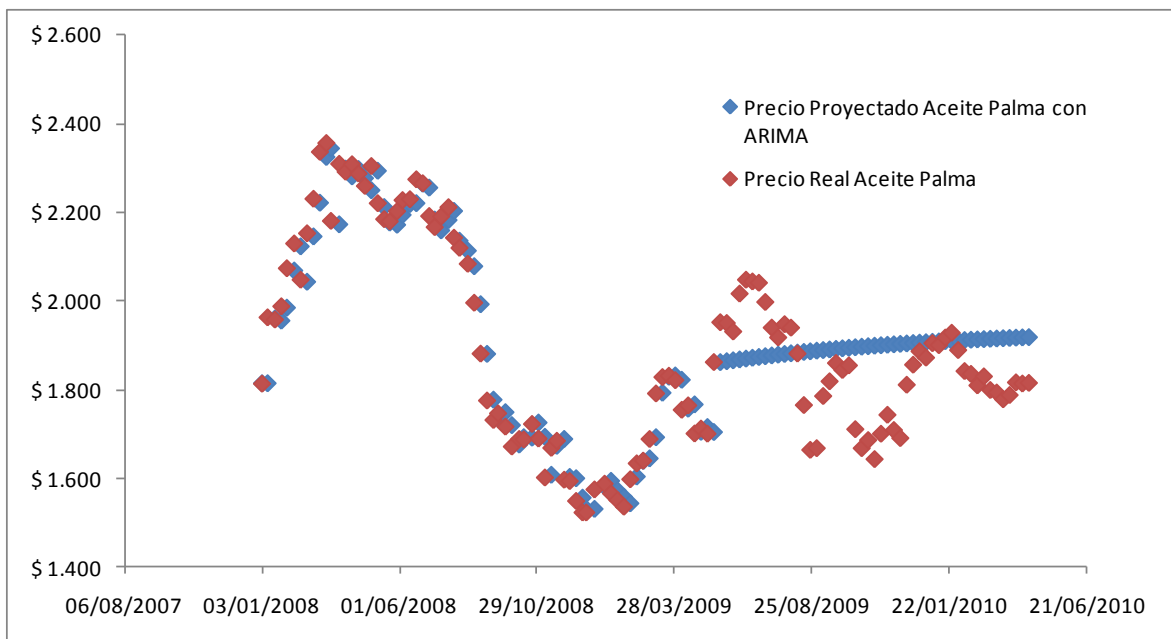
Así como con los precios del biodiesel, se obtuvieron los precios reales del aceite de palma entre el 24 de mayo de 2009 y el 25 de abril de 2010 para la realización de un *backtest* que sea capaz de demostrar la cercanía y la exactitud entre los datos proyectados por medio del modelo ARIMA y los datos reales. Entre las fechas, 24 de mayo de 2009 y 25 de abril de 2010, el coeficiente de correlación entre los datos reales y los datos proyectados fue de $-0,461$, así como el r^2 fue de $0,212$, el error medio cuadrático es de $1.025,8$, una cifra absolutamente alejada del error medio cuadrático obtenido en la primera parte que fue de $60,34$.

Una vez más, el modelo ARIMA, tampoco es el adecuado para la proyección del precio del aceite de palma. A pesar de que inicialmente la correlación y en general las variables de

decisión fueron sumamente buenas, a la hora de predecir cómo lo fue en este caso 72 periodos, el modelo resulta inservible.

El gráfico que se ve a continuación muestra las proyecciones y los precios reales del aceite de palma, como se puede observar a lo largo del año 2007 y 2008 y hasta el 17 de mayo de 2009, las líneas roja y azul siguen el mismo tramo y son significativamente iguales. Sin embargo, se ve claramente que a partir del 17 de mayo de 2009, la proyección difiere considerablemente de los datos reales, lo que muestra gráficamente y de una forma bastante evidente que el modelo de proyección no ha sido el adecuado.

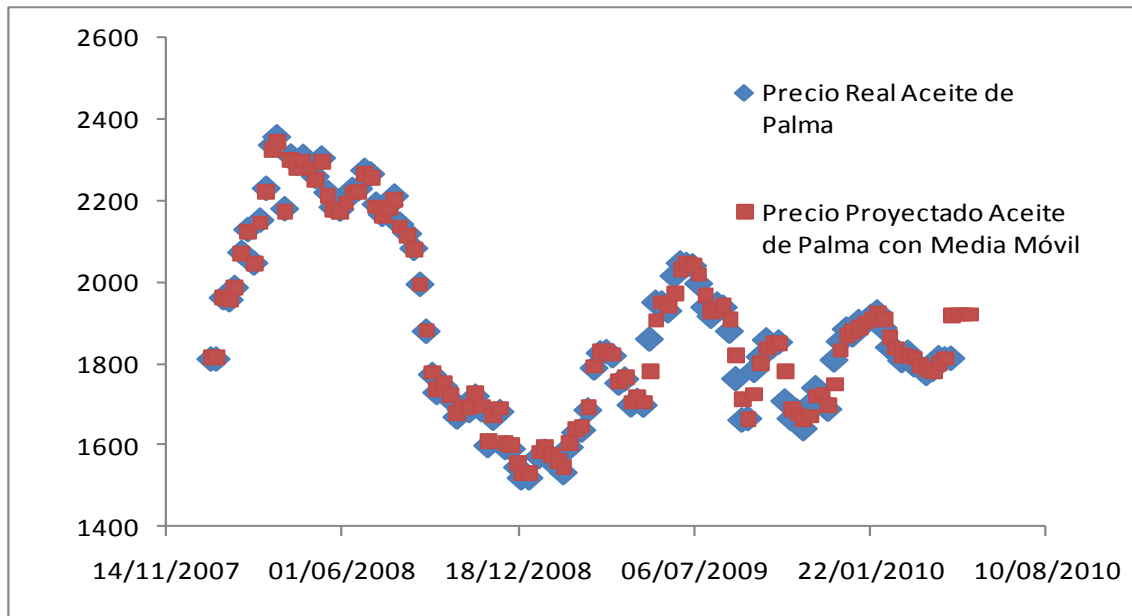
Gráfico 23. Precios Reales y Proyectados Aceite de Palma entre el 1 de enero de 2008 y el 25 de abril de 2010



Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en el caso del biodiesel, se realizó un pronóstico con el uso de medias móviles para predecir el precio del aceite de palma africana, los resultados también son exitosos, y una vez más, demuestra que el uso de la media móvil puede ser posible como sustituto del modelo ARIMA. A continuación se puede observar el gráfico en el cual se trazan los precios reales y proyectados por medio de una media móvil con un $n=2$.

Gráfico 24. Precio del Aceite de Palma Proyectado por medio de Media Móvil y Reales entre el 1 de enero de 2008 y 24 de mayo de 2010



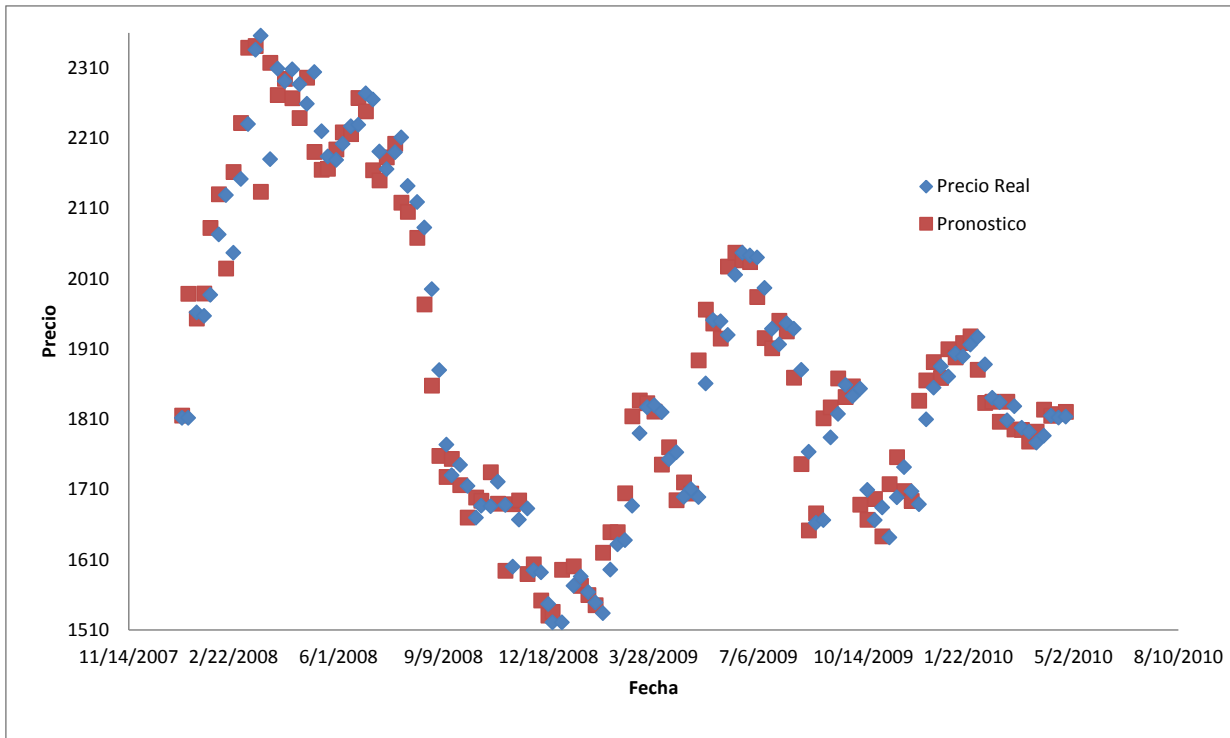
Fuente: Elaboración Propia

El coeficiente de correlación entre el precio proyectado y el precio real es de 0,959 así como el coeficiente r^2 es igual a 0,919. Esto indica que los precios son sumamente similares, un productor de aceite de palma puede predecir el precio de su bien con simplemente tener los datos de las dos semanas anteriores (precio del aceite de palma está dado semanalmente), y de esta manera podrá obtener de una forma muy rápida un precio bastante cercano al de la siguiente semana.

Se realizó nuevamente la prueba ARIMA para conocer los datos proyectados por medio de ésta herramienta entre el periodo comprendido entre enero de 2008 y mayo de 2010. Como se puede observar en el siguiente gráfico, el modelo ARIMA predice satisfactoriamente cada uno de los datos que ya se tienen incluso mejor que la prueba de medias móviles $n=2$.

Arrojando un $r^2 = 0,9366$ así como un coeficiente de correlación igual a 0,9678.

Gráfico 25. Datos Reales Precio Aceite de Palma y Proyección ARIMA



La coincidencia entre los datos reales y los datos proyectados es excelente, por lo que se puede decir que el precio del aceite de palma se puede pronosticar por medio de un modelo ARIMA pero a corto plazo (máximo dos periodos).

11.3 BIODIESEL Y ACEITE DE PALMA

Ya se ha dicho anteriormente que por medio de la regresión ha sido evidente que el precio del biodiesel depende del precio del aceite de palma, sin embargo, no se ha hablado acerca de la correlación de estas dos variables, a pesar de que se ha hablado de los rezagos, que como se ha mencionado anteriormente se llevan a cabo de manera cíclica en la que coinciden cada cinco variables aproximadamente, (cada 5 variables, el rezago se acerca significativamente al uno).

El coeficiente de correlación entre los precios históricos del aceite de palma y del biodiesel es de 0,889, así como el coeficiente r^2 es de 0,790. Esto indica que realmente los precios aumentan y disminuyen en proporciones sumamente iguales. Y también explica porque los rezagos en ciertas ocasiones son sumamente cercanos al uno.

También se puede decir, que aunque las dos variables tenían en común el hecho de poder ser predichas a partir de un modelo ARIMA, ya que los valores proyectados se ajustaban sumamente bien a los reales que los proyectados por medio del modelo GARCH. Hubo un fallo en cuanto al tratar de predecir los siguientes 72 periodos, con el modelo ARIMA, y ambas variables coinciden que a pesar de que el modelo ARIMA es sumamente sofisticado y tiene en cuenta muchas variables y hace muchos cálculos matemáticos, una media móvil es más acertada y de la misma forma más sencilla. Un productor de palma se gastaría mucho tiempo realizando el modelo ARIMA, mientras que la realización de una media móvil se puede lograr en pocos minutos y con resultados muy cercanos a la realidad. Es cierto que por medio de la móvil tampoco se podrá predecir el precio de los próximos 72 datos, sin embargo se pueden predecir los próximos dos datos, que ya es suficiente para tomar una decisión en cuanto al inventario. Entre los dos precios proyectados, se escogerá el mayor, para aprovechar la venta del aceite de palma en ese periodo.

Realmente, ambas variables tienen un comportamiento similar, las dos tienen el mismo ajuste con una línea de tendencia polinómica de orden 6, así como un $n=2$ es el apropiado para realizar la línea de tendencia de media móvil.

12.RECOMENDACIONES DE ACUERDO AL TEMA

El modelo ARIMA es un modelo excelente para predecir los precios de los siguientes dos periodos desconocidos, incluso más que el solo uso de la media móvil, sin embargo para proyectar los datos a un año, las proyecciones resultan incoherentes, de cualquier forma que se calculen. De modo que se recomienda proyectar los próximos dos periodos, por medio de una media móvil, el modelo ARIMA de seguro funcionará para predecir dos de los siguientes periodos, pero el uso de las medias móviles es una forma más fácil. Sobre todo para un palmicultor, que realmente no tiene tanto tiempo para sentarse a realizar un modelo ARIMA. Los resultados se acercan mucho a los que arroja el modelo ARIMA, pero la diferencia está en el tiempo que toma.

Se recomienda que si se siga indagando acerca del tema de conocer el por qué la regresión arroja una conclusión como lo es que el precio del aceite de palma, determina el precio del biodiesel en los Estados Unido

13.BIBLIOGRAFÍA

- Brooks, C. (2002) *“Introductory Econometrics for finance”*, Sexta Edición, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lind, D.A.; Mason, R.D. y Marchal, W.G. (2000) *“Estadística para Administración y Economía”*, Tercera Edición, México, Mac Graw Hill.
- Kennedy, P. (2008) *A guide to Econometrics Sixth Edition*, Malden, Estados Unidos, Blackwell Publishing
- Allard, R.J (1980) *Introducción a la Econometría*, Mexico, Editorial Limusa
- Gouriéroux, C. y Monfort, A. (2002) *Simulation Based Econometric Methods*, Nueva York, Oxford University Press
- Latham, A. (1978) “Price fluctuations in the early palm oil trade, en *The Journal of African History*, Vol. 19 (No. 2), pp. 213-218
- Northrup, D. (1976) “The compatibility of the slave and palm oil trades in the Bight of Biafra”, en *The Journal of African History*, Vol. 17 (No. 3), pp. 353-364
- Hsieh, D. (Julio 1989) “Modeling Heteroscedasticity in Daily Foreign-Exchange Rates”, en *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 7 (No. 3), pp 307-317
- Casas, M. , y Cepeda, E. (2008) “Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financieras”, *Cuadernos de Economía*, vol. XXVII, n. 48, Bogotá, pp 287-319
- Engle, R. (1995). *ARCH Selected Readings*. Nueva York: Oxford University Press.
- Bowerman, B. y O’Connell, R y Koehler, A. (2005). *Forecasting, Time Series, and Regression*, California: Duxbury & Thomson.
- Fedepalma, (2008).”Anuario Estadístico 2008” [en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/documen/2008/area_cultivada.pdf, recuperado: 6 de septiembre de 2009
- Ministerio de agricultura, (2009) “Empresarización de actividades agropecuarias – Biocombustibles” [en línea], disponible en : <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>, recuperado: 5 de septiembre de 2009

- Fedepalma, (2005). “Agroindustria de la palma de aceite” [en línea], disponible en : <http://www.fedepalma.org/pyr.htm>, recuperado: 11 de septiembre de 2009
- Fedepalma, (2005). “Agroindustria de la palma de aceite” [en línea], disponible en : <http://www.fedepalma.org/pyr.htm>, recuperado: 11 de septiembre de 2009
- Ospina, M. y Ochoa, D. (2001). *La palma Africana en Colombia. Apuntes y Memorias*, Bogotá, Fedepalma.
- Boddiger, D. (2007, 15 de septiembre – 21 de septiembre) “Boosting biofuel crops could threaten food security”, en *The Lancet*, Research Library Corepp. 923
- Colombia, Congreso Nacional de la República (2004, 31 de diciembre). “Ley 939 del 31 de diciembre de 2004, por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones”, en *Diario Oficial*, num. 45.778, 31 de diciembre de 2004, Bogotá.
- Sociedad de Agricultores de Colombia, (2008). “Balance preliminar del comportamiento sector agropecuario en 2008 y perspectivas 2009” [en línea], disponible en: <http://www.sac.org.co/Pages/Economia/BalanceAgropecuario.htm>, recuperado: 15 de septiembre de 2009
- Fedepalma. “Biodiesel para principiantes” [en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/biodiesel_pyr.htm, recuperado: 8 de septiembre de 2009
- Centro de Investigación en Palma de Aceite. “Programa de procesos, usos del aceite y subproductos” [en línea], disponible en: <http://www.cenipalma.org/es/node/89>, recuperado: 13 de septiembre de 2009
- Fedepalma, (2006). “Biodiesel – Una energía limpia del campo para Colombia” [en línea], disponible en: http://www.fedepalma.org/documen/2006/Cartilla_Biodiesel.pdf, recuperado: 15 septiembre de 2009
- Asociación Colombiana de Ingenieros, (2004). “ABC de los alcoholes carburantes” [en línea], disponible en: www.aciem.org/bancoconocimiento/a/abcdelosalcoholescarburantesext_/ABCCARBURANTES.doc, recuperado: 29 de agosto de 2009
- Hempcar. “Henry Ford: 1863 – 1947” [en línea], disponible en: <http://www.hempcar.org/ford.shtml>, recuperado: 2 de septiembre de 2009
- Ministerio de agricultura, (2009) “Empresarización de actividades agropecuarias – Biocombustibles” [en línea], disponible en : <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>,

recuperado: 5 de septiembre de 2009

- Fedepalma. “Biodiesel – Introducción” [en línea], disponible en: <http://www.fedepalma.org/biodiesel.htm>, recuperado: 20 de septiembre de 2009
- British Petroleum, (2009). “Statistical Review – 2009” [en línea], disponible en: <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023769&contentId=7044915>, recuperado: 14 de septiembre de 2009
- Ecopetrol (2008), “Informe anual 2008 – Exploración” [en línea], disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/InformeAnual2008/exploracion-produccion.htm> recuperado: 18 septiembre de 2009
- Noticias Terra (2009) “Desempleo en Colombia subió al 12% en marzo por crisis económica” [en línea], disponible en: <http://noticias.terra.es/economia/2009/0430/actualidad/desempleo-en-colombia-subio-al-12-por-ciento-en-marzo-por-crisis-economica.aspx> recuperado: 18 de septiembre de 2009
- Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2008, 25 de Junio) “Decreto número 2328 del 25 de junio de 2008, por el cual se crea la comisión Intersectorial para el manejo de Biocombustibles”, en *Diario Oficial*, 25 de junio de 2008, Bogotá
- Sistema Nacional de Competitividad (2008) “Normatividad sobre biocombustibles” [en línea], disponible en: http://www.snc.gov.co/prensa/noticias-snc/2009/junio/nsnc_090608c.asp recuperado: 22 de septiembre de 2009
- Colombia, Congreso Nacional de la República (2007, 9 de abril) “Ley 1133 del 9 de abril de 2007 por medio de la cual se crea e implementa el programa Agro Ingreso Seguro – AIS”, en *Diario Oficial*, núm. 46.595, 10 de abril de 2007, Bogotá
- Colombia, Congreso Nacional de la República (2001, 19 de septiembre) “Ley 693 del 19 de septiembre de 2001 por medio de la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones”, en *Diario Oficial*, núm. 44.564, 27 de septiembre de 2001, Bogotá
- Secretaria de senado, (2004) “Ley 939 de 2004” [en línea], disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2004/ley_0939_2004.html, recuperado: 21 de septiembre de 2009
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, (2002) “Ley 788 de 2002” [en línea], disponible en: <http://www.fedebiocombustibles.com/marco-juridico/ley788de2002.pdf> recuperado: 21 de septiembre de 2009