

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**SISTEMA DE ESTUDIOS DE GRADO Y PREGRADO**  
**LICENCIATURA EN ECONOMIA AGRICOLA CON ENFASIS EN**  
**AGROEMBIENTE**

**Elaboración de un modelo econométrico de series de  
tiempo para la proyección de precios del tomate  
(*Lycopersicon esculentum*) en Costa Rica, en base al  
periodo 2000 - 2010**

**Estudiante:**

**Melvin Murillo Barquero**

**Carne: A33635**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio**

**San José, Costa Rica**

**2011**

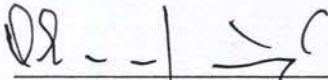
## Hoja de Aprobación

El presente proyecto fue aceptado por la Comisión del Programa de Grado y Pregrado de Licenciatura en Economía Agrícola con énfasis en Agroambiente de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciado en Economía Agrícola.




M. Sc. Eliécer Ureña P.

Director de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios



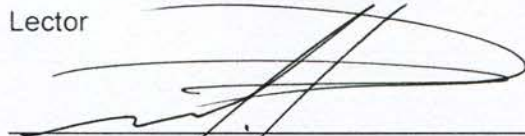
Lic. Álvaro Jiménez Castro

Director del Proyecto de Graduación



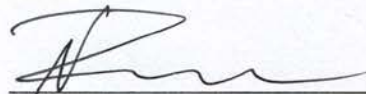
M.E. Alberth Campos Argüello

Lector

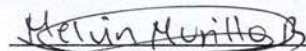


M.A.E. Javier Paniagua Molina

Lector



M.Sc. Vanessa Villalobos Ramos



Bach. Melvin Murillo Barquero

Postulante

San José, 2011

## Índice

<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tema de investigación .....	1
1.2 Título de la investigación.....	3
1.3 Descripción de la situación o problema.....	3
1.3.1 Situación problemática .....	3
1.3.2 Formulación del problema.....	8
1.4 Justificación .....	9
1.5 Objetivos .....	13
1.5.1 Objetivo general .....	13
1.5.2 Objetivos específicos.....	13
<b>Capítulo II. Marco de referencia .....</b>	<b>14</b>
2.1 Marco de antecedentes.....	14
2.2 Marco teórico y conceptual .....	21
2.3 Marco geográfico y temporal .....	36
<b>Capítulo III. Metodología .....</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo IV: Producción de tomate en Costa Rica .....</b>	<b>41</b>
4.1 Situación de la producción de tomate en Costa Rica .....	41
4.2 Comercio internacional del tomate en Costa Rica .....	49
4.3 Importancia social y económica .....	50
<b>Capítulo V. Modelo de series de tiempo para precios internos de tomate.....</b>	<b>53</b>
5.1 Análisis de series temporales .....	53
5.2 Análisis de estacionaridad y estacionalidad .....	55
5.3 Determinación del modelo ARIMA.....	67

<b>Capítulo VI. Evaluación del modelo predictivo.....</b>	<b>77</b>
<b>6.1 Evaluación del modelo.....</b>	<b>77</b>
<b>Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>81</b>
<b>7.1 Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
<b>7.2 Recomendaciones.....</b>	<b>84</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 1: Precios semanales del tomate primera calidad (2000-2010).....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 2: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad (2000-2010).....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 3: Índice de precios al consumidor.....</b>	<b>95</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Regla de referencia para la especificación de modelos de series de tiempo .....	30
Cuadro 2: Área en ha dedicada al cultivo de tomate en Costa Rica, por regiones, 2007 .....	42
Cuadro 3: Índice estacional de oferta en toneladas para el tomate de primera calidad trizado en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008 .....	46
Cuadro 4: Índice estacional de precio (¢/caja) para el tomate de primera calidad trizado en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008 .....	47
Cuadro 5: Contribución de la agricultura primaria en el PIB.....	50
Cuadro 6: Función de autocorrelación para precio del kg de tomate (precio-kg).....	56
Cuadro 7: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 50 rezagos.....	60
Cuadro 8: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados del tomate (d-precio-kg, cada 52 rezagos).....	64
Cuadro 9: Contraste aumentado de Dickey-Fuller para la serie (d-precio-kg).....	66
Cuadro 10: Modelos probados con mejores estadísticas .....	70
Cuadro 11: Prueba Dickey-Fuller para los residuos del modelo ARIMA (4, 1,3), incluyendo 100 rezagos, tamaño de la muestra 456, Hipotesis nula de raíz unitaria: $a=1$ .....	75
Cuadro 12: Predicción del precio real con el modelo ARIMA (4,1,3) para las siguientes 4 semanas .....	78
Cuadro 13: Análisis de la predicción del modelo ARIMA (4,1,3).....	80
Cuadro 14: Parámetros del modelo ARIMA (4, 1, 3).....	82
Cuadro I: Precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....	87

<b>Cuadro II: Precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>88</b>
<b>Cuadro III: Precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>89</b>
<b>Cuadro IV: Precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>90</b>
<b>Cuadro V: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>91</b>
<b>Cuadro VI: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>92</b>
<b>Cuadro VII: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>93</b>
<b>Cuadro VIII: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010 .....</b>	<b>94</b>
<b>Cuadro IX: Índice de precios al consumidor, base2006.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1: Precios reales históricos para el tomate de primera calidad, según CENADA, Costa Rica 2000-2010, ¢/kg .....</b>	<b>4</b>
<b>Gráfico 2: Índice estacional de precio y oferta mayorista del tomate, 2000-2008 .....</b>	<b>7</b>
<b>Gráfico 3: Participación del sector agrícola costarricense en el PIB<sup>a</sup>, a precios constantes, base 2006.....</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico 4: Distribución porcentual de los costos de producción del tomate, en la zonas de Alajuela-Heredia, Costa Rica, 2008 .....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfico 5: Comparación del precio promedio mensual de tomate en tres lugares de comercialización diferentes, en colones corrientes, Costa Rica, 2000-2008 .....</b>	<b>44</b>
<b>Gráfico 6: Índice estacional de precio y oferta para el tomate de primera calidad tranzado en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008 .....</b>	<b>45</b>
<b>Gráfico 7: Participación del sector agrícola costarricense en el PIB, a precios constantes, base 2006 .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 8: Precio promedio semanal del kg de tomate primera calidad, 2000-2010 <sup>a</sup> .....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 9: Correlograma de la función de autocorrelación de la serie (precio-kg), incluyendo 50 rezagos.....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfico 10: Serie precios semanales diferenciados <sup>a</sup> (d-precio-kg).....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico 11: Correlograma de la función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 100 rezagos .....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfico 12: Índice estacional de precio y oferta del tomate primera calidad en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008 .....</b>	<b>62</b>

<b>Gráfico 13: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 557 rezagos.....</b>	<b>63</b>
<b>Gráfico 14: Serie diferenciada de precios del tomate de primera calidad (d-precio-kg).....</b>	<b>67</b>
<b>Gráfico 15: FAC y FACP de la serie diferenciada de precios del tomate (d-precio-kg), incluyendo 100 rezagos.....</b>	<b>68</b>
<b>Gráfico 16: FAC de los residuos del modelo ARIMA (4, 1, 3), incluyendo 100 rezagos.....</b>	<b>74</b>
<b>Gráfico 17: Serie simulada comparada con la serie original, utilizando el ARIMA (4, 1, 3), (15/09/09 - 12/10/10).....</b>	<b>76</b>
<b>Gráfico 18: Precio real del kg de tomate y predicción del modelo ARIMA (4, 1, 3), (14/10/08 - 12/10/10).....</b>	<b>79</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Esquema de delimitación del tema a investigar .....</b>	<b>2</b>
--	----------

## **Capítulo I. Introducción**

### **1.1 Tema de investigación**

Siguiendo la metodología de investigación propuesta por Lerma (2003), para plantear el tema de investigación, se debe iniciar con el planteamiento de una situación problemática; en base a esta situación problemática se identifican las áreas de mayor relevancia, una vez que se ha identificado el área de interés se plantean posibles temas a investigar, luego se debe identificar el tema general de mayor interés para el investigador, una vez seleccionado el tema se procede a plantear posibles subtemas, para finalmente plantear el tema de investigación específico, una vez que se identifico el subtema de interés.

Esta metodología permite tener un panorama detallado de lo que se desea investigar, al mismo tiempo permite que el investigador este claro respecto al tema que desea investigar.

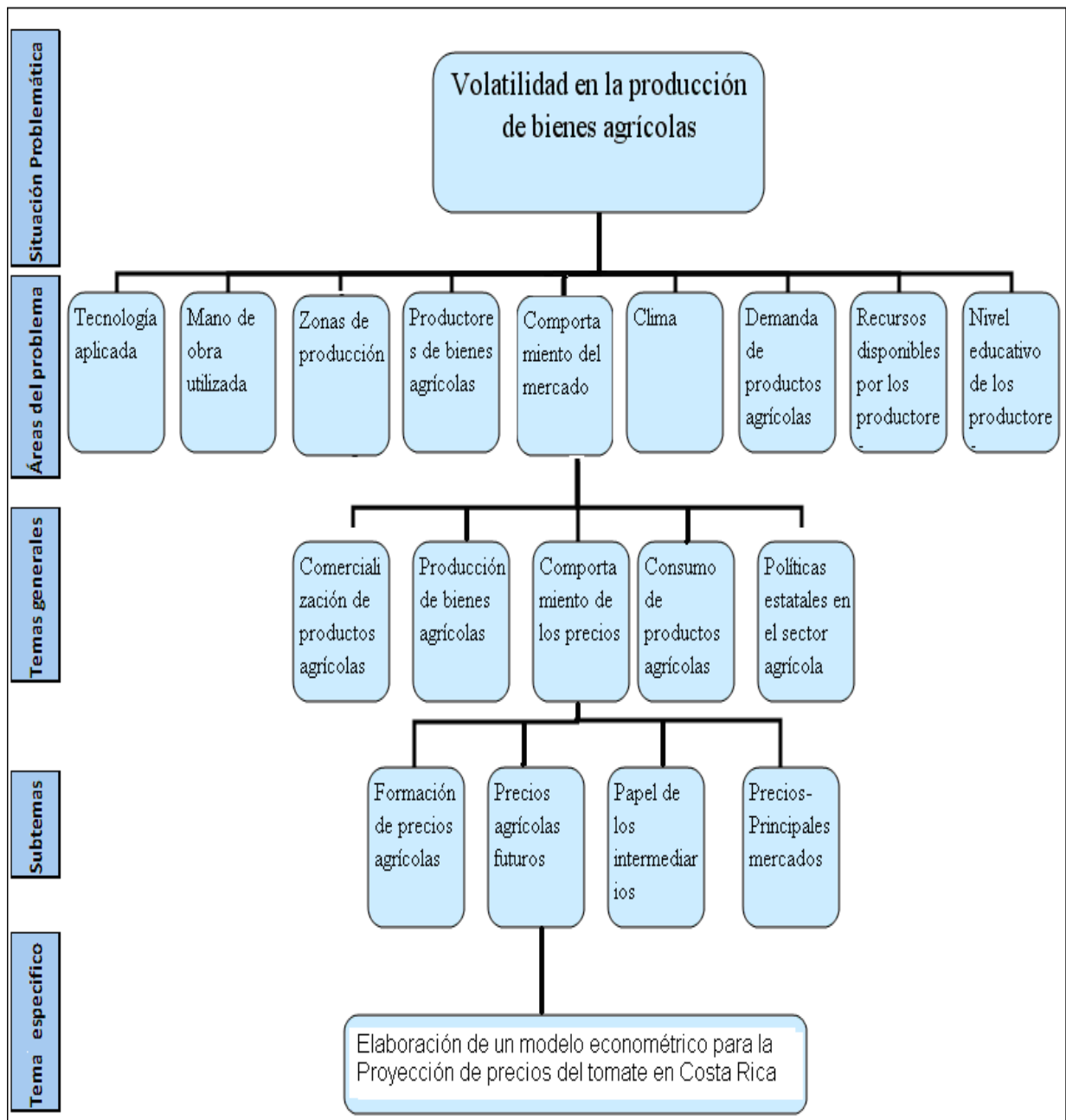
En el caso del actual estudio, se plantea como situación problemática la volatilidad en la producción de bienes agrícolas, que puede deberse a la tecnología utilizada, mano de obra, comportamiento del mercado, clima, condiciones geográficas, recursos disponibles en los productores, nivel educativo de los productores, demanda de los productos y otros factores.

De estas áreas, la de mayor interés es el comportamiento del mercado, aunque en realidad muchas de estas áreas están relacionadas entre si, de manera que no es posible analizar una sola sin incluir alguna de las otras áreas. En esta área se encontraron algunos temas generales como: la comercialización de productos agrícolas, la producción de bienes agrícolas, comportamiento de los precios, consumo de productos agrícolas y políticas estatales en el sector agrícola.

De los temas generales planteados, el de mayor interés es el comportamiento de los precios, en base en este tema se identificaron algunos subtemas como por ejemplo: la formación de precios agrícolas, los precios agrícolas futuros, papel de los intermediarios y los precios en los principales mercados.

De los subtemas identificados, se desarrolló los precios agrícolas futuros, planteándose como tema específico de investigación: “Elaboración de un modelo econométrico de series de tiempo para la proyección de precios del tomate en Costa Rica.”

**Figura 1: Esquema de delimitación del tema a investigar**



## **1.2 Título de la investigación**

A partir del área problemática de interés y de la delimitación del tema, se estableció como título provisional: “Elaboración de un modelo econométrico de series de tiempo para la proyección de precios del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en Costa Rica, para el periodo 2000 - 2010”

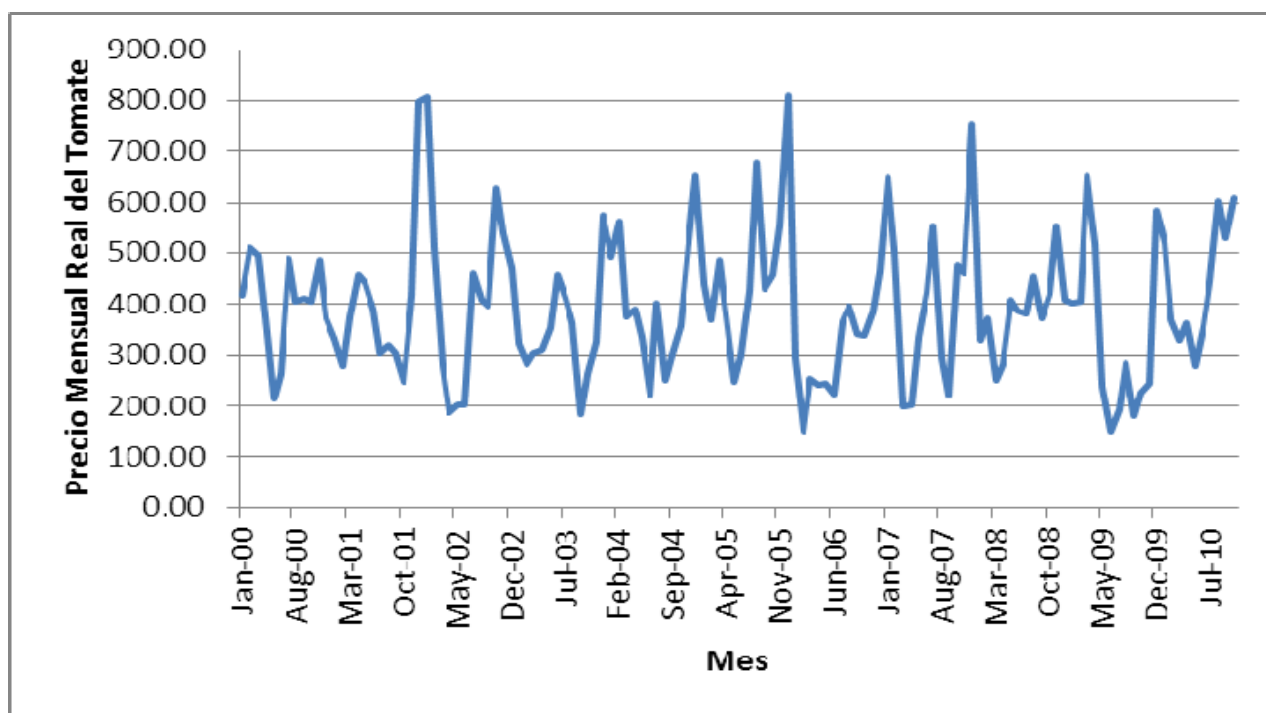
## **1.3 Descripción de la situación o problema**

### **1.3.1 Situación problemática**

La volatilidad en la producción de bienes agrícolas es un problema de gran importancia, los productores se ven afectados por las constantes variaciones en los precios de los productos y si además se le suma las constantes variaciones en el clima, se puede concluir que la actividad agrícola esta inmersa en situaciones de alto riesgo e inestabilidad. Esta situación afecta considerablemente las utilidades recibidas por los productores, la planeación estratégica a mediano y largo plazo, la elaboración de proyectos, el acceso a financiamiento, entre otros. Para muchos productores, una variación abrupta en los precios podría significar la quiebra del negocio.

El gráfico 1 muestra los precios históricos del tomate en Costa Rica, durante el periodo 2007-2009, donde se puede observar una irregularidad importante, con cambios muy bruscos durante periodos muy cortos.

**Gráfico 1: Precios reales históricos para el tomate de primera calidad, según CENADA, Costa Rica 2000-2010, ¢/kg**



**Fuente: CENADA (2010)**

En Costa Rica el sector agrícola reviste de gran importancia socio-económica, en la última década, a pesar de un decrecimiento en su participación en la economía nacional (PIB), este sector continua con una participación muy importante, sobre todo en las zonas rurales, en donde es el principal generador de ingresos y empleo.

El Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFBM)<sup>1</sup>, afirma que para el 2007, el sector agrícola tubo una participación en el PIB del 11,4 %, siendo superado por los sectores industrial (22,8%) y turístico (18,3%). (Montenegro, 2007, p9)

Para el 2009, la participación del sector agrícola corresponde al 9,2%.<sup>2</sup> (Banco Central de Costa Rica, 2010)

<sup>1</sup> Citado por Montenegro (2007).

<sup>2</sup> Producto Interno Bruto por industria a precios constantes, año base 2006, subcuenta: Agricultura, Silvicultura y Pesca.

La amplia variabilidad en las condiciones del clima y del suelo de Costa Rica, permiten la siembra de una amplia cantidad de cultivos hortícolas en todo el territorio nacional.

El sector hortícola nacional tiene una participación moderadamente importante en el producto interno bruto agropecuario (PIBA) de alrededor del 5%; para el 2007 se cultivaron aproximadamente 35.000 ha de hortalizas, donde participaron aproximadamente 7.000 productores y se dio una generación de empleo directo para unas 150.000 personas. (Montenegro, 2007, p.9)

El mercado del tomate es un sistema dinámico, el mismo cambia constantemente y en forma impredecible, los precios cambian súbitamente, además, el productor carece de control sobre éstos, de manera que resulta indispensable conocer y comprender como se forman los precios y los factores que los modifican, lo que permite tomar las previsiones que vengan al caso. El mercado agrícola de Costa Rica, presenta tendencias oligopólicas, aunque existe un numero importante de pequeños productores<sup>3</sup>, la producción se concentra en las manos de unos pocos agricultores que comercializan grandes volúmenes, algunos expertos consideran que la comercialización de los productos agrícolas en Costa Rica, en las ferias del agricultor o en el CENADA, se acerca a la competencia perfecta; en el caso del tomate, no es así, se dan ciertas prácticas que obstaculizan el funcionamiento normal del mercado, aunque de manera general es tratado como competencia perfecta.

El productor de tomate, esencialmente es un tomador de precios, careciendo de la capacidad, el tamaño o los medios suficientes para influenciar el precio, en general para los productores pequeños, como se mencionó anteriormente, la realidad es que existen unos cuantos productores de tomate que comercializan grandes volúmenes de producto y en algunos casos se dan algunas practicas monopólicas que de forma muy discreta terminan afectando el precio en el mercado nacional.

En Costa Rica el tomate se comercializa principalmente en el CENADA, donde acuden la mayoría de los productores que desean vender su producto, pues a este mercado acuden una gran cantidad de intermediarios y consumidores.

---

<sup>3</sup> En este estudio se considera como pequeño productor a aquel que cuenta con menos de 2 ha de cultivo.

El CENADA representa el principal mercado mayorista del país en donde se llevan a cabo la mayoría de transacciones entre productor, revendedor y consumidor. Pero también, a lo largo del territorio se encuentran ferias del agricultor, en las cuales los productores pequeños pueden vender sus productos, además se pueden mencionar otros mercados importantes como por ejemplo el Mercado Borbón, ubicado en San José y el mercado de Alajuela.

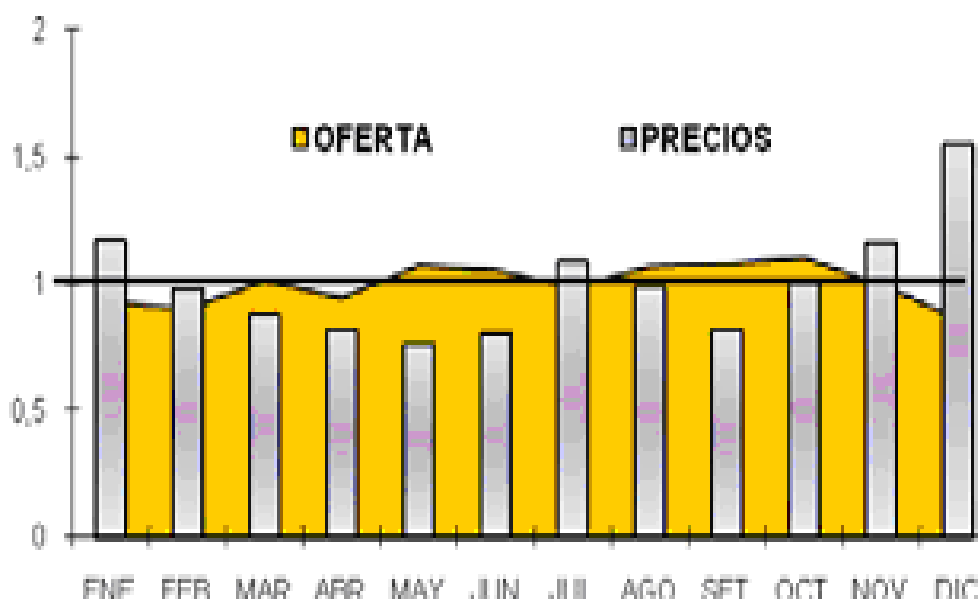
En Costa Rica existe una gran cantidad de productores pequeños y otros, los cuales no llevan a cabo una planificación adecuada de la siembra. Se pretende con el presente trabajo crear una herramienta para el agricultor, que permita la disminución de la incertidumbre asociada a los precios y la toma de mejores decisiones.

En el mercado del tomate, muchos de los agricultores también siembran chile dulce y pepino, y por lo general en forma sustitutiva, lo que da origen a un fenómeno de ciclos y recesiones en la producción y por lo tanto en el precio. Los productores se ven influenciados por señales en el mercado, como aumentos en los precios, lo que los lleva a sembrar en la misma época, lo cual genera un exceso de oferta y por lo tanto una disminución en el precio; por ejemplo, en el caso de un productor de tomate, los precios bajos en una cosecha hacen que el agricultor cambie su cultivo por otro producto que podría ser chile o pepino, esto tendría dos efectos: uno es el aumento en el precio del tomate para el siguiente ciclo, dado que muchos agricultores cambiaron sus siembras y en segundo lugar se esperaría una sobreoferta de chile o pepino, con la reducción de precios correspondiente, resultado que hará que el productor vuelva a cosechar tomate en el siguiente periodo, quedando atrapado en un ciclo indefinido.

Algunas instituciones estatales se encargan de desarrollar herramientas para los agricultores, como se mencionó anteriormente el presente trabajo pretende contribuir con el aporte de herramientas para los productores, pero existe una cultura generalizada en los agricultores, donde estos persisten en trabajar en forma tradicional, según sus conocimientos, cuesta mucho que acepten nuevas técnicas y adopten nuevas herramientas; por ejemplo el gráfico 2 muestra un índice estacional de precios y oferta, desarrollado por PIMA/CENADA, siendo esta información de acceso libre al público, pareciera ser que los productores

desconocen la existencia de esta información o que no les interesa, estos no planean las cosechas basados en este índice, por que año tras año se repite el mismo comportamiento con precios bajos y precios altos en épocas predeterminadas.

**Gráfico 2: Índice estacional de precio y oferta mayorista del tomate, 2000-2008**



**Notas:**

- El índice estacional muestra el comportamiento de la oferta o los precios del tomate con respecto a su valor promedio correspondiente, para su cálculo se toman en cuenta los últimos ocho años.
- Este índice estacional contempla únicamente el producto tranzado en el CENADA, Cosa Rica.
- La oferta corresponde al tomate que llega al CENADA en una determinada plaza y los precios al precio de venta del tomate en esa misma plaza.

Fuente: SIIM/CNP, Boletín informativo N° 1-Año 2010.



### 1.3.2 Formulación del problema

Como se menciona anteriormente, el sector agrícola reviste de gran importancia. Entre los productores nacionales, la mayoría de pequeños productores presentan características que los relacionan a una baja eficiencia y baja competitividad a nivel internacional y con respecto a otros productores más grandes a nivel nacional. Los productores a nivel nacional reciben poca ayuda gubernamental en comparación con otros países<sup>4</sup> y por otro lado se enfrentan a un mercado altamente inestable o muy volátil. Aunque algunas instituciones gubernamentales y en algunas ocasiones organizaciones no gubernamentales (ONGs), realizan estudios o trabajan con información que les resulta de mucha utilidad a los productores, el presente estudio busca elaborar un modelo econométrico que permita proyectar los precios futuros del tomate, de manera que los agricultores puedan tener una idea de los precios en las próximas cosechas, pudiendo llevar a cabo una adecuada planeación de las cosechas.

Se puede plantear el problema como: ¿Permite un modelo econométrico de series de tiempo (ARIMA) simular los precios futuros del tomate en Costa Rica, en base al periodo 2000 - 2010?

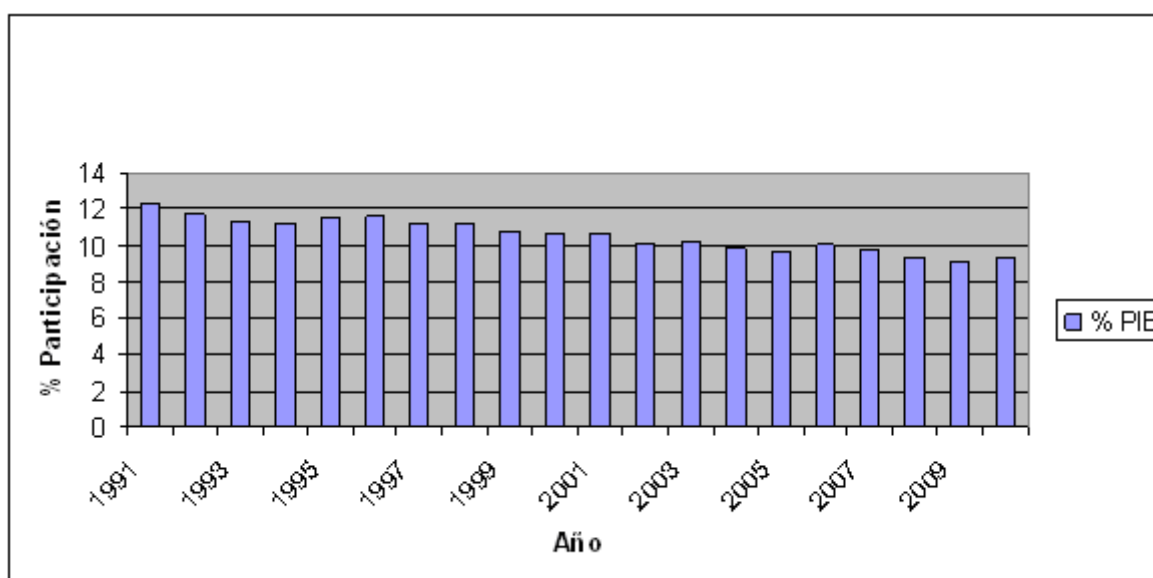
---

<sup>4</sup> Los presupuestos para el sector agrícola en Costa Rica son muy pobres en comparación con otras regiones como por ejemplo Estados Unidos o la Unión Europea, donde la agricultura recibe considerables presupuestos y hasta subsidios.

## 1.4 Justificación

El sector agrícola tiene una gran importancia en Costa Rica, tal vez no se ve reflejada en el producto interno bruto (PIB), si se considera el aporte de otros sectores, pero es una fuente de empleo y de ingresos muy importante, sobre todo en zonas rurales. Por otro lado el sector agrícola nacional presenta un superávit en la balanza comercial, las exportaciones son mayores a las importaciones, lo que beneficia la economía nacional. En el gráfico 3 se presenta la evolución de la agricultura respecto al PIB nacional para el periodo 1991–2010.

**Gráfico 3: Participación del sector agrícola costarricense en el PIB<sup>a</sup>, a precios constantes, base 2006**



**Notas: a) La participación corresponde a la subcuenta nacional: Agricultura, Silvicultura y Pesca.**

**Fuente: Banco Central de Costa Rica (BCCR)**

En el gráfico anterior, se puede observar que, a partir de 1999 se da una tendencia al decrecimiento de la participación del sector agrícola en el PIB, aun a pesar de esa situación, el 2009 cierra con una participación para nada

despreciable alrededor del 9% y el BCCR proyecta una participación similar para el 2010.

La dinámica económica actual, se fundamenta en aspectos como el libre comercio, la globalización de las economías, el uso de tecnologías de punta y una mayor competitividad. De manera que la agricultura no escapa a estas ideologías, por esta razón, el sector agrícola nacional debe enfocarse en ser más competitivo, por medio del aumento en la productividad, la reducción de costos, mejora de la capacidad del personal y orientación al mercado. En el caso de los productores de tomate, como parte del sector agrícola, es necesario que se apliquen o se desarrollen nuevos modelos administrativos, que permitan darle un enfoque más empresarial a la actividad, herramientas como los modelos para la proyección de precios apoyarían estos nuevos enfoques.

Según Montenegro (2007), para ese mismo año, la horticultura involucró a no menos de 7.000 productores, los que cultivaron alrededor de 35.000 ha en el país. (Montenegro, 2007, p.9)

Junto a estos agricultores está la mano de obra contratada o familiar, los proveedores de insumos, los transportistas, intermediarios mayoristas y minoristas que representan una parte importante en la cadena de valor de los productos, los cuales no han sido incluidos en el aporte del sector a la economía nacional.

En la producción agrícola costarricense, los agricultores se enfrentan a varias limitantes, como acceso a tecnologías de punta, falta de investigación y desarrollo, acceso a financiamiento, variaciones constantes en los precios, tendencias al alza en los insumos requeridos, por lo general presentan niveles educativos bajos, falta de capacidad de trabajo grupal, se resisten a la formación de asociaciones, prevalece un sentimiento de individualismo, tendencias del estado a concentrarse en los sectores con mayor rentabilidad o participación en la economía. El actual trabajo pretende, en alguna medida, fortalecer el desempeño de los productores, de manera que ante tantas limitantes, aunque sea en forma muy modesta, el agricultor cuente con una herramienta que le ayude a seguir adelante en sus actividades.

En el mercado del tomate los precios son establecidos por la libre competencia según la oferta y la demanda del producto, dado que es poco o nulo lo que el productor puede hacer respecto a los precios, con la excepción de lo mencionado anteriormente respecto a algunas practicas oligopólicas o monopolísticas<sup>5</sup>. Esta investigación busca facilitar la comprensión de la formación de los precios, de manera que el productor pueda tomar mejores decisiones ante posibles cambios perjudiciales en los precios.

La producción de tomate es una actividad muy importante para muchas zonas rurales del país, atraídos por la posibilidad de obtener buenas ganancias, el cultivo de este producto es muy común, pero también asocia un riesgo muy alto. Esta situación justifica el desarrollo de investigaciones en diferentes ámbitos de la agricultura, que le permita ser mas competitivo al productor, lograr mayores utilidades, adquirir nuevos conocimientos y reducir el riesgo inherente a las actividades realizadas, lo que se traducirá en el fortalecimiento de las economías locales al generar mayores ingresos a los productores y por medio de la generación de empleo, y por ende la economía nacional también se vera favorecida.

A través de los siglos, desde el surgimiento de la agricultura, ésta se asocia principalmente con el autoabastecimiento y con la seguridad alimentaria. En las ultimas décadas y bajo nuevos paradigmas económicos basados en factores como la competitividad, donde se impone la especialización y la obtención de utilidades, los países subdesarrollados en su afán de lograr el crecimiento económico en muchas ocasiones invierten en otros sectores mas rentables, dejando de lado el sector agrícola, lo que genera una fuerte vulnerabilidad en el tema de la seguridad alimentaria, por lo tanto, no se debe olvidar que la agricultura debe desarrollarse como un medio para generar desarrollo y bienestar en las zonas rurales y mas pobres del país y por si misma la actividad agrícola debería ser impulsada y desarrollada en todas las zonas del país, pues permite el autoabastecimiento en los hogares mas necesitados.

La proyección de los precios futuros es una de las variables mas importantes a tomar en cuenta en la elaboración de proyectos, en la elaboración de planes de negocios o instrumentos a fines, en muchas ocasiones se generan datos poco

---

<sup>5</sup> Practicas de los productores más grandes del sector.

confiables, lo que influye de forma negativa en la credibilidad del proyecto, de manera que es fundamental la utilización o elaboración de todas aquellas herramientas que permitan reducir la incertidumbre asociada a proyecciones de precio, al mismo tiempo que provee al proyecto de una mayor credibilidad.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Elaborar un modelo econométrico de series de tiempo (ARIMA) para la predicción de precios semanales del tomate (*Lycopersicon esculentum*), en el mercado mayorista de CENADA, Costa Rica, en base al periodo 2000 - 2010.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- 1- Describir el comportamiento de los precios del tomate en Costa Rica, en los últimos años (2005-2010).
- 2- Probar diferentes modelos de series de tiempo (ARIMA) para la proyección de precios nacionales del tomate en Costa Rica.
- 3- Seleccionar el modelo de mejor ajuste para el pronóstico de precios semanales del tomate.
- 4- Utilizar el modelo para pronosticar cuatro periodos futuros (4 semanas).

## Capítulo II. Marco de referencia

### 2.1 Marco de antecedentes

Actualmente existen diversas metodologías para la proyección, en el caso de Costa Rica, estas metodologías son aplicadas sobre todo en variables económicas, siendo las universidades publicas quienes generan la mayor cantidad de trabajos de investigación, el Banco Central de Costa Rica es otro organismo que genera investigación importante, respecto al tema investigado. A nivel internacional existe abundante literatura referente a métodos de proyección de precios en bienes agrícolas, pero en muchas ocasiones aplicados en economías muy diferentes a la costarricense y con otra disponibilidad de datos, resultando muy difícil aplicar esos modelos en el caso de productos agrícolas costarricenses, no obstante no imposible.

Respecto al tema a desarrollar, se realizó una revisión bibliográfica en las bibliotecas de la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional y el Instituto Tecnológico de Costa Rica, dando énfasis a los trabajos finales de graduación, encontrándose información muy diversa, alguna relevante para el estudio y otra no tanto, luego se prosiguió con una búsqueda de trabajos relacionados en internet y bases de datos a nivel nacional e internacional.

A manera de resumen de la revisión realizada, a continuación se presentan los principales hallazgos.

Céspedes (1995), desarrolla un trabajo para medir factibilidad de la instalación de una planta procesadora de tomate industrial en la provincia de Heredia, Costa Rica, el estudio utilizo precios constantes en el horizonte de evaluación, de manera que no se proyectaron los precios. El estudio determino con los indicadores financieros TIR, VAN e ID que el proyecto es viable, el proyecto soporta una tasa de descuento del 24% y aun así obtiene beneficios, además se encontró que el proyecto es sensible al incremento en el costo de la materia prima y de empaque y muy sensible a reducciones en los precios de venta.

Méndez B. (2000), desarrolló un índice de precios para los insumos agropecuarios del tomate en el cantón de Grecia, Costa Rica. Para construir el índice se toman en cuenta nueve etapas: selección de la actividad productiva, captura de la información básica, identificación y clasificación de los insumos,

determinación de los costos de producción y su grado de uso, selección de los insumos y definición de los coeficientes de ponderación, definición de los precios, definición del periodo base, calculo de índices y aplicación de los índices. El estudio encontró que el índice de precios pagados por los insumos utilizados en la producción de tomate (IPPIT) tuvo un aumento del 523.37% en el periodo analizado y además la diferencia en los gastos de producción en los que incurren los productores de tomate en Grecia es mínima o nula debido a que la diferencia de los precios en los insumos casi no presenta variación en el periodo estudiado.

Rodríguez G. (1997), en su estudio "Evaluación del comportamiento del tomate en el CENADA", para el periodo 1988-1995, analizo el comportamiento estacional del tomate, se complemento la caracterización existente del productor con entrevistas, se cuantifico y se ordeno la producción mensualmente de acuerdo a la provincia y cantón, luego se confecciono el índice estacional.

Para analizar la tendencia en los precios como en las cantidades se recurrió al análisis de regresión.

Entre los principales hallazgos del estudio se pueden mencionar: las zonas tradicionalmente tomateras redujeron su presencia de producto en el CENADA, no fue posible determinar la función de oferta pero si el comportamiento en cuanto a cantidades y precios, analizando el gráfico del índice de precios se determino que existen épocas del año claramente definidas donde se da una saturación del mercado, se dio un incremento en el índice de precios al consumidor del 88.64%, en cuanto al precio, este aumento en un 192% en términos corrientes en el periodo en análisis.

Segura y Zamora (1990), en su estudio, para lograr la vinculación de los precios domésticos, para algunos granos básicos con sus respectivos precios internacionales, deben determinar una medida de la tendencia de los precios internacionales (TPI), para suavizar la variabilidad de estos, utilizan promedios móviles. Una vez que se han calculado los promedios móviles de los diversos años, se procede a realizar un análisis estadístico de los mismos, con el fin de escoger aquella serie que mejor represente la tendencia, utilizando criterios como el coeficiente de variación y el coeficiente de asimetría (skewnews).



Flores y Campos (1996), en su trabajo "Modelo para determinar la oferta y demanda mundial del banano", plantean un modelo econométrico basado en diferentes ecuaciones individuales de oferta y demanda mundiales de banano, así como la especificación del precio internacional. El estudio abarca el periodo de 1964-1992.

Algunas de las ecuaciones corresponden a: importaciones de Estados Unidos, importaciones de Europa (mercado restringido), importaciones de Europa (mercado libre), importaciones de Japón, importaciones del resto del mundo, exportaciones de Centroamérica, exportaciones de Ecuador, exportaciones de Filipinas, exportaciones de las excolonias europeas en África, Caribe y Pacífico, exportaciones del resto del mundo, precio internacional del banano.

Por último, se plantearon tres experimentos de simulación donde se afectaban variables como: el número de hectáreas sembradas, la relación de sustitución entre el banano de las excolonias de Europa occidental y el banano latinoamericano y el índice de precios al consumidor en Estados Unidos.

Según Román y Cortés (1995), estos desarrollan un modelo econométrico con las variables exportaciones, importaciones y precios internacionales. El estudio abarcó el periodo de 1961-1991.

Para el modelo de oferta, se utilizaron variables como: precio del maíz amarillo número 2 en Estados Unidos, precio del arroz blanco tailandés, precio internacional para el potasio y la urea, número de trabajadores agrícolas por cada 1.000 ha, número de tractores por cada 1.000 ha, kg de fertilizante por ha y por último la cantidad producida del bien.

Por el lado de la demanda se utilizaron variables como: precio internacional del trigo, la población para cada región y por último el producto nacional bruto.

Se definió el modelo para precio, como una función de la oferta y la demanda agregada.

Por último se realizó una serie de simulaciones y proyecciones para evaluar la capacidad predictiva del modelo final.

Richardson (1974), en su estudio expone dos funciones de precios de demanda, donde define el precio final del mercado nacional en función del

precio final del mercado de las importaciones, el nivel de ingreso disponible, factores estacionales nacionales y los factores nacionales de estacionalidad de las importaciones.

Alnashwan (2004), en su trabajo identifica la demanda de tomate importado, el autor expresa que el objetivo del consumidor es maximizar la utilidad y con respecto a esto determina un modelo para la demanda de los commodities consumidos en función del presupuesto, el precio de los commodities y el multiplicador de lagrangian.

El autor afirma, que la literatura en precios de demanda, se concentra en como el precio cambia influenciado por las decisiones de consumir o no y cuanto consumir.

La respuesta de la demanda a cambios en el precio es medido por el precio elasticidad de la demanda. El precio elasticidad de la demanda expresa el cambio porcentual en la cantidad demandada asociado con el porcentaje de cambio en el precio de algún commodity.

En base a los modelos desarrollados se puede inferir una ecuación para los precios de demanda.

Según Zheng (2004), la asimetría que existe en los ajustes de precio es una mezcla, encontrando que existe asimetría en la transmisión de precios desde el productor hasta el consumidor, el autor analizo los precios de carne de res, cerdo, pollo, huevos, pavo, papas, tomates y limones en Estados Unidos, en el 2004.

Utilizando modelos autoregresivos (AR) se determino la relación de rezago entre los precios de carne de res y cerdo.

Shi Zheng citando a Schroeder y Hayenga (1987)<sup>6</sup>, describe como estos últimos utilizaron transformaciones de funciones de series de tiempo y causalidad de Granger para evaluar cambios semanales en los precios de la carne de res y cerdo en Estados Unidos, desde 1983 hasta 1985.

---

<sup>6</sup> Zheng, Shi. 2004. p.12

Shi Zheng citando a Boyd y Brorsen (1987)<sup>7</sup>, describe como estos últimos utilizaron un modelo de primeras diferencias y rezagos polinómiales, para probar asimetría en el mercado del cerdo. El estudio incluye modelos de precios.

Parrot citando a Boyd y Brorsen (1988)<sup>8</sup>, describe como estos últimos introducen la idea de probar las respuestas a la velocidad del ajuste en los precios. Aplicando esta idea al mercado del cerdo en Estados Unidos y utilizando datos semanales para el periodo 1974-1981, encontraron que no había evidencia de respuesta asimétrica en los agregados o la velocidad de ajuste de los precios.

Según Padilla (2001), en un estudio realizado en México, los factores como porcentaje de intercambio, reformas a política, clima, costos por unidad de producción, costos de transporte y cambio de nivel tecnológico juegan un papel significativo en los flujos de producción.

Se determina la significancia de varios factores económicos, que la teoría comercial y la estructura de mercado prevaleciente sugieren podría afectar los flujos comerciales de tomate fresco entre México y Estados Unidos, utiliza un modelo de comercio internacional, este es un sistema de ecuaciones simultáneas. El modelo estructural incluye cuatro ecuaciones conductuales y dos identidades. La primera ecuación representa la demanda doméstica en Estados Unidos para tomate fresco, la segunda representa el control para la oferta doméstica de tomate fresco en Estados Unidos, la tercera ecuación representa el exceso de oferta de tomate fresco de México a Estados Unidos y la cuarta ecuación es una función de costo de intercambio, como una aproximación de una serie estocástica de costos de transacción.

Según Cardiel (1998), en su estudio "Proyección de series de tiempo de precios comerciales en México", la formación de precios en tomate depende de la producción, políticas (importaciones), consumo, comercio (exportaciones), instituciones y órganos de peso, estacionalidad, precios y políticas relacionadas.

---

<sup>7</sup> Zheng, Shi. 2004. p.11

<sup>8</sup> Parrott, Scott D. 1997. p.13

Además el autor analiza el desempeño de varias técnicas de predicción, aplicadas a un grupo de series temporales de precios para la agricultura.

En su estudio Colomé (2004), plantea el objetivo de formular un modelo para la proyección de precios de equilibrio a largo plazo para el trigo, el maíz y la soya en Argentina, mediante un proceso de dos etapas. La primera etapa es un análisis econométrico de regresión múltiple para determinar las variables explicativas de los respectivos precios. En la segunda mediante un modelo de simulación Montecarlo se construye una distribución de frecuencias para cada variable dependiente.

Narváez, en su trabajo identifica dentro de la práctica política-económica algunos métodos de determinación de precios: fijación "ad hoc", calculo por sector, cálculo por explotación representativa, calculo por producto, aplicación de índices de precios y aplicación de medias móviles de precios.

El Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente de Argentina, afirma que los métodos de predicción pueden dividirse en dos grupos: aquellos basados en modelos insumo-producto generados por especialistas y aquellos basados en análisis estadísticos de series de tiempo. Además se desarrollan algunas predicciones para trigo, maíz, girasol y soya.

Arce (1995), analiza la capacidad predictiva de un modelo de Box y Jenkins aplicado a precios internacionales del café costarricense. Encontrando que las proyecciones siguen la tendencia histórica de la serie, a mayor plazo en la proyección la estimación es menos confiable, por lo que conviene incorporar los datos mas recientes al modelo y proyectar pocos periodos.

Ramírez y Fadiga (2003), evaluaron la capacidad predictiva de un modelo GARCH, en comparación al error con distribución normal y t-student. La evaluación se hizo mediante la proyección de los precios en Estados Unidos para soya, sorgo y trigo.

El estudio señala que es posible probar la normalidad de los errores mediante el uso de un modelo GARCH, a excepción de los modelos donde la curtosis sea negativa.

Akiyama y Varangis (1989), en su estudio plantean un modelo para la determinación del precio mundial del café, el cual difiere del modelo anterior del

Banco Mundial (para esa época). El modelo busca un precio de equilibrio entre la exportación (oferta) y las importaciones (demanda) en el mercado de cuotas.

El modelo para oferta se define en función de las variables: nuevas plantaciones, producción, consumo domestico, exportaciones totales y precio en finca.

Para el caso de la demanda, esta se define en función de las variables: precio mundial, inflación, tasa de intercambio, población y producto interno bruto (PIB).

Q. shao (2009), en su estudio plantea una serie de técnicas de análisis para la estacionalidad, específicamente cuando la función de tendencia no esta especificada.

K. Assis, Amran y otros (2010), desarrollaron un estudio de una comparación de los métodos univariados para la proyección de los precios del cacao, para el periodo 1992-2006, se compararon 4 tipos diferentes: aislamiento exponencial, ARIMA, GARCH y una mezcla de los modelos ARIMA/GARCH, los autores encontraron que la mezcla de los modelos ARIMA/GARCH fue la que presento mejores resultados.

Moineddin, Upshur y otros (2003), en su estudio buscan medir la fuerza de la estacionalidad, pues las pruebas estadísticas disponibles típicamente indican la ausencia o la presencia significativa de la estacionalidad.

ARSHAD et CHAFFAR (1986), utilizaron un modelo univariado ARIMA, para proyectar la serie de precios mensuales del aceite crudo de palma. Los mismos encontraron como modelo adecuado para la proyección:  $(0, 2, 1) (0, 1, 1)_s$

El mismo puede ser utilizado para la proyección del precio de la palma en el corto plazo.

## 2.2 Marco teórico y conceptual

El actual estudio, se centra en los datos disponibles en el PIMA/CENADA, buscándose que la información sea lo mas homogénea posible, al mismo tiempo se eliminan otros factores externos que puedan afectar los datos, como por ejemplo los intermediarios, los sobrepuestos y otros.

El CENADA es el primer proyecto ejecutado por el PIMA, este inició operaciones el 23 de abril de 1981 y se constituye en la única central mayorista de frutas, hortalizas y productos del mar de Costa Rica.

Cuenta con 46 hectáreas de terreno, de las cuales 29 albergan las construcciones actuales y 17 están reservadas para futuras ampliaciones de la central y sus servicios.

Al CENADA ingresan para su comercialización un promedio de 140 productos hortícolas, frutícolas, pescado, mariscos y algunos otros productos perecederos. Para el 2009, el CENADA calcula que se transaron cerca de 250.000 toneladas de productos hortícolas y frutícolas, transacciones que alcanzaron un valor que supera los 92.000 millones de colones. La central mayorista es utilizada por más de 6.000 personas cada día de plaza o comercialización. Estos usuarios visitan estas instalaciones principalmente los lunes, miércoles y viernes de cada semana lo que genera un ingreso de más de 500.000 vehículos anuales procedentes de todas las zonas del país.<sup>9</sup>

Los precios en el CENADA se forman bajo la teoría de libre mercado por la ley de oferta y demanda, según la cantidad de compradores que lleguen a esa plaza y la cantidad de producto que se este ofreciendo.

Según Gujarati 2003, la econometría consiste en la aplicación de la teoría matemática a la información económica para dar soporte empírico a los modelos construidos por la economía matemática y obtener resultados numéricos.

*“... la econometría puede ser definida como el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales, basados en el desarrollo simultaneo de la teoría y la observación, relacionados mediante métodos apropiados de inferencia.”*

---

<sup>9</sup> Datos obtenidos por una entrevista telefónica con Rodolfo Rodríguez del CENADA. 2010.

(Gujarati, 2003, citando a P.A. Samuelson, T.C. Koopmans y J.R.N. Stone, p.1)<sup>10</sup>

*“La econometría puede ser definida como la ciencia social en la cual las herramientas de la teoría económica, las matemáticas y la inferencia estadística son aplicadas al análisis de los fenómenos económicos.”* (Gujarati, 2003, citando a Arthur S. Goldberger, p.1)<sup>11</sup>

*“El arte del econométrista consiste en encontrar el conjunto de supuestos que sean suficientemente específicos y realistas, de tal forma que le permitan aprovechar de la mejor manera los datos que tiene a su disposición.”* (Gujarati, 2003, citando a E. Malinvaud, p.1)<sup>12</sup>

En resumen se puede afirmar que la econometría es la conjunción de la teoría económica, economía matemática, estadística económica y estadística matemática.

La econometría se definió como una ciencia aparte, por que a pesar de que se basa en disciplinas como economía, economía matemática, estadística económica y estadística matemática, el econométrista conjunta todas estas disciplinas para conformar algo diferente, que no se lograría con cada una de estas disciplinas en forma individual.

Según Gujarati (2003), existe una metodología básica de la econometría, denominada metodología tradicional o clásica, que predomina en investigaciones empíricas en economía y en las ciencias sociales y del comportamiento.

Se puede resumir los lineamientos de la metodología econométrica tradicional como los siguientes:

- Planteamiento de la teoría o de la hipótesis
- Especificación del modelo matemático de la teoría
- Especificación del modelo econométrico o estadísticos de la teoría
- Obtención de datos

---

<sup>10</sup> Gujarati (2003) citando a P.A. Samuelson, T.C. Koopmans y J.R.N. Stone. 1954.

<sup>11</sup> Gujarati (2003) citando a Arthur S. Goldberger. 1964.

<sup>12</sup> Gujarati (2003) citando a E. Malinvaud. 1996.

- Estimación de los parámetros del modelo econométrico
- Prueba de hipótesis
- Pronostico o predicción
- Utilización del modelo para fines de control o de política

Gujarati (2003) propone, que la econometría puede ser dividida en dos categorías: la econometría teórica y la econometría aplicada. Mientras que en cada categoría se puede enfocar la materia en la tradición clásica o en la bayesiana.

La econometría teórica se relaciona con la elaboración de métodos apropiados (modelos econométricos), para medir las relaciones económicas. Mientras que en la econometría aplicada se utilizan herramientas de la econometría teórica para estudiar algunos campos específicos de la economía y los negocios.

Muchos modelos econométricos se basan en la causalidad y en relaciones estadísticas, pero se debe aclarar que una relación estadística no puede por sí misma implicar en forma lógica causalidad, las ideas de causalidad vienen de estadísticas externas y de teorías.

Un pronóstico causal (modelo causal) está fundamentado en la confiabilidad del comportamiento de una variable, que podría explicar los valores que asumirá la variable a proyectar. La variable conocida se denomina variable independiente y la estimada variable dependiente.

Según Gujarati (2003), los modelos causales requieren que exista una relación entre los valores de ambas variables y que los valores de la variable independiente sean conocidos o que su estimación otorgue una mayor confianza. La forma más común de hacer proyección causal es por medio del ajuste de curvas, el cual se hace por medio del uso del método de mínimos cuadrados o el de la función polinómica.

El método de los mínimos cuadrados ajusta una línea de tendencia recta del tipo  $y = a + bx$ , donde (y) es la variable dependiente, (x) es la variable independiente, (a) el punto de intersección en el eje (y) y (b) la pendiente de la función. Este método también es conocido como regresión lineal y busca



determinar la mejor recta que represente la tendencia de las relaciones observadas en el pasado, para utilizarla como base de la proyección de la tendencia futura. (Sapag y Sapag, 2007, p. 92)

La regresión es una de las principales herramientas de la econometría, este término fue introducido por Francis Galton. El análisis de regresión trata del estudio de la dependencia entre variables, de manera que estudia la relación entre una variable dependiente, respecto a una o mas variables (variables explicativas o independientes), se busca expresar los valores de la variable dependiente en función de los valores conocidos de las variables explicativas o independientes. (Gujarati, 2003)

En los modelos de regresión uniecuacionales, *“(...) una variable llamada dependiente, es expresada como función lineal de una o mas variables, llamadas explicativas, en modelos de este tipo se supone implícitamente que existen relaciones causales entre las variables dependientes y explicativas, estas van en una dirección solamente: de las variables explicativas hacia la variable dependiente.”* (Gujarati, 2003, P. 15)

La econometría de series de tiempo da prioridad a las series de tiempo (datos numéricos de una variable, cronológicamente ordenados), utilizadas para el análisis empírico. Estos modelos no presentan relaciones de causalidad, también se conocen como métodos ateóricos, ya que no son explicados por teoría alguna, si no que se basan sobre todo en métodos matemáticos y estadísticos para explicar el comportamiento de una serie de datos recolectados de manera constante a través del tiempo.

*“Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones sobre los valores que toma una variable en diferentes momentos del tiempo.”* (Gujarati, 2003, P. 25)

El trabajo empírico basado en series de tiempo supone que la serie de tiempo analizada es estacionaria, se debe tener cuidado con las regresiones espurias (disparatadas), algunas series pueden presentar lo que se conoce como fenómeno de caminata aleatoria. Estos modelos de regresión son utilizados frecuentemente para pronóstico, es imperante realizar pruebas para determinar la estacionaridad antes que la casualidad. (Gujarati, 2003)

Sapag y Sapag 2007, en su libro hace referencia a los modelos de series de tiempo afirmando que estos modelos pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar, extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable. Este análisis se aplica cuando se considera que el valor que asume la variable dependiente se explica por el paso del tiempo.

Esto es muy útil, sobre todo para casos en los que no haya suficientes datos para las variables explicativas, o bien no se conocen con certeza, o donde el comportamiento de la variable (Y) dependa de factores que no se puedan explicar fácilmente, como el clima, cambios en los gustos, ciclos estacionales, inflación, tasas de interés, etc. (Sapag y Sapag, 2007)

Algunos conceptos claves en el análisis econométrico de series de tiempo son:

Estacionalidad: se refiere al comportamiento que muestran algunas series de datos, respecto a ciertas fechas como San Valentín, navidad, algunas épocas del año, periodos de tiempo dados, estaciones del año como invierno, verano, primavera, otoño, etc.

La estacionalidad se verifica con el análisis de los rezagos de la serie, en periodos anuales, o sea, cada 12 meses, cada 52 semanas, etc. La presencia de estacionalidad implica una tendencia a largo plazo y además dificulta la presencia de ruido blanco en la serie (estacionaridad), debido a una cantidad importante de picos significativos en la función de autocorrelación.

La estacionalidad se corrige con una diferenciación estacional o anual ( $d = 12$  o  $52$ , según sea el caso).

Procesos estocásticos: un proceso estocástico o aleatorio es una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo.

Procesos estacionarios: *“un proceso estocástico es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y si el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre estos dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza.”* (Gujarati, 2003, P. 772)

Se puede determinar la estacionaridad de una serie través de:

- Método gráfico, donde se buscan tendencias a largo plazo en la grafica de la serie estudiada.
- Presencia de ruido blanco en la serie, se dice que una serie presenta ruido blanco cuando corresponde a un proceso puramente aleatorio, esto se puede probar con el análisis de la función de atocorrelación o por medio de la prueba Dickey-Fuller.

Un proceso puramente aleatorio también se conoce como proceso de ruido blanco, este proceso presenta ruido blanco si tiene una media igual a cero, una varianza constante  $\sigma^2$  y no esta serialmente correlacionado.

Procesos no estacionarios: también se conocen como modelo de caminata aleatoria. Se distinguen dos tipos de caminata aleatoria:

- Caminata aleatoria sin variaciones: esta no tiene término constante o de intersección. El valor de (Y) en el tiempo (t), es igual a su valor en el tiempo (t-1) más un choque aleatorio.

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t$$

- Caminata aleatoria con variaciones: esta presenta un término constante.

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + u_t$$

Variables integradas: corresponden a variables de un modelo de caminata aleatoria (MCA) sin variaciones (no es estacionario) pero su primera diferencia si es estacionaria, ha estas variables diferenciadas se les llama variables integradas. Un proceso de diferenciación se puede describir como:

$$\begin{aligned} Y_t &= Y_{t-1} + u_t \\ Y_t - Y_{t-1} &= u_t \\ \Delta Y_t &= u_t \end{aligned}$$

Cointegración: es la regresión de una serie de tiempo con raíz unitaria sobre otra serie de tiempo con raíz unitaria.

Prueba de raíz unitaria: en un modelo de caminata aleatoria con ruido blanco  $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$  y  $-1 \leq \rho \leq 1$ , si ( $\rho$ ) es igual a uno (hay raíz unitaria), el modelo se convierte en una caminata aleatoria sin variaciones (proceso estocástico no

estacionario), para probar esto se hace una regresión de  $Y_t$  sobre su valor rezagado  $Y_{t-1}$  y se estima si  $\rho$  estimada es estadísticamente igual a 1.

Los términos estacionaridad, caminata aleatoria y raíz unitaria se consideran sinónimos.

Considerando:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} - (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$$

Dickey y Fuller probaron que bajo la hipótesis nula  $\delta = 0$  el valor estimado t del coeficiente  $Y_{t-1}$  sigue un estadístico tau ( $\tau$ ), esta prueba se conoce como prueba Dickey-Fuller (DF), si se rechaza la hipótesis nula la serie de tiempo es estacionaria (no existe raíz unitaria).

Como un proceso de caminata aleatoria puede tener variaciones o no y puede tener tendencias deterministas o estocásticas, la prueba DF se estima para los siguientes tres modelos:

Caminata aleatoria sin variaciones  $Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$

Camina aleatoria con variaciones  $Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t$

Caminata aleatoria con variaciones alrededor de una tendencia estocástica

$$Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t$$

Tendencia determinística y estocástica: una tendencia es determinista, si la tendencia de la serie de tiempo es del todo predecible y no variable, mientras que si no es predecible se conoce como tendencia determinista.

Función de autocorrelación (FAC y FACP): La función de autocorrelación nos indica cuanta correlación hay entre datos individuales contiguos en la serie ( $Y_t$ ).

La función de autocorrelación al rezago  $k$  se puede denotar como  $\rho_k$  y la grafica de  $\rho_k$  frente a  $k$  se conoce como correlograma.

$$\rho_k = \frac{r_k}{r_0} = \frac{\text{Covarianza al rezago } k}{\text{Varianza}}$$

La FAC significa función de autocorrelación y esta puede ser poblacional o muestral, la FACP es la función de autocorrelación parcial y mide la autocorrelación entre  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$  después de eliminar el efecto de las  $Y$  intermedias.

Prueba de Barlett: Barlett demostró que si una serie es puramente aleatoria (presenta ruido blanco) los coeficientes de autocorrelación muestral siguen una distribución normal, en base a los intervalos de confianza. *“Para decidir si el coeficiente de correlación de un rezago en particular es estadísticamente distinto de cero, Barlett propone que si cero está dentro del intervalo, se acepta la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero. Si cero no está en el intervalo, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el coeficiente es distinto de cero y por lo tanto hay autocorrelación significativa en el rezago.”* (Gujarati, 2003, P. 786)

G. E. P. Box y D. A. Pierce proponen utilizar una estadística  $Q$  para probar la hipótesis conjunta de que todos los coeficientes de autocorrelación son simultáneamente iguales a cero, si la  $Q$  calculada es mayor que la  $Q$  crítica de la tabla ji cuadrada al nivel de significancia seleccionado, se puede rechazar la hipótesis nula (todos los coeficientes son iguales a cero).

La predicción es una parte importante del análisis econométrico, constituyendo un área muy importante. Se puede hablar de dos métodos principales de predicción:

- El autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA), también conocido como la metodología Box-Jenkins.
- El de autorregresión vectorial (VAR).

La predicción de precios de los bienes financieros como por ejemplo acciones y tasas de cambio, presentan un problema adicional conocido como acumulación

de volatilidad, donde se presentan lapsos con amplias variaciones seguidos por periodos de tranquilidad relativa. En estos casos se debe acudir a otro tipo de modelos que puedan expresar esa acumulación de volatilidad, en este caso se puede mencionar:

- Los modelos con heterocedasticidad condicional autorregresiva (ARCH)
- Modelos con heterocedasticidad condicional autoregresiva generalizada (GARCH).

Pero en forma general, existen cinco enfoques para la predicción económica, mediante la utilización de series de tiempo:

- Métodos de aislamiento exponencial
- Los modelos de regresión uniecuacionales
- Los modelos de regresión de ecuaciones simultaneas
- Los modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA)
- Los modelos de vectores autorregresivos (VAR)

Métodos de aislamiento exponencial: Son métodos para ajustar una curva apropiada a datos históricos de una determinada serie de tiempo, en la actualidad, se ha dado una tendencia por complementarlos o sustituirlos por los otros enfoques. (Gujarati, 2003)

Modelos de regresión uniecuacionales: anteriormente se hablo un poco sobre estos modelos, sin embargo en forma resumida estos modelos expresan una variable dependiente como función lineal de una o más variables explicativas, suponiendo que existe causalidad entre las variables.

Modelos de regresión de ecuaciones simultáneas: estos modelos consideran que la variable dependiente esta determinada por algunas variables explicativas, pero a su vez estas variables explicativas están determinadas por la variable dependiente, de manera que hay una relación en dos sentidos o simultanea.

Estos modelos fueron muy criticados cuando se afirmo que los parámetros estimados de un modelo econométrico dependían de la política prevaleciente

en el momento del estudio, por lo tanto estos cambiarían si se daba un cambio en la política. (Gujarati, 2003)

Modelos ARIMA: este método analiza “(...) las propiedades probabilísticas, o estocásticas, de las series de tiempo económicas por si mismas bajo una filosofía de permitir que la información hable por si misma. En este caso la variable dependiente puede ser explicada por valores pasados o rezagados de si misma, y por los términos estocásticos de error.” (Gujarati, 2003, P. 811)

Usando el operador de rezago B, el modelo ARIMA se escribe así:

$$\phi(B)\Delta^d y_t = \delta + \theta(B)\varepsilon_t$$

Donde  $(y_t)$  es un proceso autorregresivo integrado de promedio móvil de orden  $(p, d, q)$ , es decir ARIMA  $(p, d, q)$ .

El modelo posee  $(p)$  rezagos de  $(y_t)$ ,  $(d)$  diferenciaciones de la serie original y  $(q)$  rezagos de los errores.

Según Gujarati (2003), los modelos ARIMA se pueden especificar de la siguiente manera:

- Picos significativos en la FAC dan indicios del orden del promedio móvil
- Picos significativos en la FACP dan indicios del orden autorregresivo
- Regla de referencia (la misma se puede observar en el cuadro 1)

Además, picos en la FAC y FACP pueden utilizarse para establecer un modelo con retardos específicos según los picos que sean significativos, el orden del modelo define la cantidad de parámetros a calcular en forma acumulativa, mientras que un retardo específico define un único parámetro, por ejemplo un modelo AR (2) (implica el cálculo de  $\theta_1$  y  $\theta_2$ ) esto es lo mismo que un AR con retardos específicos (1 y 2) (también se calculan  $\theta_1$  y  $\theta_2$ )

También se puede utilizar el rezago de mayor significancia en la FAC y FACP como indicador del orden del modelo, ignorando los demás rezagos con menor significancia.

## Cuadro 1: Regla de referencia para la especificación de modelos de series de tiempo

FAC	FACP	Modelo propuesto
Disminuye exponencialmente	Pico en el rezago 1 significativo y los demás rezagos significativamente diferentes de cero	AR(1)
Disminuye exponencialmente o sigmoidalmente	Picos significativos en los rezagos 1 y 2, los demás rezagos significativamente diferentes de cero	AR(2)
Pico significativo en el primer rezago y los demás no significativamente diferentes de cero	Disminuye exponencialmente	MA(1)
Picos significativos en los rezagos 1 y 2, los demás no significativamente diferentes de cero	Disminuye exponencialmente o sigmoidalmente	MA(2)
Decrece exponencialmente o sigmoidalmente a partir del rezago 1	Decrece exponencialmente o sigmoidalmente a partir del rezago 1	ARMA(1,1)
Pico en el rezago 1, decrece exponencialmente o sigmoidalmente a partir del rezago 2	Pico en el rezafo 1, decrece exponencialmente o sigmoidalmente a partir del rezago 2	ARMA(2,2)

**Fuente: Gujarati (2003), p. 818<sup>13</sup>**

Según Pindick y Rubinfeld (1991), de forma similar a los modelos de regresión, la idea en un modelo ARIMA es elegir valores para los parámetros que minimizaran la suma de diferencias al cuadrado entre la serie de tiempo real y la serie de tiempo ajustada.

Por suposición los términos del error  $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T$  están todos distribuidos en forma normal y son independientes, entonces la función log-verosimilitud condicional asociada con los valores de los parámetros  $(\phi_1, \dots, \phi_p, \dots, \theta_1, \dots, \theta_q, \sigma_\varepsilon)$  esta dada por:

$$L = -T \log \sigma_\varepsilon - \frac{S(\phi_1, \dots, \phi_p, \dots, \theta_1, \dots, \theta_q)}{2\sigma_\varepsilon^2}$$

<sup>13</sup> Gujarati, Damodar. 2003. Econometría. Trad. DG Guerrero et al. 4ª. ed. México. McGraw-Hill. 972 p.



La ecuación para los errores esta dada como:  $\varepsilon_t = \theta^{-1}(B)\Phi(B)w_t$

Si hay términos de promedio móvil, esta ecuación es no lineal en los parámetros, por lo que se debe usar un método de estimación no lineal en la minimización de la ecuación.

El proceso de estimación no lineal usa los dos primeros términos en una expansión de la serie de Taylor para linealizar la ecuación  $\varepsilon_t = \theta^{-1}(B)\Phi(B)w_t$  con una conjetura inicial para los valores de los parámetros. Una vez que la ecuación ha sido linealizada se realiza una regresión lineal, obteniéndose estimaciones para los parámetros y se hace una nueva linealización a la ecuación anterior utilizando las estimaciones obtenidas anteriormente, después de esto se hace una nueva regresión lineal para obtener un segundo conjunto de estimaciones de los parámetros, luego se hace una linealización con el segundo conjunto de estimaciones. Este proceso se repite hasta que ocurra la convergencia (hasta que las estimaciones de los parámetros no cambien con las diferentes repeticiones del procedimiento).

Antes de realizar la estimación no lineal para la ecuación del error se debe hacer una conjetura inicial para los valores de los parámetros, esta conjetura se obtiene a partir de la función de autocorrelación, la función de autocorrelación teórica, puede relacionarse con los valores de los parámetros teóricos a través de una serie de ecuaciones, invirtiendo las ecuaciones se pueden resolver los valores de los parámetros en función de la función de autocorrelación por medio de estimaciones de Yule-Walker de los parámetros de la función de autocorrelación.

En base a un proceso autorregresivo de orden p la covarianza para un desplazamiento k esta dada por

$$\gamma_k = E[y_{t-k}(\phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t)]$$

Considerando  $k = 0, 1, \dots, p$ , obtenemos p+1 ecuaciones de diferencia que pueden resolverse de manera simultanea para  $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_p$

$$Y_0 = \phi_1 Y_1 + \phi_2 Y_2 + \dots + \phi_p Y_p + \sigma_\varepsilon^2$$

$$Y_1 = \phi_1 Y_0 + \phi_2 Y_1 + \dots + \phi_p$$

.....

$$Y_p = \phi_1 Y_{p-1} + \phi_2 Y_{p-2} + \dots + \phi_p Y_0$$

Al dividir a ambos lados de estas ecuaciones entre  $Y_0$  se puede derivar un conjunto de  $p$  ecuaciones que determinan los  $p$  valores de la función de autocorrelación:

$$\rho_1 = \phi_1 + \phi_2 \rho_1 + \dots + \phi_p \rho_{p-1}$$

.....

$$\rho_p = \phi_1 \rho_{p-1} + \phi_2 \rho_{p-2} + \dots + \phi_p$$

Estas ecuaciones se conocen como las ecuaciones de Yule-Walker y si se conocen  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_p$  las ecuaciones pueden resolverse para  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ .

Considerando el objetivo de predecir valores futuros con el menor error posible, se considera un pronóstico óptimo como aquel que tenga el error cuadrático medio mínimo de pronóstico.

El error cuadrático medio mínimo de pronóstico está dado por la ecuación:

$$\hat{y}_T = E(Y_{T+1} | Y_T, Y_{T+1}, \dots, Y_1)$$

A partir de esta ecuación se puede determinar que el pronóstico esperado es:

$$\hat{y}_T(l) = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_{l+j}^* \varepsilon_{T-j}$$

Cuando se elige de manera óptima los pesos  $\psi_{l+j}^*$  se minimiza el error cuadrático medio mínimo de pronóstico.

Después de una serie de supuestos se llega a:

$$\hat{y}_T(l) = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_{l+j}^* \varepsilon_{T-j} = E(Y_{T+1} | Y_T, \dots, Y_1)$$

Para el cálculo del pronóstico  $\hat{y}_T(l)$  se hace en forma recurrente utilizando el modelo ARIMA estimado, el modelo ARIMA se puede escribir como:

$$w_t = \Phi_1 w_{t-1} + \dots + \Phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} + \delta \text{ con } y_t = \sum_1^d w_t$$

El pronóstico a un periodo de  $w_t$  se denota  $\hat{w}_T(1)$ , modificando el periodo de tiempo se tiene:

$$w_{T+1} = \Phi_1 w_T + \dots + \Phi_p w_{T-p+1} + \varepsilon_{T+1} - \theta_1 \varepsilon_T - \dots - \theta_q \varepsilon_{T-q+1} + \delta$$

Para obtener el pronóstico  $\hat{w}_T(1)$  se utiliza el valor esperado condicional de  $w_{T+1}$ :

$$w_{T(1)} = E(w_{T+1} | w_T, \dots) = \Phi_1 w_T + \dots + \Phi_p w_{T-p+1} - \theta_1 \varepsilon_T - \dots - \theta_q \varepsilon_{T-q+1} + \delta$$

Cuando se ha elaborado el modelo, es fundamental comprobar los resultados (una verificación de diagnóstico), se busca determinar o analizar la capacidad predictiva del modelo, y por lo tanto decidir si las proyecciones serán confiables o no.

Modelos VAR: considera diversas variables endógenas en forma conjunta, cada una de estas variables es explicada por sus valores rezagados y por los valores rezagados de todas las demás variables en el modelo, generalmente no hay variables exógenas.

Criterio de información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés o CIA en español), es un criterio similar al coeficiente de determinación  $R^2$ , el AIC mide el desajuste entre una distribución hipotética y una distribución teórica, la fórmula original del AIC es:

$$AIC = -2\ell(\hat{\theta}) + 2k$$

Donde  $\ell(\theta)$  representa el máximo log verosimilitud como función del vector de parámetros estimados,  $\theta$ , y  $k$  representa el número de parámetros independientes dentro del modelo, se busca el valor mínimo posible para el AIC.

Nivel exacto de significancia (valor p o p value): el método clásico de la prueba de hipótesis presenta el problema de la arbitrariedad en la selección de  $\alpha$ , el p value se refiere a la probabilidad real de obtener un valor del estadístico de prueba tan grande o mayor que el obtenido en el caso sometido a la prueba, también es conocido como el nivel observado o exacto de significancia o la

probabilidad exacta de cometer un error tipo I. También puede definirse como el nivel de significancia mas bajo al cual se puede rechazar una hipótesis nula.

## **2.3 Marco geográfico y temporal**

Para la elaboración del modelo de proyección de precios futuros del tomate, se tomo como base los datos correspondientes al periodo enero del 2000 hasta setiembre del 2010.

Geográficamente el estudio contempla los datos sobre precios del tomate de primera calidad en Costa Rica, pero con el fin de obtener información más homogénea se utilizo, específicamente, los precios del tomate transado en el CENADA.

Al CENADA llegan productores y comercializadores de todo el país, de manera que, el origen de los productos es muy variado, luego estos productos son llevados nuevamente a todas las zonas del país, para ser revendidos o en algunos casos para ser consumidos o utilizados directamente.

### **Capítulo III. Metodología**

Según Lerma (2003), el presente trabajo se puede clasificar como una investigación cuantitativa-prospectiva debido a las características y métodos de medición utilizados.

El estudio consiste en la elaboración de un modelo econométrico de series de tiempo para la proyección de precios nacionales del tomate de primera calidad, para lograr esto se estudiaron las principales teorías económicas y econométricas, basadas en series de tiempo, para la proyección de precios, determinándose que la metodología Box-Jenkins o ARIMA podría presentar buenos resultados para la situación estudiada. Una vez elegida la teoría a utilizar se creó una base de datos que incluye los precios del tomate por unidad fija de tiempo, una vez elaborada la base de datos se procedió a aplicar la teoría y procedimientos estudiados para elaborar dicho modelo, buscando conocer o aproximar los valores futuros del tomate y por último se aplicó el modelo elaborado para determinar su capacidad predictiva, el alcance del modelo, las limitaciones y el ajuste de los resultados o estimaciones respecto a los valores reales analizados.

Para la elaboración del presente trabajo se recurrió a fuentes de información primaria y secundaria principalmente.

Dentro de las fuentes de información secundaria, se realizó una revisión de la literatura disponible en las bibliotecas de la Universidad de Costa Rica y otras instituciones públicas, así como internet y libros disponibles. Además se recurrió a las bases de datos del PIMA para acceder a los datos sobre los precios del tomate en el CENADA para el periodo en estudio.

Dentro de las fuentes de información primaria se pueden citar entrevistas a profesores de la Universidad de Costa Rica y otros profesionales involucrados en el área bajo estudio.

En el caso de los modelos de series de tiempo no se habla de variables independientes y dependientes, si no que hay una única variable que es explicada por sus valores pasados o rezagos, esta variable corresponde al precio promedio semanal del kilogramo de tomate de primera calidad en el CENADA, Costa Rica.

Para la elaboración de la base de datos, con los precios del tomate para el periodo 2000-2010 se recurrió al PIMA, institución que lleva registros de las cantidades transadas y precios de los diferentes productos en cada plaza en CENADA.

Dada esta situación se tomaron los datos suministrados por CENADA, en primer lugar se ordenaron por fecha para cada año en estudio y luego se calculó un promedio cada tres datos consecutivos, lo que corresponde a una semana aproximadamente (por lo general se realizan tres plazas a la semana).

El CENADA tiene registros por cada plaza y no necesariamente coincide el mismo número de plazas de un año y algún otro año. Para obtener 52 datos al año, se procedió a calcular un promedio cada tres plazas (lo que corresponde aproximadamente a una semana), de esta forma se obtienen únicamente 51 datos al año, por lo que se hizo un ajuste, tomando en cuenta que debido a días feriados no se realiza la plaza de ese día (esto principalmente en semana santa, navidad y año nuevo) por lo que se calculó un promedio de dos semanas en lugar de uno de tres la última semana de abril y la última semana de diciembre, con este procedimiento se obtuvo un total de 558 datos correspondientes a enero del 2000 hasta setiembre del 2010.

Los precios en el CENADA se forman bajo la teoría de libre mercado por la ley de oferta y demanda, según la cantidad de compradores que lleguen a esa plaza y la cantidad de producto que se este ofreciendo. Se utilizó el precio promedio semanal para el tomate de primera calidad, de manera que la base de datos se conformó con 558 datos semanales que comprenden un periodo de 10 años y 9 meses, el periodo de análisis no se extiende más por que el PIMA no cuenta con datos anteriores al año 2000.

El PIMA lleva registro de los precios del tomate por caja de 18 kg, en el presente estudio se trabajó en base a los kg, que es la unidad más frecuente a la hora de la comercialización del tomate al detalle (venta al consumidor final) y en la cultura general a nivel nacional, además esta unidad facilita la comprensión de los datos y por lo tanto de los análisis realizados, por lo que los datos obtenidos se transformaron con respecto al kg de tomate como unidad, además, como estos precios corresponden a precios corrientes o valores de mercado, estos datos se deflataron para evitar el efecto de la inflación. Para

convertir esos precios corrientes a precios constantes, se utilizaron datos del índice de precios al consumidor (IPC), que se pueden encontrar en la página web del Banco Central de Costa Rica.

Se utilizó los valores anuales del IPC para cada uno de los años en el periodo en estudio, esta serie de datos utiliza como año base el 2006, una vez obtenidos los datos del IPC se procedió a dividir los valores del precio del tomate en un año determinado por el correspondiente valor del IPC base 2006 presentado en ese mismo año específico.

Se debe aclarar que estos precios no corresponden al precio final pagado por el consumidor minorista o final, dado que el CENADA está definido como un mercado mayorista, donde se reúnen los productores u oferentes con demandantes o intermediarios mayoristas (se transan grandes cantidades de producto), luego estos intermediarios distribuyen los productos en diferentes comercios como por ejemplo: supermercados, tramos o puestos de verdura, pulperías y en algunos casos llegan incluso a las ferias del agricultor donde revenderán el producto, luego estos sitios comerciales revenden el producto a un precio mayor, de manera que el consumidor final estaría pagando un sobreprecio con respecto al precio de venta en el CENADA. En este estudio lo que interesa es el precio pagado al productor (el precio de CENADA) y no el precio al consumidor final, puesto que se busca elaborar una herramienta que brinde apoyo a los productores.

En resumen la base de datos se conforma de 558 datos sobre los precios promedios constantes semanales para el kg de tomate de primera calidad transado en el mercado mayorista del CENADA.

A partir de la información recolectada en el CENADA, se elaboró una base de datos, luego por medio de técnicas cuantitativas para la proyección de precios, se ajustaron diferentes modelos econométricos, que describen los datos estudiados, con el fin de tratar de predecir el comportamiento futuro de esos datos; al final se escogió el modelo que mejor se ajustó a los datos. Luego se aplicó este modelo final y se analizó su capacidad predictiva.

Para la estimación y construcción de las ecuaciones o modelos, se utilizó Microsoft Office Excel y el software econométrico GRETL, siendo este último



distribuido en forma gratuita por la Reserva Federal de Estados Unidos y de uso principalmente para análisis de series de tiempo, mientras que el primero es de uso generalizado, siendo parte del paquete Microsoft Office utilizado en la mayoría de ordenadores.

Los modelos de proyección de precios se desarrollaron en base a las guías para la elaboración de modelos econométricos descritos en el libro *Econometría* de Damodar Gujarati (2003) y el libro *Econometric model and economic forecast* de, Robert S. Pindyck y Daniel L. Rubinfeld (1991), con base en los datos de precios de tomate en el CENADA del periodo 2000-2010.

Se puede describir el procedimiento para modelos de series de tiempo así:

- Revisar si los datos son estacionarios.
- En el caso de resultar negativa la estacionaridad, ver si se puede hacer la serie estacionaria (diferenciación).
- Revisar la presencia de estacionalidad en los datos, de resultar esta positiva se debe eliminar esa estacionalidad y verificar nuevamente si hay estacionaridad, ante los arreglos hechos.
- Revisión diagnóstica, verificar la presencia de ruido blanco en los residuos del modelo.
- Definir el mejor modelo de ajuste a los datos.

## Capítulo IV: Producción de tomate en Costa Rica

### 4.1 Situación de la producción de tomate en Costa Rica

El tomate es uno de los productos agrícolas más importantes a nivel interno en el país, se puede encontrar desde productores pequeños<sup>14</sup> a grandes productores, pero principalmente este cultivo se produce por pequeños y medianos productores, en muchos casos no cuentan con financiamiento bancario, si no que deben trabajar con su propio capital para poder producir.

Según el Consejo Nacional de Producción de Costa Rica (CNP), en el 2010 la producción nacional de tomate fresco durante el año 2007 fue de 44.000 toneladas.

En las áreas dedicadas al cultivo de tomate a cielo abierto, en total se contabilizan 945 ha a lo largo de todo el país, desde la Región Chorotega hasta la Región Sur. La actividad contempla la participación de cerca de mil productores.

El rendimiento por hectárea para la producción de tomate a cielo abierto es de 45 toneladas, mientras que en ambientes protegidos en Costa Rica se cultivan alrededor de 20 ha aproximadamente con un rendimiento de 150 toneladas por hectárea con una inversión cercana a \$50/m<sup>2</sup>, para el 2007.

Las variedades e híbridos más sembrados en Costa Rica son:

- DRD 8108
- DIVINE RIPE
- MOUNTAIN FRESH
- LIRO 42
- PICK RIPE 461
- PICK RIPE 748
- TACAREÑA

---

<sup>14</sup> En este estudio se considera como pequeño productor a aquel que cuenta con menos de 2 ha de cultivo, mediano a aquel que cuente con una cantidad de hectáreas entre 3 y 5, además de un nivel tecnológico y organizativo significativo y el productor grande será aquel que cuenta con mas de 5 ha y un buen nivel tecnológico y organizativo.

- HAY SLIP

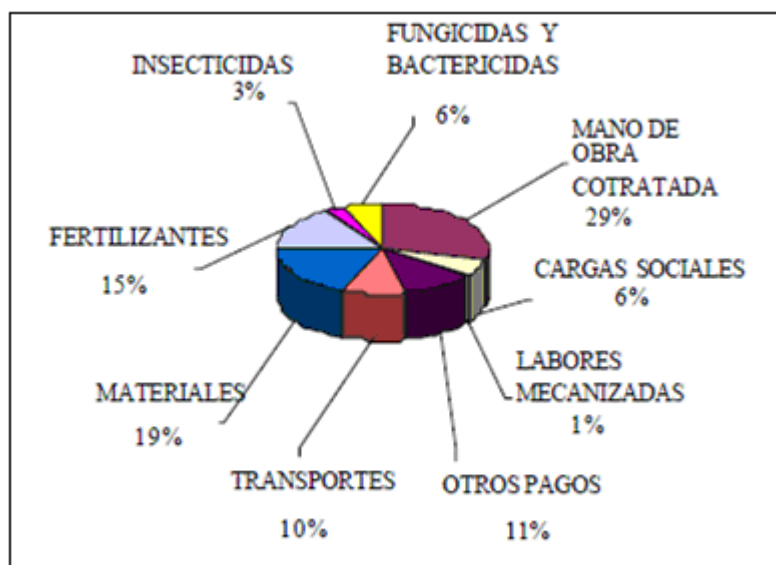
**Cuadro 2: Área en ha dedicada al cultivo de tomate en Costa Rica, por regiones, 2007**

Región	Comprende	Ha sembradas
Central Occidental	Alajuela - Heredia	585
Central Sur	Puriscal - San Antonio Escazú - Santa Ana	100
Central Oriental	Cartago - Coronado - Moravia	110
Chorotega	Bagaces - Tilarán - Nicoya - Cañas- Liberia - Abangares- La Cruz	50
Pacífico Central	Miramar- Orotina- Esparza	50
Brunca	Pérez Zeledón- Buenos Aires- San Vito	50
<b>Total</b>		<b>945</b>

**Fuente: SIIM/ CNP, Boletín informativo N° 1-Año 2008**

A partir de un estudio realizado por el MAG-2008 sobre los costos de producción de tomate a campo abierto, principalmente en la Región Central Occidental del país, encontraron que el costo total de producción en la zona oscila entre  $\text{¢ } 5.652.738$  y  $\text{¢ } 13.497.848$  por hectárea (con un promedio de  $\text{¢ } 9.575.293/\text{ha}$ ), el 29% se destina al pago de la mano de obra contratada, 19% en la compra de materiales para la producción como semilla, mecate, plástico, etc., 15% se utiliza en la compra de fertilizantes agrícolas y la compra de fungicidas, bactericidas e insecticidas abarca 9%. El gráfico 4 proporciona el detalle de los costos de producción en la región antes mencionada.

#### Gráfico 4: Distribución porcentual de los costos de producción del tomate, en la zonas de Alajuela-Heredia, Costa Rica, 2008



Fuente: SIIM/ CNP, Boletín informativo N° 1-Año 2008

Respecto a la producción en ambientes protegidos en la zona de Zarcero, la cual pertenece a la Región Central Occidental, el costo de producción supera los ₡14 millones de colones por hectárea, de los cuales 43% corresponde a la mano de obra contratada, 21% a fertilizantes y 14% a materiales para la producción del tomate.

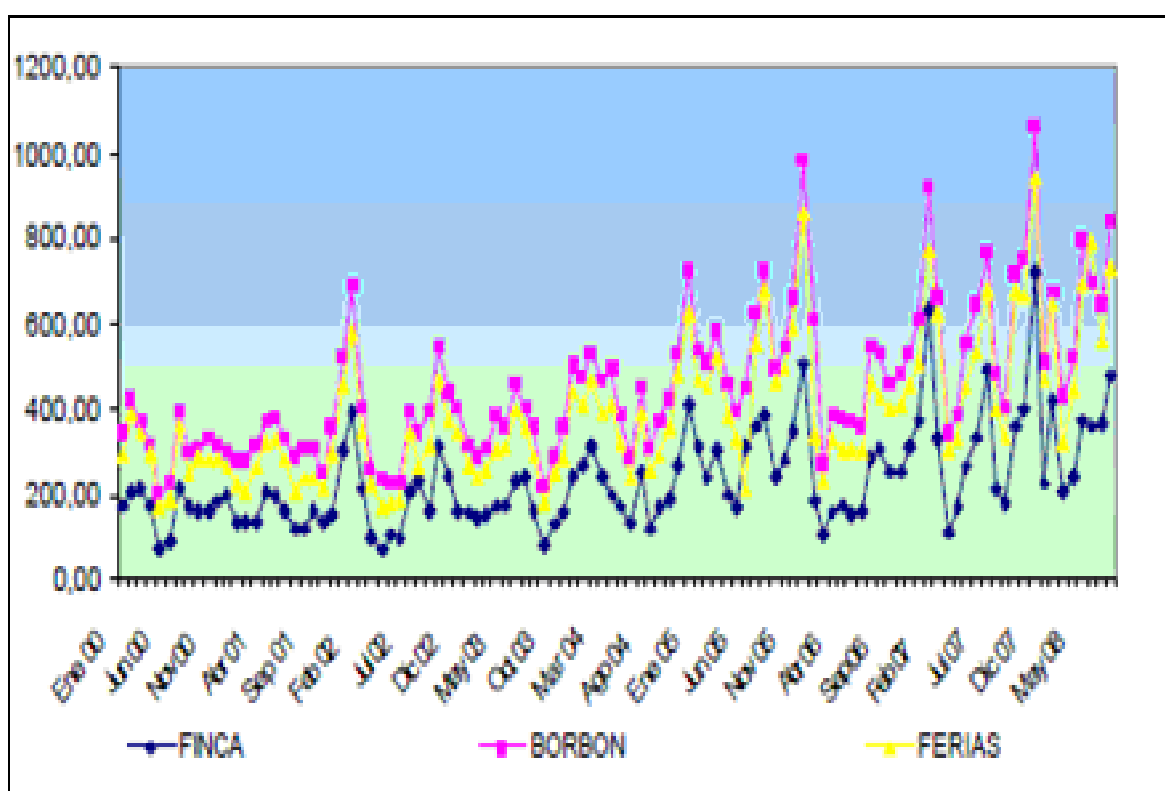
Según los precios recopilados por el personal del Consejo Nacional de Producción en los diferentes mercados, se presenta la tendencia histórica del precio del tomate desde el año 2000 hasta agosto de 2008 por medio del gráfico 5, donde se expone el precio promedio mensual por kilogramo del producto fresco entregado en finca, en las ferias del agricultor y en el Mercado Borbón.

A grandes rasgos, el gráfico 5 muestra el alza que se presenta al final de cada año, así como la correspondencia entre las caídas y los incrementos en el precio en los tres niveles de comercialización.

El sistema de comercialización del tomate en el mercado mayorista de CENADA, utiliza como medida cajas de 18 kg. En escasas ocasiones el producto se recibe lavado y ya clasificado, por lo tanto con frecuencia dicha

clasificación se realiza antes de la puesta en venta. Se ha demostrado que cuando el producto es lavado y clasificado en finca, el mismo sufre menos daño por manipulación y se le dota de más valor agregado, lo cual repercutirá en el precio final.

**Gráfico 5: Comparación del precio promedio mensual de tomate en tres lugares de comercialización diferentes, en colones corrientes, Costa Rica, 2000-2008**



**Fuente: SIIM/ CNP, Boletín informativo N° 1-Año 2008**

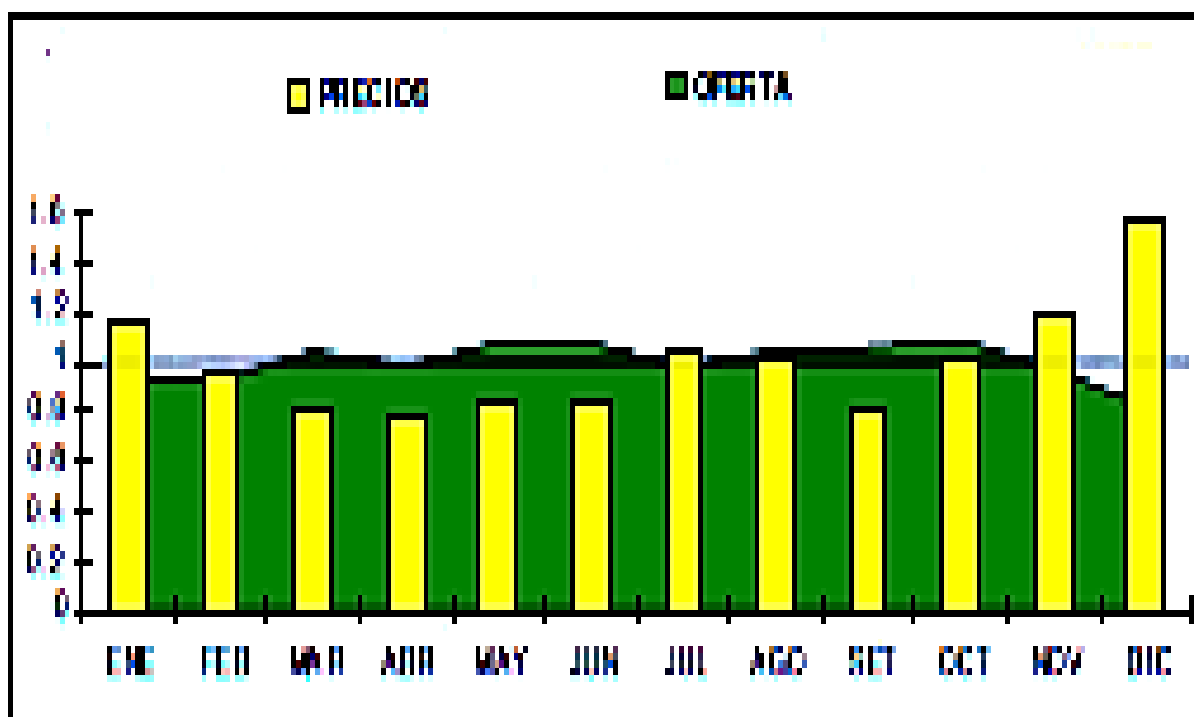
El análisis comparativo del índice estacional del precio promedio del kilogramo de tomate fresco en el mercado mayorista del CENADA y del volumen total mensual transado en ese mercado, a continuación se presenta el gráfico 6 que resume la información de los cuadros 3 y 4 (promedio anual de oferta y precios en el CENADA, 2001-2008), donde se evidencia una escasa sobreoferta de tomate a lo largo del año, únicamente en cinco meses al año; a saber mayo, junio y una ventana de agosto hasta octubre.

El precio más elevado tiende a presentarse al final y principio del año, iniciando en noviembre y finalizando en enero.

Es notable la sensibilidad del tomate a la dinámica de la oferta, puesto que se percibe que a la primera señal de baja en el volumen, el precio se incrementa en mayor proporción (elasticidad oferta).

Igualmente, se detecta mayor estabilidad en el volumen de comercialización que en los precios en los cuales se negocia el tomate. La mayor cantidad de producto se presenta una vez entrada la época lluviosa, período que va de mayo hasta octubre.

**Gráfico 6: Índice estacional de precio y oferta para el tomate de primera calidad tronzado en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008**



Notas: a) El precio está en colones corrientes, mientras que la oferta en toneladas

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA (2010)

**Cuadro 3: Índice estacional de oferta en toneladas para el  
tomate de primera calidad tranzado en el CENADA, Costa Rica,  
2000-2008**

Mes	Año								Índice Estacional
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Enero	763.13	486.81	757.69	700.24	789.68	745.25	603.72	669.02	0.9304
Febrero	607.79	598.21	700.74	682.61	718.00	807.71	604.42	741.47	0.9213
Marzo	734.90	837.63	732.82	843.70	613.64	941.11	752.83	740.14	1.0432
Abril	539.05	897.32	751.93	712.53	804.47	683.64	724.03	718.16	0.9821
Mayo	657.50	1,080.63	729.45	797.56	834.82	873.67	740.57	685.93	1.0767
Junio	748.49	923.42	773.01	877.59	791.62	834.55	739.39	709.24	1.0762
Julio	742.05	798.88	681.07	770.04	757.08	787.75	617.62	671.99	0.9817
Agosto	783.68	826.43	838.89	932.27	637.56	726.88	803.14	696.74	1.0492
Setiembre	668.02	821.74	1,214.77	980.86	668.43	733.41	642.26	655.06	1.0589
Octubre	890.71	667.98	1,312.24	860.83	703.96	725.42	748.10	621.97	1.0869
Noviembre	710.17	634.36	1,117.26	843.61	682.61	678.28	671.72	516.20	0.9732
Diciembre	558.48	619.60	793.39	632.34	547.65	589.52	574.29	581.63	0.8203
Promedio	700.33	766.08	866.94	802.85	712.46	760.60	685.17	667.30	1.00

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA (2010)



**Cuadro 4: Índice estacional de precio (¢/caja<sup>15</sup>) para el tomate de primera calidad tranzado en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008**

Mes	Año								Índice Estacional
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Enero	3,476.92	9,166.67	4,023.08	6,916.67	7,053.85	5,191.67	12730.77	7,208.33	1.1482
Febrero	2,925.00	5,816.67	3,483.33	7,933.33	5,883.33	2,608.33	9833.33	8,230.77	0.9439
Marzo	3,915.38	3,191.67	3,800.00	5,271.43	7,800.00	4,557.14	3846.15	5,516.67	0.8030
Abril	4,800.00	2,123.08	3,858.33	5,550.00	6,061.54	4,327.27	3916.67	6,233.33	0.7875
Mayo	4,653.85	2,328.57	4,392.31	4,692.31	4,023.08	4,364.29	6461.54	9,038.46	0.8315
Junio	4,076.92	2,291.67	5,692.31	3,107.69	4,846.15	3,946.15	8230.77	8,576.92	0.8400
Julio	3,200.00	5,235.71	5,138.46	5,607.69	6,784.62	6,484.62	10846.15	8,461.54	1.0564
Agosto	3,350.00	4,638.46	4,507.69	3,483.33	10,821.43	7,115.38	5785.71	10,000.00	1.0086
Setiembre	3,158.33	4,546.15	2,269.23	4,200.00	6,861.54	6,115.38	4233.33	8,230.77	0.8124
Octubre	2,578.57	7,176.92	3,292.86	5,007.69	7,346.15	6,000.00	9321.43	9,285.71	1.0082
Noviembre	4,369.23	6,153.85	4,083.33	7,330.77	8,838.46	6,846.15	8961.54	12,208.33	1.1926
Diciembre	8,316.67	5,358.33	7,215.38	9,175.00	13,041.67	8,250.00	14666.67	9,076.92	1.5677
Promedio	4,068.41	4,835.65	4,313.03	5,689.66	7,446.82	5,483.87	8,236.17	8,505.65	1.00

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA (2010)

<sup>15</sup> Una caja es equivalente a 18 kg de tomate.



Según los cuadros anteriores, se puede observar que en general se presenta una oferta de tomate constante a través del año, sin embargo, se puede establecer que los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre presentan una producción por debajo del promedio anual, mientras que en los meses de marzo, mayo, junio y octubre se presenta una oferta por encima del promedio.

Según el precio, la mayor parte del año presenta precios por debajo del promedio anual, a excepción de los meses de enero, julio, noviembre y diciembre.

Según esta información, en base al precio de mercado, las mejores épocas para cosechar el tomate se presentan entre los meses de octubre hasta febrero y una ventana en los meses de julio y agosto.

Según el CNP (2010), el margen bruto de comercialización (MBC), se obtiene a partir de los precios promedio a nivel nacional en los diferentes niveles de comercialización, este representa el porcentaje del precio final pagado por el consumidor y destinado al productor y a la intermediación.

El MBC % promedio finca-ferias oscilo entre 41 y 43 % aproximadamente para el período 2006-2009 con una tendencia al alza a partir del 2008.

Mientras el MBC % finca-CENADA oscilo entre 29 y 24 % aproximadamente para el mismo periodo, con una tendencia descendente a partir del 2006.

Encontrándose que la relación que destina mayor parte a la intermediación es la finca-ferias, la cual se mantuvo por encima del 40% y con tendencia al alza.

## **4.2 Comercio internacional del tomate en Costa Rica**

Según el CNP (2010), las importaciones de tomate se presentan en las partidas: tomates frescos o refrigerados (49,97 toneladas), concentrado de tomate en conserva enlatado o barriles condimentados o no (7.868,8 toneladas) y otros purés de tomate (291 toneladas) durante el 2009. Las importaciones provienen principalmente de Honduras, Guatemala, Estados Unidos, Turquía, China, Chile, Panamá e Italia.

Mientras que las exportaciones se presentan en las partidas: tomates frescos o refrigerados (1.970 toneladas) concentrado de tomate (4.566,5 toneladas) y los demás (14.707 toneladas) durante el 2009. Las exportaciones se dirigen principalmente a Panamá, Estados Unidos, Honduras, Puerto Rico, Nicaragua y Jamaica.

### 4.3 Importancia social y económica

Según SEPSA (2009) en Síntesis Analítica Situación y Tendencias del Sector Agropecuario, la participación de la agricultura en el PIB de los últimos años es la siguiente:

**Cuadro 5: Contribución de la agricultura primaria<sup>16</sup> en el PIB**

<b>Año</b>	<b>Participación %</b>
2004	9,8
2006	10
2008	9,3

**Notas:** a) El PIB esta expresado en colones constantes, año base 1991.

**Fuente:** SEPSA (2009)

Se estima que la fuerza de trabajo involucrada en el sector agropecuario para el periodo 2004-2008 fue alrededor de 264.000 personas lo que representa alrededor del 12,3 % (para el 2008) de la población nacional, además el sector presento un 4% de desempleo.

La población rural representa alrededor del 41,1 % de la población nacional, el sector agrícola para este periodo presento una reducción en el aporte a la generación de empleo, cerrando el 2008 con una participación del 12,3 %, a pesar de esta reducción el sector ocupo el segundo lugar en la generación de empleo, siendo únicamente superado por el sector comercio con una participación de 19,3%. Sin considerar los empleos estacionales en el sector y la agricultura ampliada.

El Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFBM)<sup>17</sup>, afirma que para el 2007, el sector agrícola tubo una participación en el PIB del 11,4 %, siendo superado por los sectores industrial (22,8%) y turístico (18,3%). (Montenegro, 2007, p9)

<sup>16</sup> En base a SEPSA, se entiende la agricultura primaria, como la producción primaria agrícola y pecuaria sin someterse a transformaciones agroindustriales.

<sup>17</sup> Citado por Montenegro (2007).

Para el 2009, la participación del sector agrícola corresponde al 9,2%.<sup>18</sup> (Banco Central de Costa Rica, 2010)

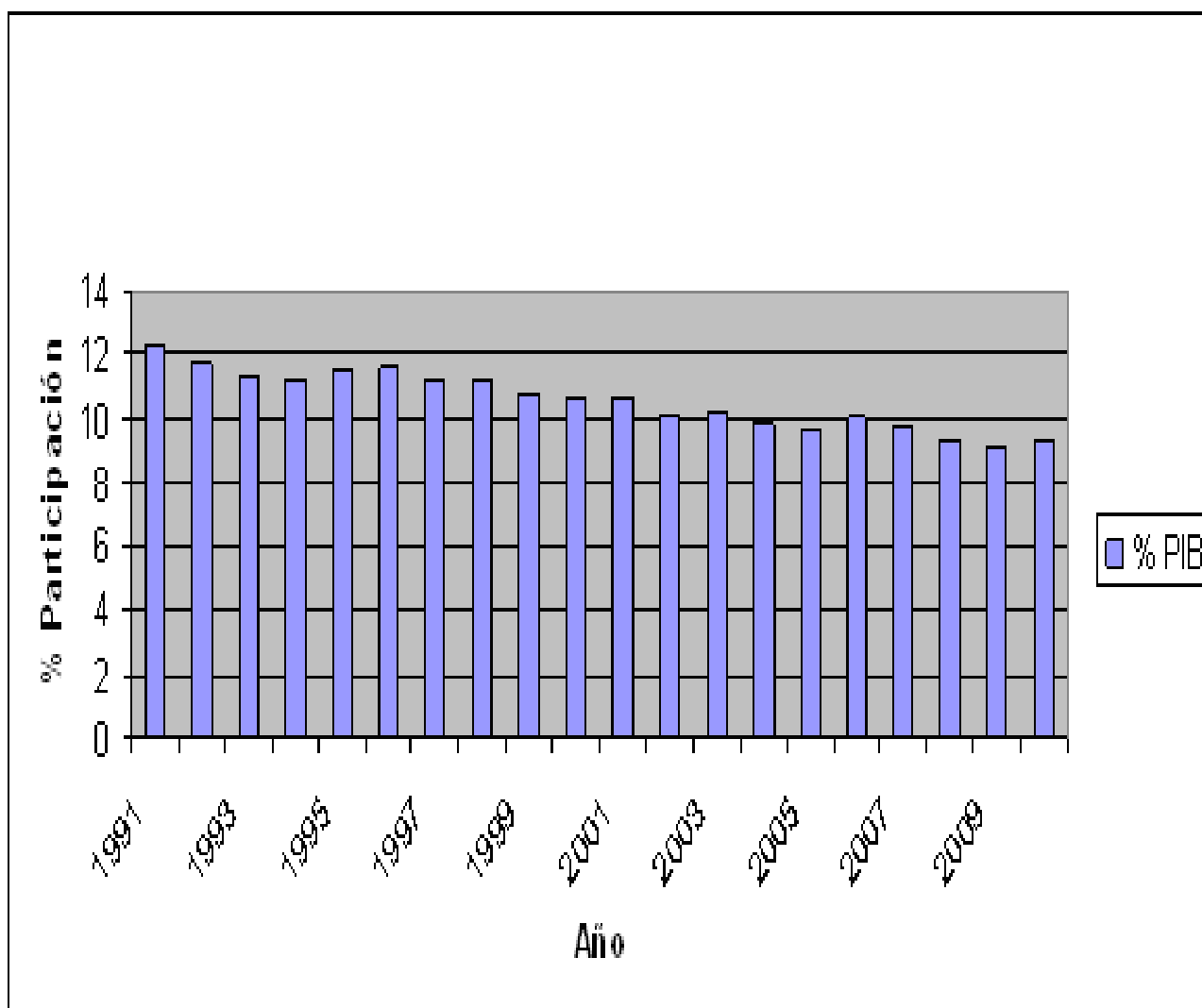
En el gráfico 7 se presenta la evolución de la agricultura respecto al PIB nacional para el periodo 1991–2010. En el mismo se puede observar que, a partir de 1999 se da una tendencia al decrecimiento de la participación del sector agrícola en el PIB, aun a pesar de esa situación, el 2009 cierra con una participación para nada despreciable alrededor del 9% y se proyecta una participación similar para el 2010.

El sector hortícola nacional tiene una participación moderadamente importante en el producto interno bruto agrícola (PIBA) de alrededor del 5%; para el 2007 se cultivaron aproximadamente 35.000 ha de hortalizas, donde participaron aproximadamente 7.000 productores y se dio una generación de empleo directo para unas 150.000 personas. (Montenegro, 2007, p.9)

---

<sup>18</sup> Producto Interno Bruto por industria a precios constantes, año base 2006.

**Gráfico 7: Participación del sector agrícola costarricense en el PIB, a precios constantes, base 2006**



**Notas:** a) La participación corresponde a la subcuenta nacional: Agricultura, Silvicultura y Pesca.

**Fuente:** Base de datos del Banco Central de Costa Rica (BCCR)

## Capítulo V. Modelo de series de tiempo para precios internos de tomate

### 5.1 Análisis de series temporales

La econometría de series de tiempo se basa en modelos que no presentan relaciones de causalidad, también se conocen como métodos ateóricos, ya que no son explicados por teoría alguna, si no que se basan sobre todo en métodos matemáticos y estadísticos para explicar el comportamiento de una serie de datos recolectados de manera constante a través del tiempo.

Sapag y Sapag 2007, en su libro hace referencia a los modelos de series de tiempo afirmando que estos modelos pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable. Este análisis se aplica cuando se considera que el valor que asume la variable dependiente se explica por el paso del tiempo.

Esto es muy útil, sobre todo para casos en los que no haya suficientes datos para las variables explicativas, o bien no se conocen con certeza, o donde el comportamiento de la variable (Y) dependa de factores que no se puedan explicar fácilmente, como el clima, cambios en los gustos, ciclos estacionales, inflación, tasas de interés, etc.

El modelo ARIMA analiza *“(...) las propiedades probabilísticas, o estocásticas, de las series de tiempo económicas por si mismas bajo una filosofía de permitir que la información hable por si misma. En este caso la variable dependiente puede ser explicada por valores pasados o rezagados de si misma, y por los términos estocásticos de error.” (Gujarati, 2003, P. 811)*

Usando el operador de rezago B, el modelo ARIMA se escribe así:

$$\phi(B)\Delta^d y_t = \delta + \theta(B)\varepsilon_t$$

Donde (yt) es un proceso autorregresivo integrado de promedio móvil de orden (p, d, q). El modelo posee (p) rezagos de (yt), (d) diferenciaciones de la serie original y (q) rezagos de los errores.

En el caso del presente estudio, se consulto con profesionales de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios de la Universidad de Costa Rica, los que recomendaron la utilización de los modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA), pues estos son mas fáciles de desarrollar, presentan buen desempeño en general y la metodología presenta una buena adopción en los últimos años. (Gujarati, 2003)

Además según la bibliografía revisada estos modelos presentan buen desempeño en estudios de bienes agrícolas. Por ejemplo Sapag y Sapag (2007) menciona que el método es muy útil, sobre todo para casos en los que no haya suficientes datos para las variables explicativas, o bien no se conocen con certeza, o donde el comportamiento de la variable (Y) dependa de factores que no se puedan explicar fácilmente, como el clima, cambios en los gustos, ciclos estacionales, inflación, tasas de interés, etc.

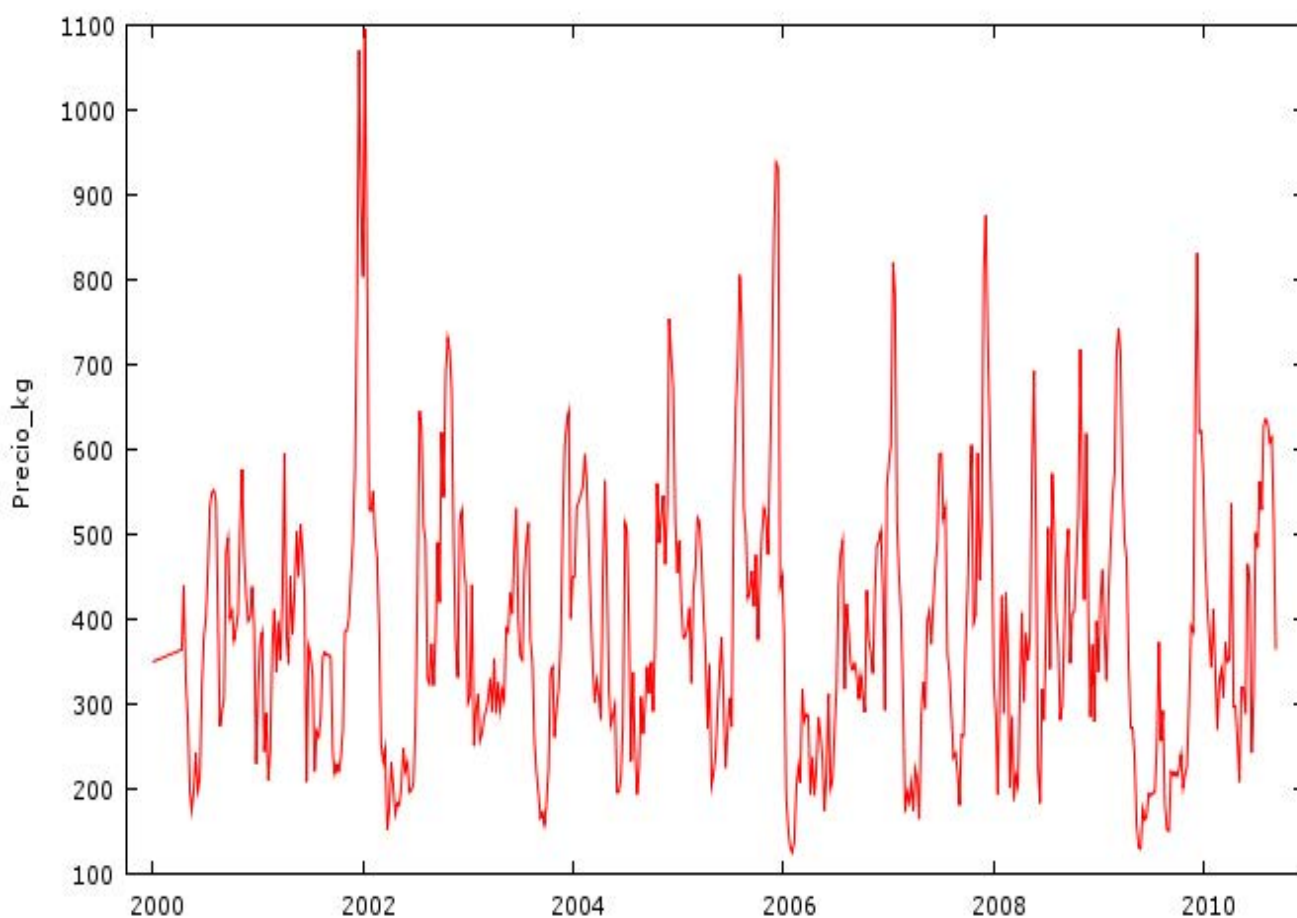
Para desarrollar la metodología ARIMA con los precios del tomate, se confecciono una base de datos con los precios constantes promedios del kg de tomate de primera calidad semanal en el CENADA, con un total de 558 datos correspondientes a enero del 2000 hasta setiembre del 2010.

## 5.2 Análisis de estacionaridad y estacionalidad<sup>19</sup>

A continuación se muestra un gráfico con la serie de datos promedios del precio del tomate de primera calidad real semanal 2000 – 2010.

En el gráfico 8 se observa, que a simple vista la serie es estacionaria pues se mantiene constante, sin ninguna tendencia definida a largo plazo.

**Gráfico 8: Precio promedio semanal del kg de tomate primera calidad, 2000-2010 <sup>a</sup>**



**Notas: a) Corresponde al promedio de cada tres plazas en el CENADA, expresado en /kg (precio-kg)**

**Fuente: Base de datos del PIMA CENADA**

<sup>19</sup> La estacionaridad es sinónimo de ruido blanco, una serie es estacionaria si su media y su varianza son constantes en el tiempo. Estacionalidad se refiere al comportamiento que muestran algunas series de datos, respecto a ciertas fechas como San Valentín, navidad, algunas épocas del año, periodos de tiempo dados, estaciones del año como invierno, verano, primavera, otoño, etc.



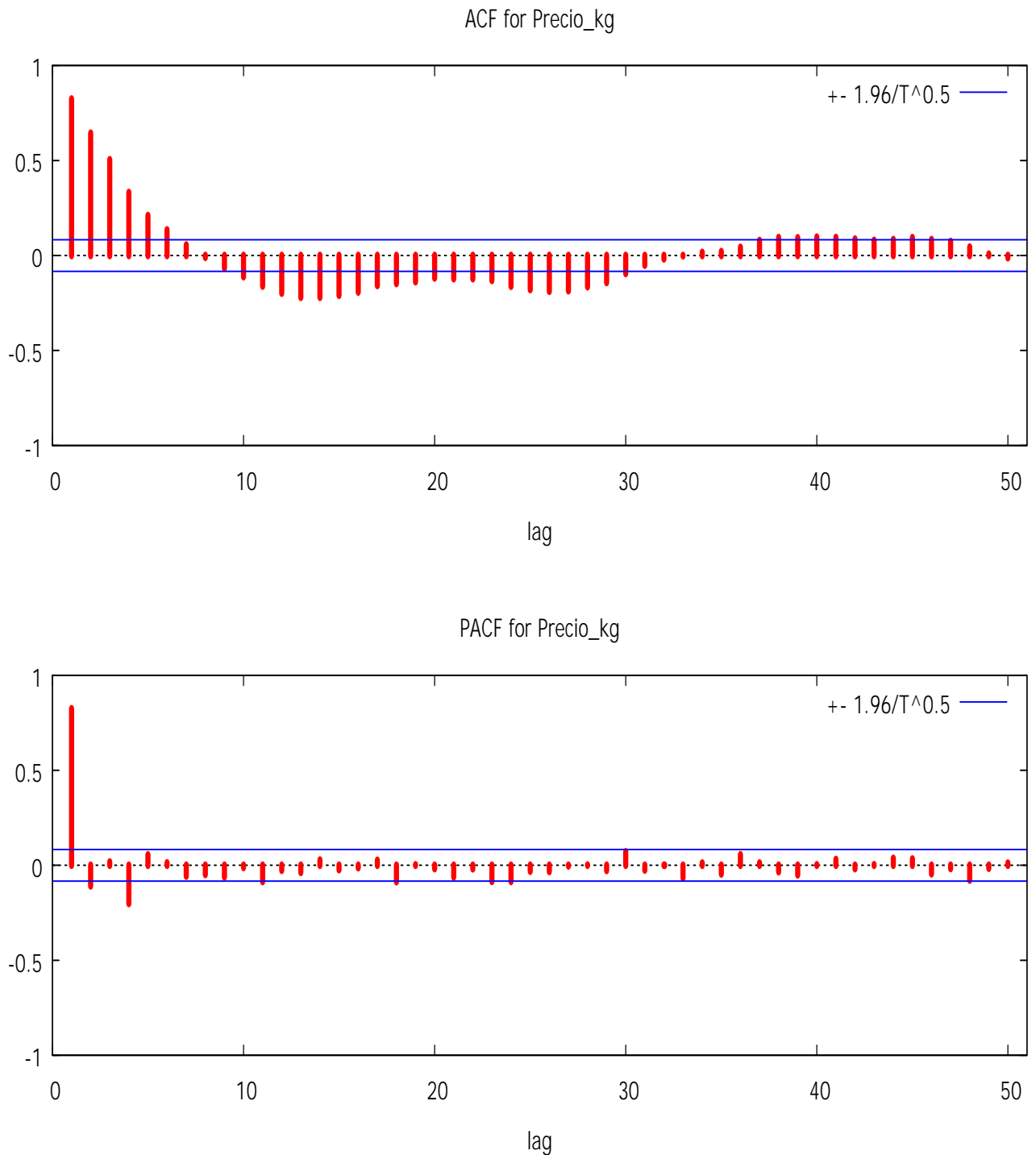
El cuadro 6 presenta la función de autocorrelación (FAC o ACF por sus siglas en inglés) y la función de autocorrelación parcial (FACP o PACF por sus siglas en inglés), a pesar de que el gráfico anterior muestra que no existe una tendencia a largo plazo, la FAC muestra que muchos rezagos son significativos y por lo tanto la posible ausencia de ruido blanco, lo que implicaría que la serie no es estacionaria.

**Cuadro 6: Función de autocorrelación para precio del kg de tomate (precio-kg)<sup>20</sup>**

RETARDO	FAC		FACP		Estad-Q.	[valor p]
1	0,8238	***	0,8238	***	380,7258	[0,000]
2	0,6438	***	-0,1085	**	613,6637	[0,000]
3	0,5040	***	-0,0172		756,6759	[0,000]
4	0,3316	***	-0,2010	***	818,6845	[0,000]
5	0,2099	***	0,0545		843,5684	[0,000]
6	0,1344	***	0,0123		853,7936	[0,000]
7	0,0556		-0,0563		855,5461	[0,000]
8	-0,0096		-0,0483		855,5987	[0,000]
9	-0,0658		-0,0608		858,0611	[0,000]
10	-0,1114	***	-0,0116		865,1369	[0,000]
11	-0,1610	***	-0,0852	**	879,9436	[0,000]
12	-0,1978	***	-0,0263		902,3306	[0,000]
13	-0,2201	***	-0,0367		930,1060	[0,000]
14	-0,2197	***	0,0273		957,8248	[0,000]
15	-0,2092	***	-0,0231		983,0198	[0,000]
16	-0,1921	***	-0,0123		1004,2861	[0,000]
17	-0,1574	***	0,0261		1018,5944	[0,000]
18	-0,1475	***	-0,0859	**	1031,1770	[0,000]
19	-0,1375	***	0,0026		1042,1449	[0,000]
20	-0,1178	***	-0,0172		1050,2016	[0,000]
21	-0,1222	***	-0,0608		1058,8894	[0,000]
22	-0,1222	***	-0,0180		1067,5901	[0,000]
23	-0,1307	***	-0,0846	**	1077,5643	[0,000]
24	-0,1615	***	-0,0845	**	1092,8330	[0,000]
25	-0,1791	***	-0,0312		1111,6379	[0,000]
26	-0,1880	***	-0,0319		1132,3957	[0,000]
27	-0,1855	***	-0,0031		1152,6375	[0,000]
28	-0,1642	***	0,0009		1168,5338	[0,000]
29	-0,1418	***	-0,0269		1180,4056	[0,000]
30	-0,0940	**	0,0709	*	1185,6347	[0,000]
31	-0,0511		-0,0250		1187,1833	[0,000]
32	-0,0178		0,0004		1187,3720	[0,000]
33	-0,0010		-0,0666		1187,3726	[0,000]
34	0,0163		0,0119		1187,5309	[0,000]
35	0,0207		-0,0450		1187,7878	[0,000]
36	0,0429		0,0554		1188,8907	[0,000]
37	0,0787	*	0,0119		1192,6044	[0,000]
38	0,0943	**	-0,0337		1197,9516	[0,000]
39	0,0931	**	-0,0502		1203,1674	[0,000]
40	0,0966	**	0,0022		1208,7994	[0,000]
41	0,0947	**	0,0304		1214,2241	[0,000]
42	0,0866	**	-0,0173		1218,7625	[0,000]
43	0,0794	*	0,0029		1222,5896	[0,000]
44	0,0841	**	0,0363		1226,8913	[0,000]
45	0,0938	**	0,0330		1232,2475	[0,000]
46	0,0838	**	-0,0447		1236,5357	[0,000]
47	0,0733	*	-0,0169		1239,8214	[0,000]
48	0,0442		-0,0778	*	1241,0160	[0,000]
49	0,0068		-0,0152		1241,0441	[0,000]
50	-0,0117		-0,0114		1241,1278	[0,000]
51	-0,0238		-0,0103		1241,4774	[0,000]
52	-0,0217		0,0334		1241,7671	[0,000]

<sup>20</sup> Para probar la significancia de los valores de autocorrelación (por ejemplo para  $P_k$ ), se evalúan dichos valores bajo la hipótesis individual  $H_0: P_k = 0$ , el nivel de significancia se indica con (\*) y además se evalúan dichos valores de autocorrelación de forma conjunta bajo la hipótesis nula: Los valores en forma conjunta hasta  $P_k = 0$ , esta hipótesis se evalúa con el valor p, que representa la significancia menor a la cual se puede rechazar  $H_0$ .

**Gráfico 9: Correlograma de la función de autocorrelación de la serie (precio-kg), incluyendo 50 rezagos<sup>21</sup>**

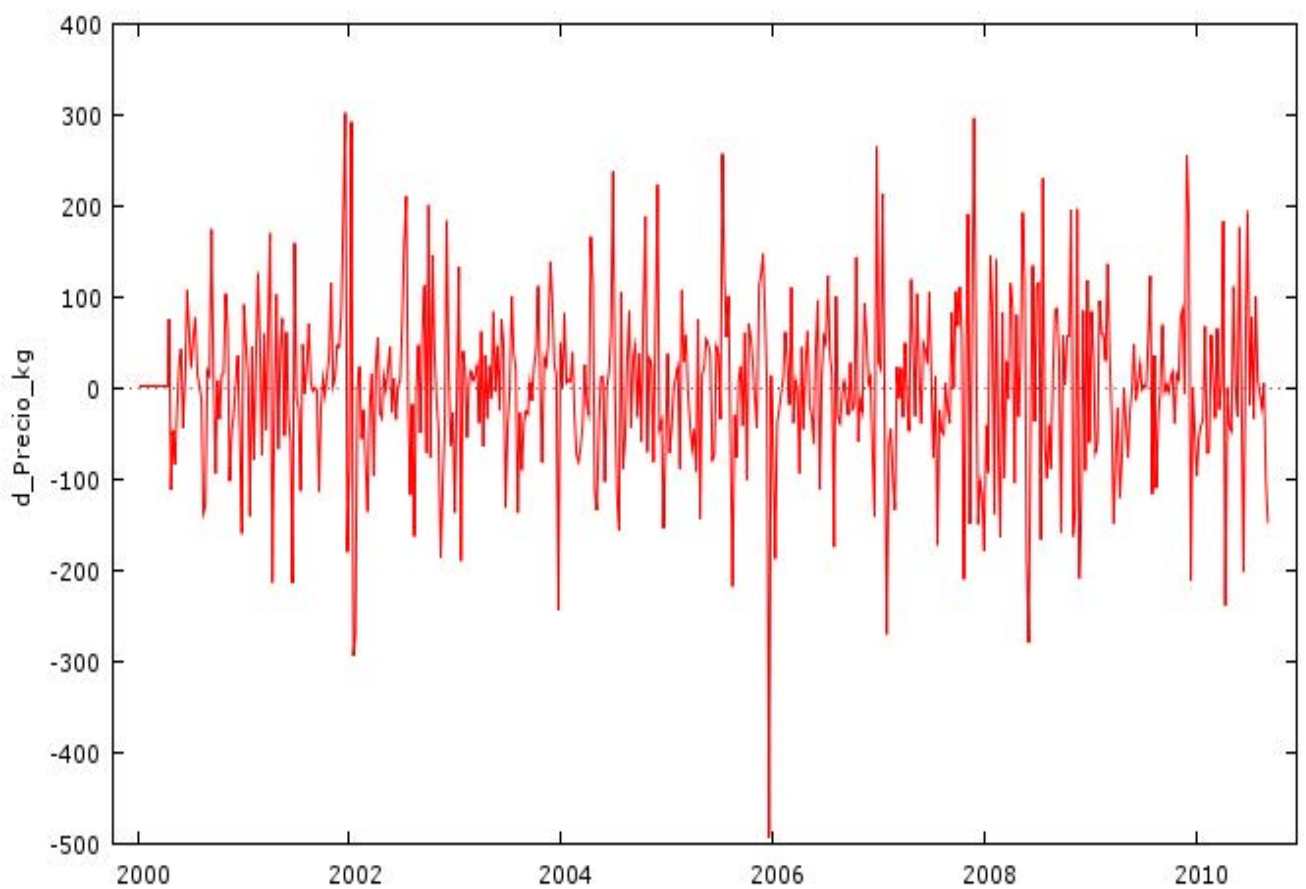


<sup>21</sup> El correlograma muestra los valores de autocorrelación  $P_k$  graficados con respecto a los rezagos  $k$ , las líneas azules corresponden a los intervalos de confianza para la hipótesis individual  $H_0: P_k = 0$ , de manera que la significancia (\*) corresponde a la amplitud o valor de  $P_k$ , por lo tanto los  $P_k$  que sobresalen sobre los intervalos de confianza, son significativos y diferentes de cero.

Dado que la serie no es estacionaria se debe diferenciar  $d$  veces hasta conseguir ruido blanco.

El siguiente gráfico muestra la serie con las primeras diferencias, en dicho gráfico no se muestra alguna tendencia, lo que sugiere la presencia de estacionaridad.

**Gráfico 10: Serie precios semanales diferenciados <sup>a</sup> (d-precio-kg)**



**Notas: a) Corresponde a la diferencia del promedio de cada tres plazas en el CENADA ( $Y_0$ ) menos el rezago más próximo ( $Y_1$ ).**

Para verificar la presencia de estacionaridad se revisa la FAC correspondiente a la serie diferenciada.

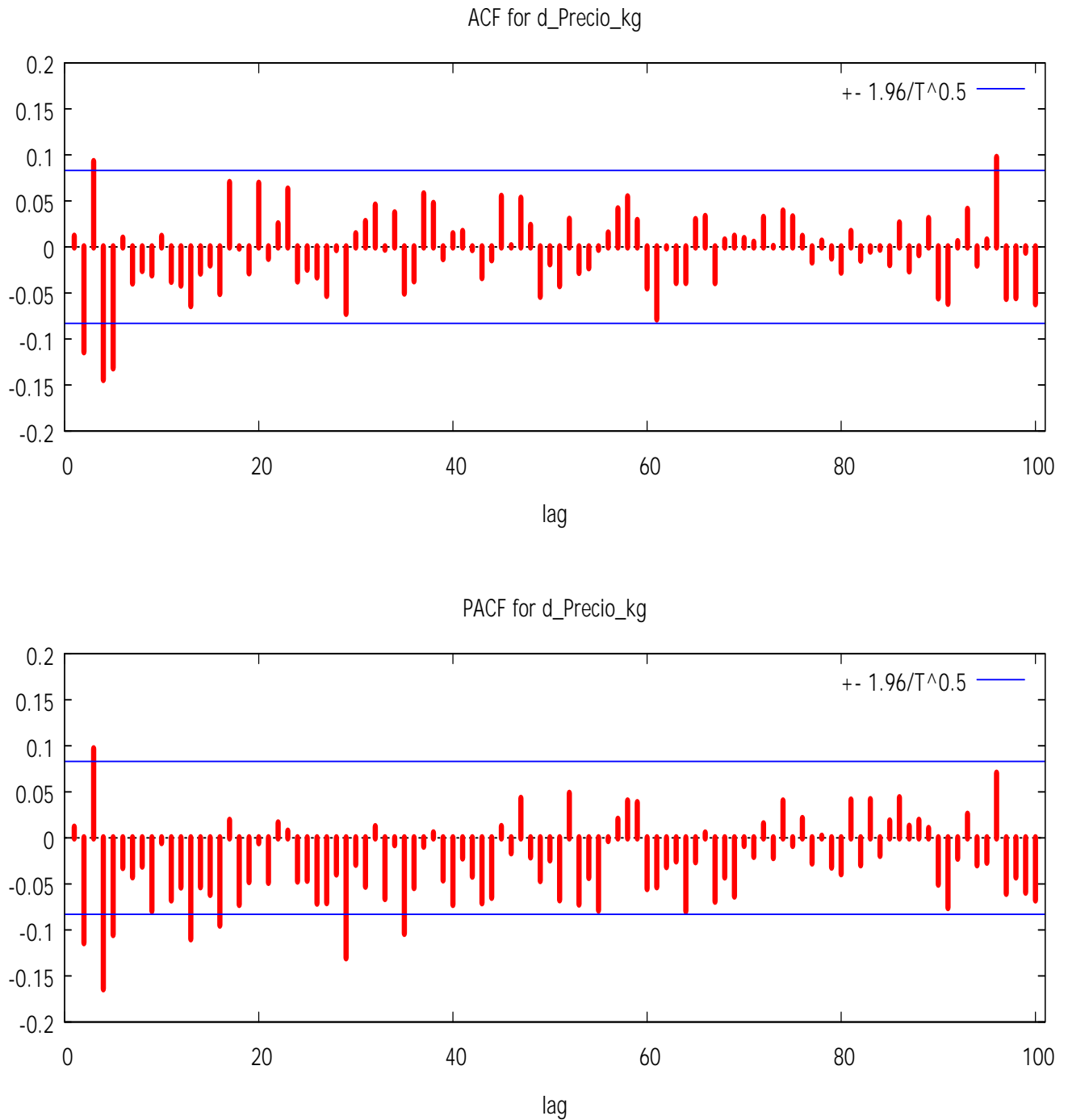
El cuadro 7 y gráfico 11 muestran la función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciada, en esta ocasión se encuentra una menor cantidad de valores significativos, de manera estricta no hay ruido blanco pero si se asemeja considerablemente, lo que da indicios de estacionaridad débil.

Se debe aclarar que la serie se puede continuar diferenciando, en busca de una menor cantidad de rezagos significativos, pero con una diferenciación de segundo grado no se presenta una mejoría importante, por lo que se descarta continuar con las diferenciaciones, con lo que se puede establecer que con las primeras diferencias se logra un resultado aceptable.

**Cuadro 7: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 50 rezagos**

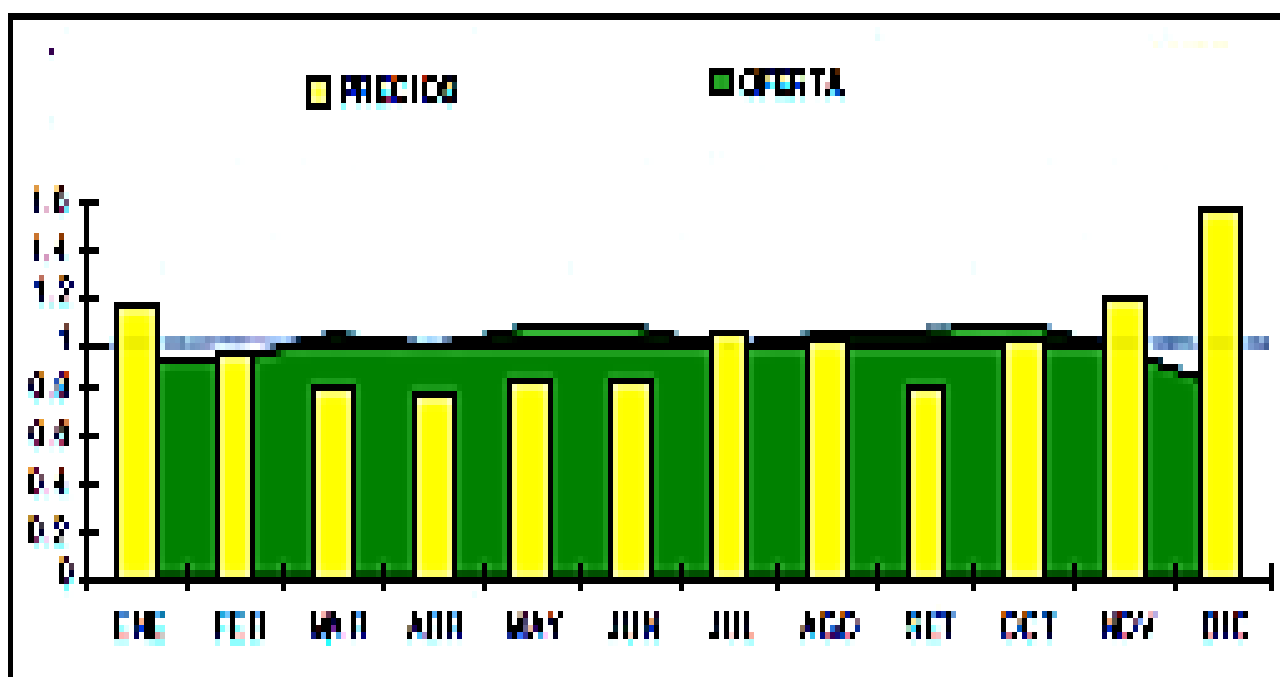
RETARDO	FAC		FACP		Estad-Q.	[valor p]
1	0,0115		0,0115		0,0742	[0,785]
2	-0,1137	***	-0,1138	***	7,3215	[0,026]
3	0,0926	**	0,0966	**	12,1395	[0,007]
4	-0,1438	***	-0,1639	***	23,7902	[0,000]
5	-0,1313	***	-0,1050	**	33,5146	[0,000]
6	0,0095		-0,0321		33,5656	[0,000]
7	-0,0391		-0,0421		34,4293	[0,000]
8	-0,0756		-0,0306		34,7997	[0,000]
9	-0,0302		-0,0789	*	35,3196	[0,000]
10	0,0114		-0,0050		35,3933	[0,000]
11	-0,0373		-0,0674		36,1856	[0,000]
12	-0,0414		-0,0533		37,1634	[0,000]
13	-0,0636		-0,1096	***	39,4797	[0,000]
14	-0,0283		-0,0530		39,9390	[0,000]
15	-0,0194		-0,0613		40,1549	[0,000]
16	-0,0504		-0,0947	**	41,6157	[0,000]
17	0,0699		0,0189		44,4293	[0,000]
18	-0,0011		-0,0723	*	44,4301	[0,001]
19	-0,0279		-0,0474		44,8818	[0,001]
20	0,0690		-0,0052		47,6452	[0,000]
21	-0,0123		-0,0483		47,7324	[0,001]
22	0,0250		0,0162		48,0962	[0,001]
23	0,0627		0,0072		50,3874	[0,001]
24	-0,0364		-0,0468		51,1826	[0,001]
25	-0,0240		-0,0460		51,5208	[0,001]
26	0,0325		0,0709	*	52,1418	[0,002]
27	-0,0326		-0,0703	*	53,7673	[0,002]
28	-0,0028		-0,0391		53,7718	[0,002]
29	-0,0721	*	-0,1302	***	56,8354	[0,002]
30	0,0142		-0,0286		56,9544	[0,002]
31	0,0275		-0,0525		57,4025	[0,003]
32	0,0454		0,0121		58,6251	[0,003]
33	-0,0023		-0,0658		58,6284	[0,004]
34	0,0369		-0,0073		59,4396	[0,004]
35	-0,0501		-0,1037	**	60,9339	[0,004]
36	-0,0367		-0,0539		61,7388	[0,005]
37	0,0175		-0,0089		63,7175	[0,004]
38	0,0472		0,0054		65,0553	[0,004]
39	-0,0126		-0,0455		65,1506	[0,005]
40	0,0143		-0,0727	*	65,2731	[0,007]
41	0,0167		-0,0217		65,4424	[0,009]
42	-0,0027		-0,0415		65,4469	[0,012]
43	-0,0332		-0,0704	*	66,1154	[0,013]
44	-0,0139		-0,0645		66,2327	[0,017]
45	0,0548		0,0122		68,0593	[0,015]
46	0,0012		-0,0161		68,0601	[0,019]
47	0,0528		0,0428		69,7641	[0,017]
48	0,0234		-0,0206		70,0977	[0,020]
49	-0,0536		-0,0462		71,8558	[0,018]
50	-0,0182		-0,0238		72,0594	[0,022]
51	-0,0419		-0,0672		73,1393	[0,023]
52	0,0299		0,0482		73,6920	[0,026]

**Gráfico 11: Correlograma de la función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 100 rezagos**



Antes de confirmar la presencia de estacionaridad, con la aplicación de otras pruebas mas contundentes, se debe evaluar la presencia de estacionalidad, de forma a priori suponemos que si existe pues se conoce que los precios del tomate suben significativamente por épocas como navidad (para diciembre se presentan picos en los precios), esto se puede ver mas claro con el índice estacional de precios y oferta del CENADA, donde se puede observar claramente los precios altos pagados en diciembre.

**Gráfico 12: Índice estacional de precio y oferta del tomate primera calidad en el CENADA, Costa Rica, 2000-2008**



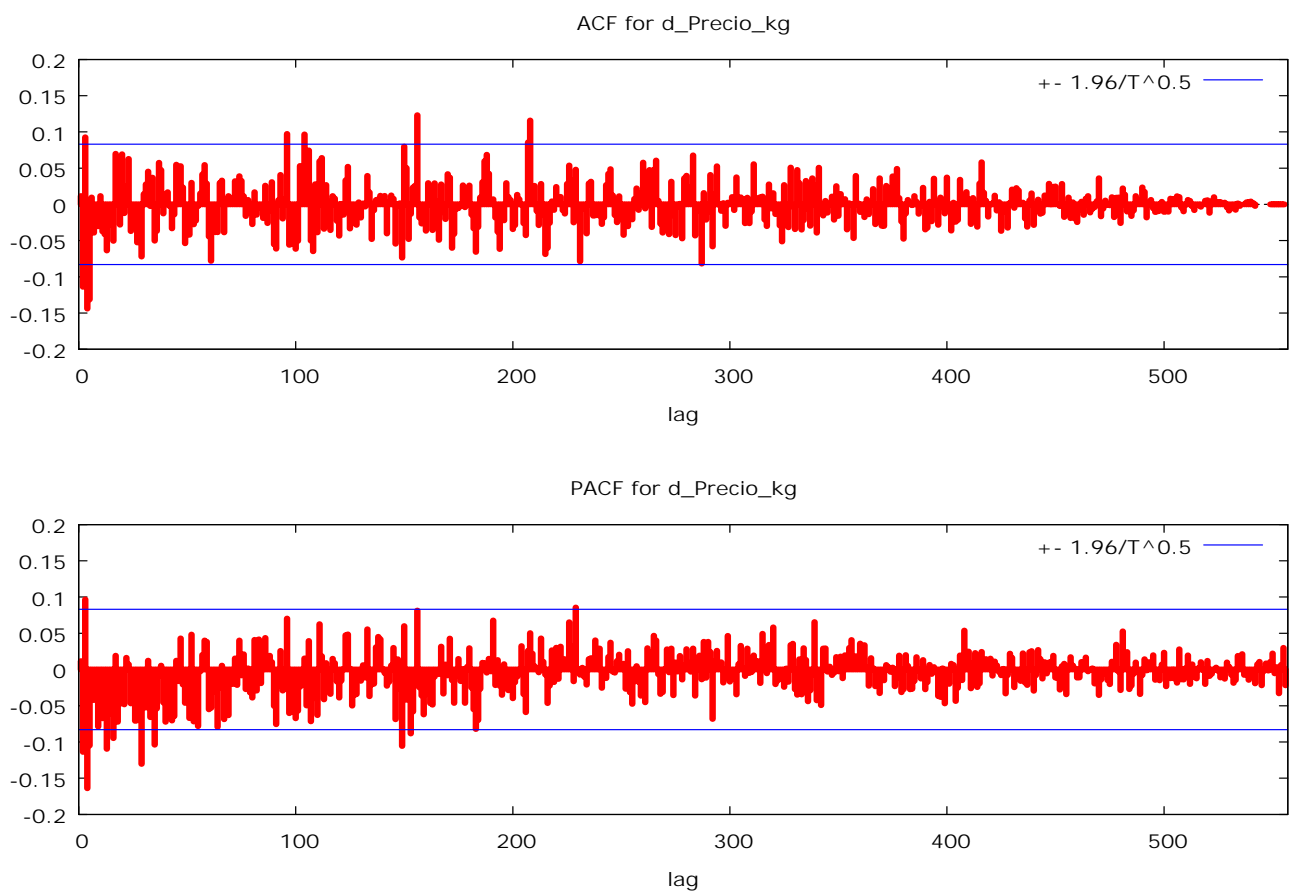
Notas: a) El precio esta en colones corrientes, mientras que la oferta en toneladas

Fuente: Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA (2010)

Para determinar la presencia de estacionalidad, se deben analizar los precios en forma anual, en base a la FAC, se buscan picos significativos cada 52 periodos, dado que los datos son semanales.<sup>22</sup>

El gráfico 13 y cuadro 8 muestran la función de autocorrelación para la serie, debido a la gran cantidad de datos se dificulta observar picos de manera visual cada 52 datos, pero el cuadro 8 muestra los resultados únicamente para los rezagos múltiplos de 52. Solamente algunos rezagos son significativos, por lo que se puede afirmar que no hay estacionalidad en la serie.

### Gráfico 13: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados (d-precio-kg), incluyendo 557 rezagos



<sup>22</sup> Si por ejemplo se conoce que en enero del 2000 se presenta estacionalidad, se esperaría que el próximo enero (2001) también presente el mismo comportamiento, por lo tanto simplemente analizo la significancia de ene-00 y los siguientes datos 52 semanas después (en caso de datos semanales), lo que correspondería a ene-01, ene-02 y así sucesivamente.



**Cuadro 8: Función de autocorrelación para la serie precios semanales diferenciados del tomate (d-precio-kg, cada 52 rezagos)**

Rezago	FAC	FACP
1	0.0115	0.0115
53	-0.0276	-0.0717 *
105	0.0025	-0.0496
157	-0.0181	-0.0247
209	0.0124	0.0219
261	-0.0058	-0.0452
313	0.0063	0.0114
365	-0.0007	0.0157
417	0.0162	0.0024
469	0.0042	-0.0047
521	-0.0117	-0.0089

Es importante aclarar que como se mencionó anteriormente se esperaba que la serie presentara estacionalidad, no obstante, los resultados indican que no es así, esta situación se puede deber a varias causas:

En primer lugar con respecto a los índices de estacionalidad anual del PIMA-CENADA, estos índices se calculan en base a los últimos 8 años y se podría esperar que el actual índice aun tenga influencia de la época de los noventas, donde el clima desempeña un papel fundamental en la producción del tomate, para el periodo de los noventas y a hasta años posteriores, la producción de tomate depende de factores como disponibilidad de agua, época lluviosa o verano y condiciones climáticas de cada región del país, de manera que estos hechos podrían marcar una estacionalidad importante en la producción (principalmente en la oferta de tomate), sin embargo en años posteriores las nuevas tecnologías en el sector agrícola como por ejemplo los techos plásticos en tomates a cielo abierto, la modalidad de siembra en invernadero, mejores sistemas de irrigación (por ejemplo fertiriego) y una mayor oferta de

agroquímicos para el combate de plagas y enfermedades han hecho que se pueda cosechar tomate durante todo el año y por lo tanto ofrecer producto de forma constante sin variaciones muy marcadas durante el año.

En segundo lugar en los últimos años se han visto disminuidos la cantidad de productores oportunistas, que bajo la idea de la existencia de estacionalidad programan sus cosechas para que salgan en épocas de buenos precios, los agricultores se han encontrado con una gran incertidumbre en la producción de tomate (precios y oferta) por lo que han apostado mas bien por una programación de siembra semanal y constante a través del año de forma que se esperan que los precios buenos alcanzados superen los precios malos y por lo tanto obtener utilidades.

En tercer lugar no se puede definir con certeza si los precios del tomate son elásticos o inelásticos, por que presentan un comportamiento que los ubica en ambas categorías. Si los precios del tomate bajan muy difícilmente el consumo se incrementa, si no que tendería a mantenerse constante (las familias presentan cierto nivel de consumo constante), sin embargo si los precios se incrementan si se nota una disminución en el consumo del tomate. Además por el lado de la oferta los precios si son muy sensibles a cambios en la oferta. Este comportamiento hace que las relaciones precio, consumo, oferta y demanda no sea clara.

En cuarto lugar, sin la necesidad de recurrir a estudios mas elaborados alguien podría pensar que existe un mayor consumo de tomate en algunas épocas como por ejemplo navidad (diciembre), sin embargo un incremento en la oferta podría hacer que aunque se de un incremento en los precios, este no sea significativo, además este incremento podría deberse a la especulación mas que a la relación oferta-demanda.

Una vez que se descartó la presencia de estacionalidad, se busca confirmar la presencia de estacionaridad mediante la prueba Dickey Fuller, la cual se muestra a continuación.

### Cuadro 9: Contraste aumentado de Dickey-Fuller para la serie (d-precio-kg)<sup>23</sup>

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d\_Precio\_kg incluyendo 100 retardos de (1-L) d\_Precio\_kg. Tamaño muestral 456. Hipótesis nula de raíz unitaria:  $\alpha = 1$

```

test without constant
model: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.021
lagged differences: F(100, 355) = 1.487 [0.0048]
estimated value of (a - 1): -17.4535
test statistic: tau_nc(1) = -3.57201
asymptotic p-value 0.0003499

test with constant
model: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.021
lagged differences: F(100, 354) = 1.482 [0.0051]
estimated value of (a - 1): -17.5157
test statistic: tau_c(1) = -3.56822
asymptotic p-value 0.00643

with constant and trend
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.021
lagged differences: F(100, 353) = 1.478 [0.0053]
estimated value of (a - 1): -17.8925
test statistic: tau_ct(1) = -3.51258
asymptotic p-value 0.03797

```

La prueba Dickey Fuller señala que para los tres posibles modelos el valor de  $\delta$   $(\alpha - 1) \leq 0$ , la prueba es significativa, no existe evidencia para aceptar  $H_0: \delta = 0$ .

Por lo tanto  $\rho \leq 0$ , lo que indica la presencia de estacionaridad.

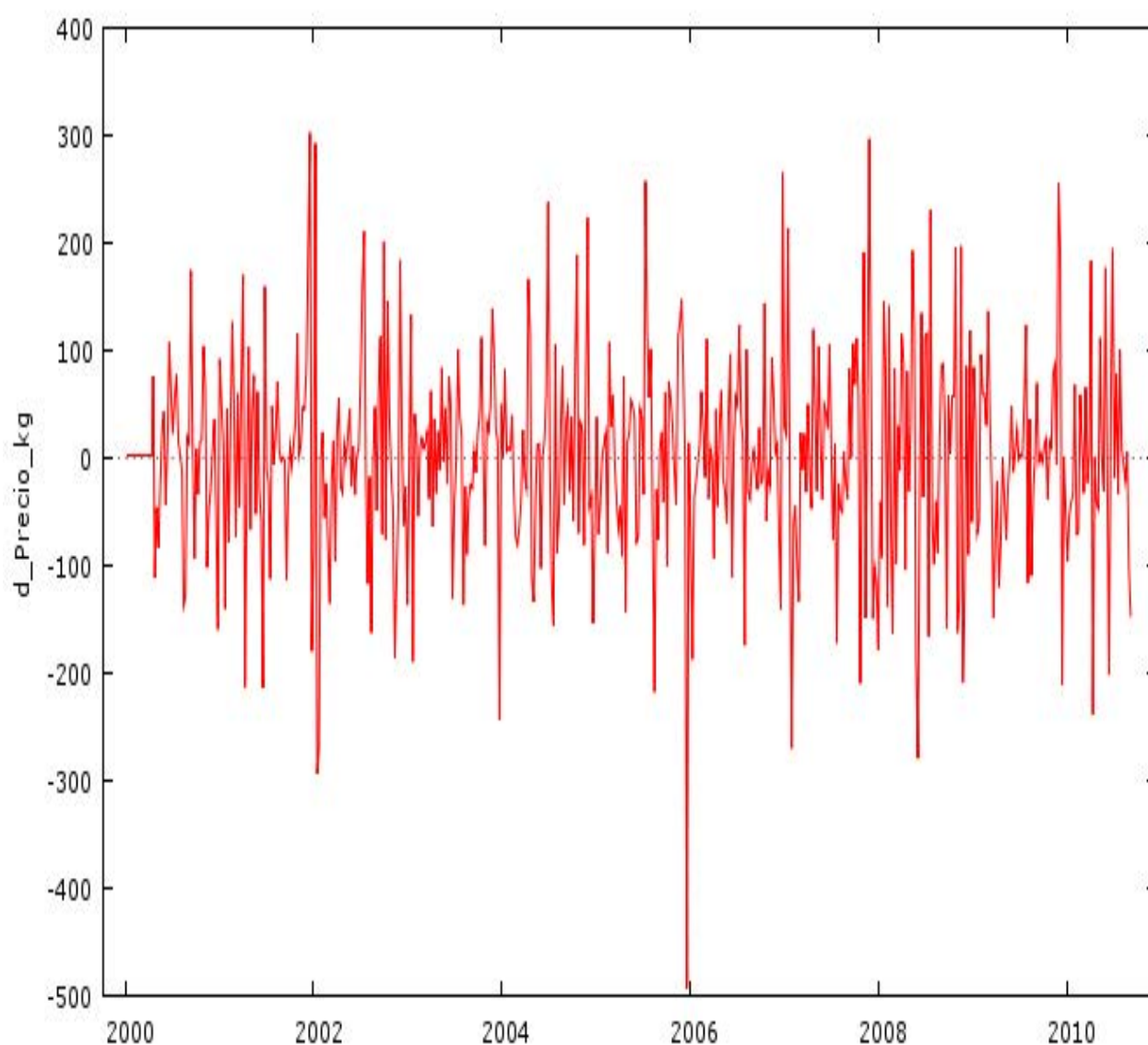
De los tres modelos evaluados, según la significancia un modelo con constante sería la mejor opción.

<sup>23</sup> La prueba Dickey Fuller evalúa las 3 principales opciones de modelo para un proceso estocástico o aleatorio bajo la hipótesis  $H_0: (\alpha - 1) = 0$  y por lo tanto la serie es no estacionaria, la significancia del valor  $(\alpha - 1)$  se prueba con el valor  $p$  o  $p$  value en inglés, si se utiliza un nivel de significancia del 5% cualquier valor  $p \leq 0.05$  indica que no existe suficiente evidencia para aceptar  $H_0$  y por lo tanto la serie es estacionaria.

### 5.3 Determinación del modelo ARIMA

Una vez que se ha determinado la presencia de estacionaridad y estacionalidad en la serie, se procede a definir el modelo ARIMA que mejor represente la serie.

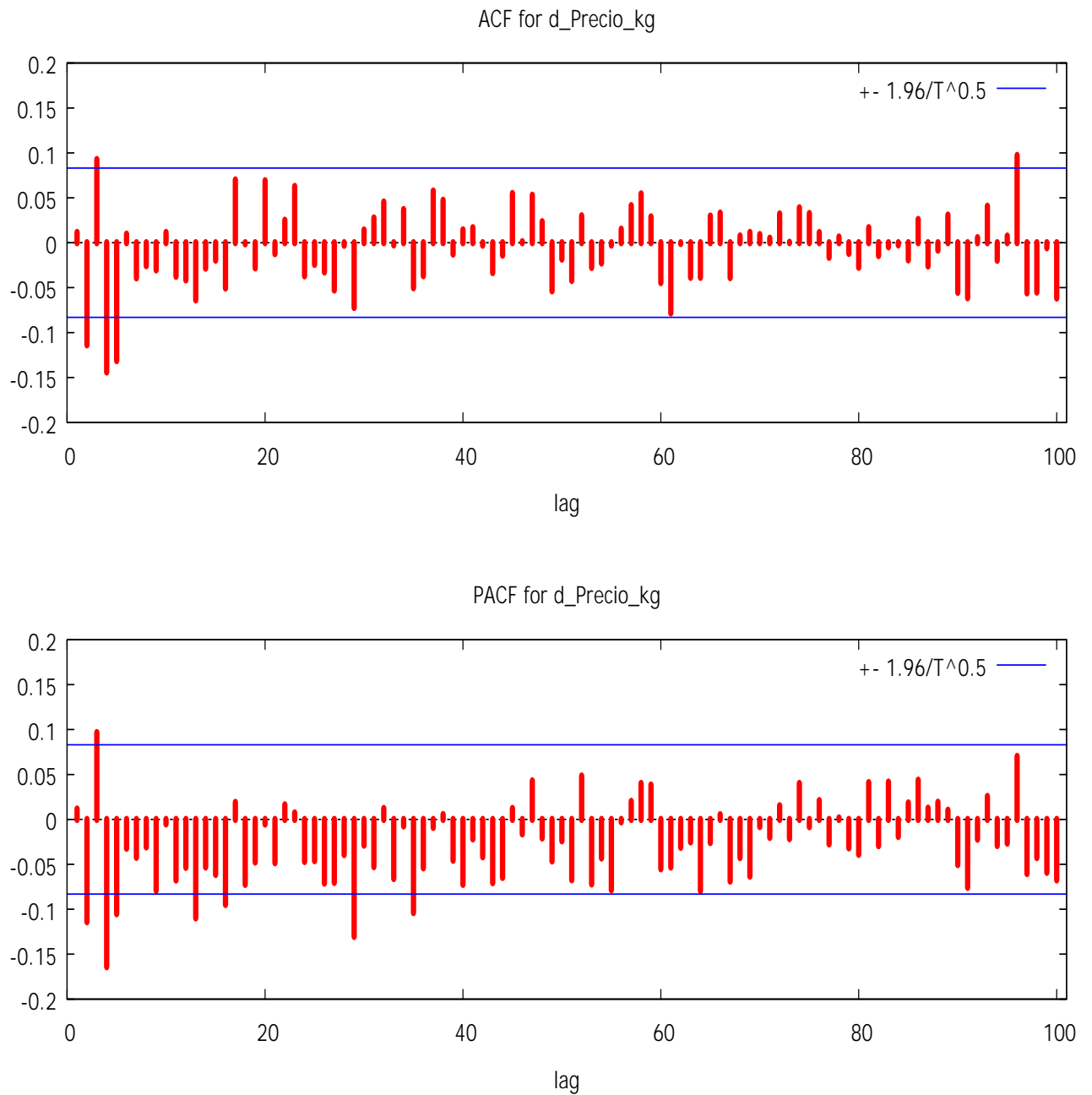
**Gráfico 14: Serie diferenciada de precios del tomate de primera calidad (d-precio-kg)**



**Fuente: Base de datos del PIMA CENADA**

Se parte de la FAC y FACP de la serie diferenciada.

**Gráfico 15: FAC y FACP de la serie diferenciada de precios del tomate (d-precio-kg), incluyendo 100 rezagos**



En base a lo mencionado anteriormente para la especificación de modelos ARIMA según Gujarati (2003) y Pindick y Rubinfeld (1991) la FAC y la FACP dan indicios para los siguientes modelos:

- ARIMA (5, 1, 5)
- ARIMA con retardos específicos (2-5; 1; 2-5)
- ARIMA (4,1,3)
- ARIMA de orden bajo entre 2 y 5

El ARIMA con retardos específicos (2-5; 1; 2-5), no alcanza el criterio de convergencia, por lo que no se puede calcular el modelo. Para evitar mal entendidos con la notación de este modelo, esta notación es equivalente a:

- Retardos autorregresivos específicos (AR): 2,3,4,5
- Grado de integración (I): 1
- Retardos de promedio móvil específicos (MA): 2,3,4,5

Los ARIMA (5,1,5) y ARIMA (4,1,3) presentan un buen desempeño sin embargo no presentan ruido blanco puro en los residuos del modelo (presentan algunos residuos significativos, lo que indica que puede haber ruido blanco débil).

Las opciones anteriores corresponden a las principales sugerencias de la teoría, pero no se puede descartar la idea de que en muchas ocasiones los modelos de series de tiempo se basan en la experiencia y en la prueba y error de manera que se probaron varios modelos ARIMA, AR y MA de orden bajo entre 1 y 5 para la serie estudiada, además existe la posibilidad de encontrar algún modelo con ruido blanco puro o mejores características. Los siguientes modelos presentaron los mejores resultados:

**Cuadro 10: Modelos probados con mejores estadísticas**

Modelo	AIC	Ruido blanco en los residuos	Ajuste pronostico	Desv estandar
ARIMA (4,1,1) sin constante	6560	2	bueno a excepción del periodo 2009-2010	86.0
ARIMA (5,1,1)	6561	2	buenoa excepción del 2009	85,97
ARIMA (4,1,3)	6564	1	bueno	85,91
ARIMA (1,1,4)	6564	2	bueno a excepción del 2009	86,23
ARIMA (4,1,4)	6566	1	bueno	85,91
ARIMA (1,1,5)	6566	1	bueno	86,19
ARIMA (5,1,5)	6569	1	bueno	85,79

Los diferentes modelos se evaluaron tomando en cuenta 5 variables, comúnmente mencionadas en la teoría:

- AIC: el criterio de información de Akaike, mide el desajuste entre una distribución hipotética y una distribución teórica, se busca el valor mínimo posible para el AIC. En el contexto del presente trabajo, con los seis criterios de evaluación escogidos el AIC y el ruido blanco son los dos más importantes para la especificación de modelos, los demás buscan evaluar la capacidad predictiva del modelo.
- Ruido blanco en los residuos: la presencia de ruido blanco en los residuos del modelo, implica que no hay correlación entre los residuos. En el cuadro 10, los valores presentados en esta casilla indican la cantidad de picos significativos en la FAC a 100 rezagos de los residuos de la serie diferenciada.
- Desviación estándar del pronóstico: entre menor sea la desviación, el pronóstico es mejor y por lo tanto los intervalos de confianza serán menores.

- Ajuste del pronóstico: se busca que el pronóstico de los precios del tomate por medio del modelo sea idéntico o muy similar a los precios reales del tomate durante los mismos periodos, en este caso se realizó de forma subjetiva, en base a un gráfico comparativo de la serie simulada por el modelo y la serie real para un periodo de tiempo reciente.
- Orden del modelo: entre más alto sea el orden del modelo, implica que el modelo utiliza más rezagos o variables y por lo tanto los grados de libertad asociados al modelo se reducen, este criterio lo que implica es que de ser posible se debe escoger el modelo de menor orden. El AIC contempla este criterio al castigar la puntuación final dependiendo de los grados de libertad del modelo.

En la bibliografía respecto a econometría se pueden encontrar otros criterios.

Según el cuadro 10, los dos primeros modelos presentan AIC muy parecidos y en general todos los modelos presentan un AIC parecido (la variación no es tan grande), además todos los modelos no presentan ruido blanco puro en los residuos y en general el ajuste es bueno, sin embargo haciendo una valoración conjunta de todas las variables para la escogencia entre modelos analizadas anteriormente el ARIMA (4,1,3) representa una buena opción. Sin embargo considerando el AIC y el ruido blanco (los cuales son los más importantes según la teoría), también se pudieron haber utilizado el ARIMA (4,1,1) sin constante y el ARIMA (5,1,1).



**Cuadro 11: Modelo ARIMA (4, 1, 3), usando las observaciones 2000/01/11-2010/09/07, (T = 557), Variable dependiente: (1-L) Precio\_kg**

Desviaciones típicas basadas en el Hessiano

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
const	0,00251713	0,10448	0,0241	0,98078	
phi_1	0,627345	0,188825	3,3224	0,00089	***
phi_2	-0,097925	0,209817	-0,4667	0,64070	
phi_3	0,362255	0,163999	2,2089	0,02718	**
phi_4	-0,217901	0,0446334	-4,8820	<0,00001	***
theta_1	-0,697683	0,192847	-3,6178	0,00030	***
theta_2	-0,0750113	0,231022	-0,3247	0,74541	
theta_3	-0,227306	0,195358	-1,1635	0,24461	

Media de la vble. dep.	0,027688	D.T. de la vble. dep.	92,70221
media innovaciones	0,977819	D.T. innovaciones	85,91444
Log-verosimilitud	-3273,163	Criterio de Akaike	6564,327
Criterio de Schwarz	6603,230	Crit. de Hannan-Quinn	6579,521

	<i>Real</i>	<i>Imaginaria</i>	<i>Módulo</i>	<i>Frecuencia</i>
AR				
Raíz 1	1,4808	-0,3438	1,5202	-0,0363
Raíz 2	1,4808	0,3438	1,5202	0,0363
Raíz 3	-0,6496	-1,2506	1,4092	-0,3262
Raíz 4	-0,6496	1,2506	1,4092	0,3262
MA				
Raíz 1	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Raíz 2	-0,6650	-1,9893	2,0975	-0,3013
Raíz 3	-0,6650	1,9893	2,0975	0,3013

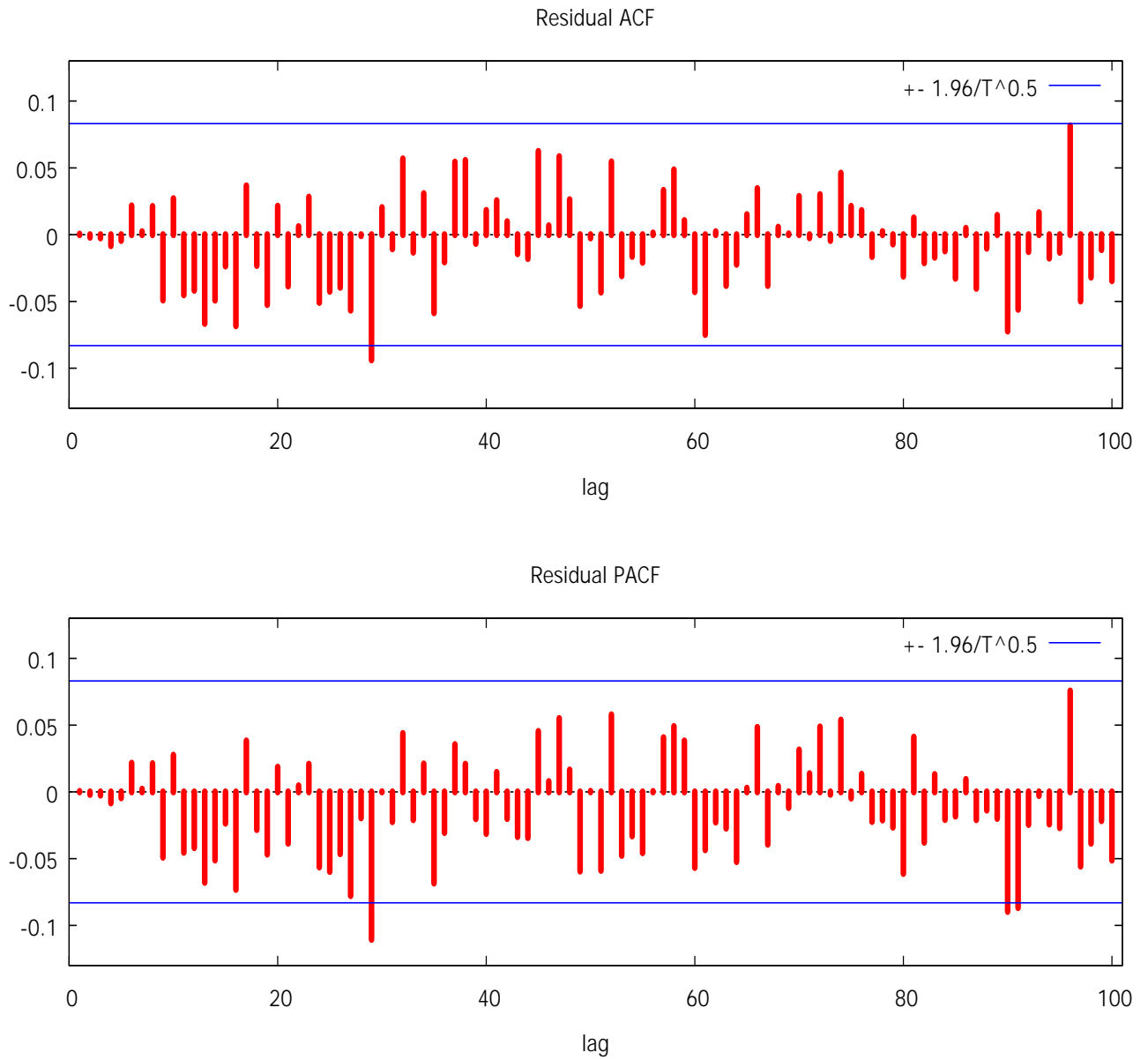
El modelo ARIMA (4,1,3) ajustado se puede representar como:

$$\begin{aligned} \Phi(B)\Delta^d Y_t &= \delta + \theta(B)\varepsilon_t \\ (1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\dots-\phi_p B^p)\Delta^d Y_t &= \delta + (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\dots-\theta_q B^q)\varepsilon_t \\ (1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\phi_3 B^3)(Y_t - Y_{t-1}) &= \delta + (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\theta_3 B^3-\theta_4 B^4)\varepsilon_t \\ (1+0,698B+0,075B^2+0,227B^3)(Y_t - Y_{t-1}) & \\ = 0,00252 + (1-0,627B+0,098B^2-0,362B^3+0,218B^4)\varepsilon_t & \end{aligned}$$

En el gráfico 16 se observa la FAC de los residuos del modelo, aunque hay algunos picos significativos en general si asemeja ruido blanco, por lo que se podría afirmar que no hay correlación entre los residuos.

Mientras que el gráfico 17 presenta el precio real del kg de tomate (observado) y el precio de la predicción del modelo, en general se puede observar que la predicción no está muy alejada de los precios reales y que el modelo presenta un buen ajuste de los datos.

**Gráfico 16: FAC de los residuos del modelo ARIMA (4, 1, 3),  
incluyendo 100 rezagos**



**Cuadro 11: Prueba Dickey-Fuller para los residuos del modelo ARIMA (4, 1,3), incluyendo 100 rezagos, tamaño de la muestra 456, Hipótesis nula de raíz unitaria:  $a=1$**

```

test without constant
model: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.021
lagged differences: F(100, 355) = 0.826 [0.8733]
estimated value of (a - 1): -3.79957
test statistic: tau_nc(1) = -3.43096
asymptotic p-value 0.0005908

test with constant
model: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.020
lagged differences: F(100, 354) = 0.832 [0.8644]
estimated value of (a - 1): -4.08869
test statistic: tau_c(1) = -3.5124
asymptotic p-value 0.007702

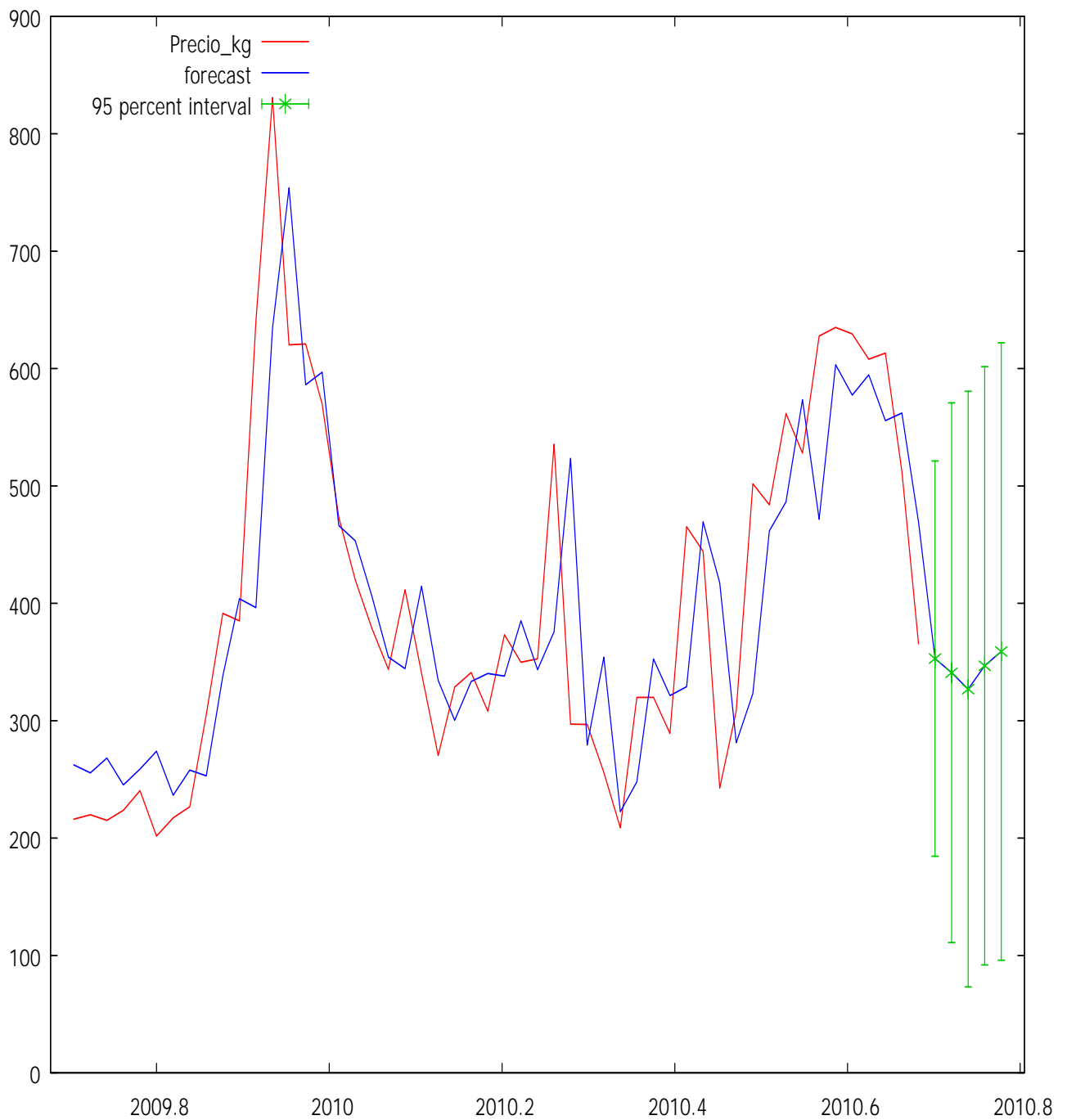
with constant and trend
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.018
lagged differences: F(100, 353) = 0.869 [0.7979]
estimated value of (a - 1): -5.2325
test statistic: tau_ct(1) = -3.95842
asymptotic p-value 0.009985

```

La prueba Dickey Fuller señala que para los tres posibles modelos el valor de  $\delta$   $(a-1) \leq 0$ , la prueba es significativa, no existe evidencia para aceptar  $H_0: \delta=0$ .

Por lo tanto  $p \leq 0$ , lo que indica que los errores no están correlacionados entre sí (los errores son estacionarios).

**Gráfico 17: Serie simulada comparada con la serie original, utilizando el ARIMA (4, 1, 3), (15/09/09 - 12/10/10)**



## Capítulo VI. Evaluación del modelo predictivo

### 6.1 Evaluación del modelo

Según Gujarati (2003) y Pindick y Rubinfeld (1991) la especificación de los modelos econométricos se evalúan por medio de indicadores o medidas del ajuste entre la serie simulada por el modelo y la serie real, entre estos criterios están:

- Criterio  $R^2$
- $R^2$  ajustada
- Criterio de información de Akaike(CIA)
- Criterio de información de Schwarz (CIS)
- Criterio  $C_p$  de Mallow
- Pronostico ji-cuadrado ( $X^2$ )

La capacidad predictiva del modelo dependerá directamente de estos criterios, la teoría no presenta otras pruebas, criterios o métodos para evaluar el desempeño de un modelo que aporten mayor información relevante, por lo tanto únicamente se analizara en forma más exhaustiva los resultados del modelo.

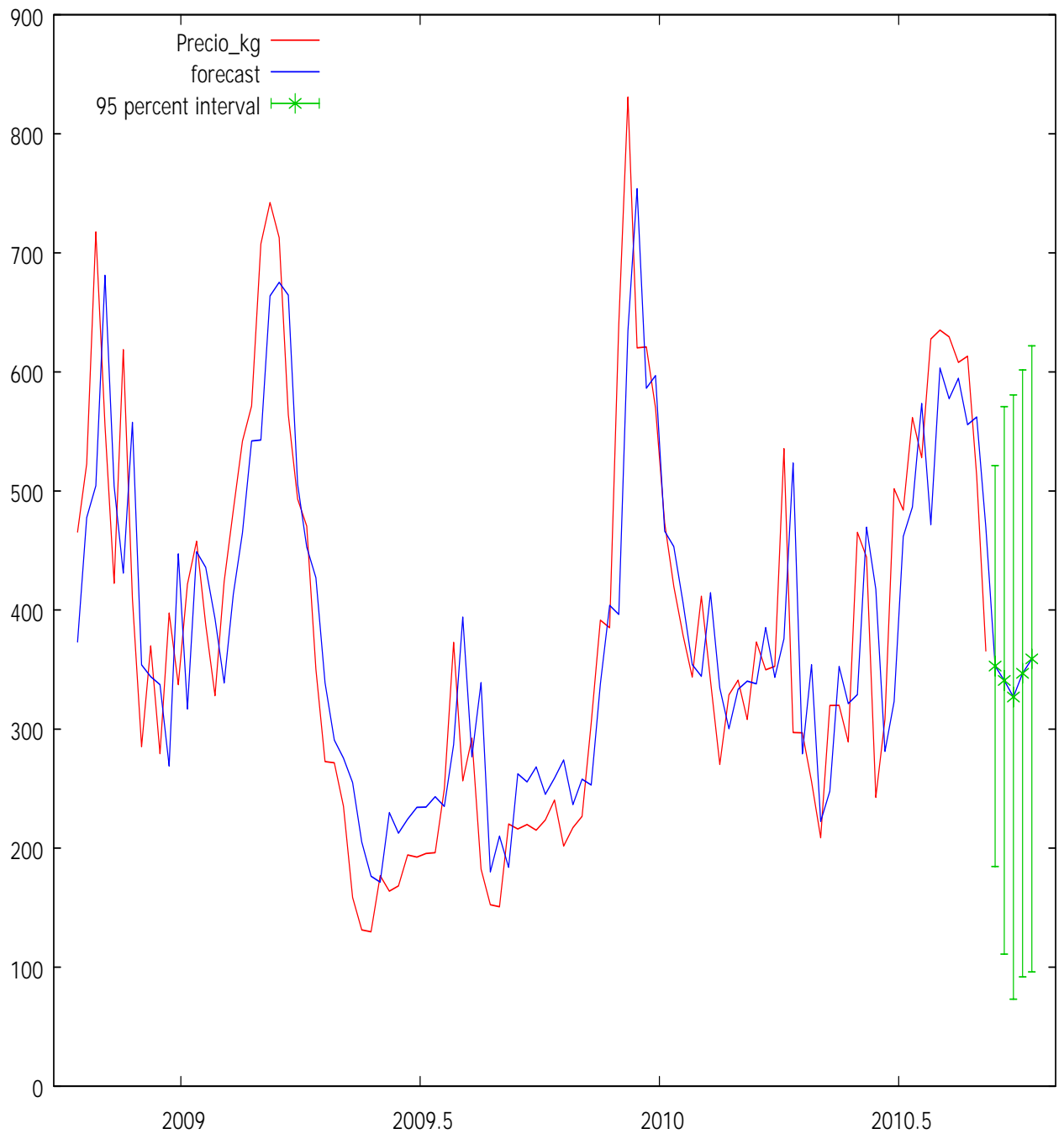
El siguiente cuadro muestra la predicción expost del modelo para los precios reales del kg de tomate para los siguientes 4 periodos. La predicción para el primer periodo presenta una desviación de 85,9, esta podría considerarse como pequeña y hasta aceptable, sin embargo presenta intervalos de confianza amplios. Además como se espera con los modelos ARIMA la desviación en la predicción aumenta conforme se pronostican los siguientes periodos en el tiempo.

**Cuadro 12: Predicción del precio real con el modelo ARIMA  
(4,1,3) para las siguientes 4 semanas**

Observaciones	Predicción Precio_kg	Desv. Típica	Intervalo de 95%	Precio observado (₺ constantes)
9/14/2010	352,957	85,914	(184,567, 521,346)	553.96
9/21/2010	340,886	117,306	(110,970, 570,802)	378.89
9/28/2010	326,933	129,466	(73,1846, 580,681)	351.56
10/5/2010	346,800	130,036	(91,9344, 601,666)	351.56

El siguiente gráfico presenta el precio real del kg de tomate y el precio simulado por el modelo, en general se puede observar que la predicción no está muy alejada de los precios reales, el modelo presenta un buen ajuste de los datos y predice bien las tendencias de los precios.

**Gráfico 18: Precio real del kg de tomate y predicción del modelo ARIMA (4, 1, 3), (14/10/08 - 12/10/10)**





En el cuadro 13 se observan las principales estadísticas para las predicciones del periodo 04/01/2000 – 14/09/2010.

Se puede observar en los datos simulados por el modelo un error promedio de  $\phi 63,9$ , con una desviación estándar de 86,22 y un coeficiente de variación de 135%, se puede considerar este error como aceptable pues no es muy grande (18% de error medio absoluto).

### **Cuadro 13: Análisis de la predicción del modelo ARIMA (4,1,3)**

Mean Error	0.97782
Mean Squared Error	7422.1
Root Mean Squared Error	86.151
Mean Absolute Error	63.914
Mean Percentage Error	-4.7551
Mean Absolute Percentage Error	17.969
Theil's U	0.95905
Bias proportion, UM	0.00012882
Regression proportion, UR	0.0001444
Disturbance proportion, UD	0.99973

## Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

La producción de tomate a nivel nacional representa una actividad de considerable importancia dentro del sector, involucra una gran cantidad de trabajadores y productores, durante el 2008 se comercializó alrededor de 44.000 toneladas (alrededor de ₡17.000 millones)<sup>24</sup> y más de mil productores involucrados.

El mercado del tomate presenta fluctuaciones importantes durante todo el año respecto a precios y oferta de producto, siendo esta una actividad muy riesgosa, lo que en muchas ocasiones deja pérdidas importantes a los productores.

Resulta imperante hacer un cambio en la actividad para buscar que el productor obtenga beneficios mínimos que permitan la continuidad de la actividad y de las familias involucradas.

Existen varias metodologías para la elaboración de modelos econométricos, considerando el gran auge que han tenido los modelos de series de tiempo en los últimos años, sobre todo por que permiten desarrollar modelos con un bajo presupuesto y la capacidad predictiva importante de estos modelos, además de que los datos permiten la aplicación de este método, se utilizó la metodología ARIMA para desarrollar un modelo econométrico de series de tiempo para los precios del tomate de primera calidad.

La metodología ARIMA permite la utilización de diferentes modelos en el análisis de una variable. No obstante la teoría de forma general establece una metodología para la especificación del modelo correspondiente, dependiendo del comportamiento de los datos, resulta necesario probar diferentes modelos, como sucedió en el actual estudio.

---

<sup>24</sup> En colones constantes o reales, base 2006 y con un precio promedio para el tomate de primera calidad en el CENADA durante el 2008.

La teoría destaca como principales métodos de escogencia entre modelos ARIMA la presencia de ruido blanco y el AIC, por lo tanto el análisis conjunto de las variables mencionadas anteriormente para la escogencia de modelos, podría dificultar la comprensión de la metodología de series de tiempo ARIMA. Para evitar esta situación considérese que el mejor modelo para los precios del tomate podría ser el ARIMA (4,1,1) sin constante, sin embargo en ausencia de otros estudios similares para realizar comparaciones y con el fin de proponer una metodología mas exhaustiva de escogencia de modelos ARIMA, se propuso el análisis conjunto de diferentes variables (como no es el propósito principal del actual estudio diseñar tal metodología, no se desarrollo con profundidad la propuesta), como resultado del análisis conjunto de las diferentes variables se llevo a determinar el modelo ARIMA (4,1,3) como una buena opción para representar la serie de precios de tomate. Sin embargo el ruido blanco y el AIC presentan valores muy semejantes para los modelos (4,1,1) sin constante, (5,1,1) y (4,1,3) por lo que en realidad se pudo haber escogido cualquiera de los tres modelos.

Se determino que un ARIMA (4, 1, 3) representa mejor la serie de precios del tomate. Analizando la serie simulada por el modelo y la serie real se determino que el modelo presenta un buen ajuste.

Se determinaron los parámetros o coeficientes del modelo encontrándose:

**Cuadro 14: Parámetros del modelo ARIMA (4, 1, 3)**

	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Coeficiente de variación</i>
const	0.00251713	0.10448	4150.76
phi_1	0.627345	0.188825	30.10
phi_2	-0.097925	0.209817	214.26
phi_3	0.362255	0.163999	45.27
phi_4	-0.217901	0.0446334	20.48
theta_1	-0.697683	0.192847	27.64
theta_2	-0.0750113	0.231022	307.98
theta_3	-0.227306	0.195358	85.94

La proyección para los siguientes 4 periodos en el futuro, muestra que el modelo tiene una buena capacidad predictiva ex ante y ex post, al compararse los precios observados y los pronosticados, se encuentran algunas similitudes de manera que el modelo presenta buenos resultados. Sin embargo, no se recomienda la predicción a largo plazo, se encontró que la proyección después de cinco periodos tiende a estandarizarse o estabilizarse con respecto al valor de la media de la proyección, esto indica que el valor predictivo del modelo se limita a cuatro periodos en el futuro (4 semanas), pero considerando que la desviación o error de la proyección aumenta conforme la proyección se aleja del presente, en realidad se podría definir el límite del modelo a dos periodos (15 días en el futuro).

Para los pronósticos del modelo, a pesar de que el error no es muy grande y los resultados son aceptables, no se puede esperar predecir el precio futuro exacto o muy cercano para el tomate, el modelo únicamente proporciona una idea aproximada del comportamiento futuro de los precios, en base al comportamiento en el pasado.

Después del análisis de una muestra de valores de la serie real y su correspondiente simulación (incluyendo valores ex ante y ex post), se encontró un error promedio absoluto en la proyección de  $\phi 63,91$ , con una desviación estándar de 86,22 y un coeficiente de variación de 88%, se puede considerar este error como aceptable pues no es muy grande (18% de error medio absoluto).

Considerando la ausencia de otros instrumentos en esta área que brinden mejores estadísticas, el presente modelo representa una buena herramienta para tener una idea de lo que podría pasar en el futuro, aunque sea en un rango de 2 a 3 semanas.

Bajo ciertas circunstancias y según el propósito se podría confiar en el modelo para proyectar el precio del tomate, pero se recomienda tener cuidado con el uso de este modelo.

## 7.2 Recomendaciones

Aunque no se planteó como un objetivo específico del presente trabajo, si se mencionó que el estudio busca generar una herramienta que permita a los productores de tomate tomar mejores decisiones. El hecho es que el sector debería organizarse mejor y promover medidas para contrarrestar debilidades y amenazas como fluctuación de precios y oferta, acceso al crédito, capacitación, etc. En muchas ocasiones debido a una herencia paternalista, esperan que el estado resuelva todos sus problemas, pero la realidad actual es muy diferente, se debe considerar como ejemplo el caso de las instituciones públicas donde hay falta de presupuesto, falta de recursos, falta de personal, una gran burocracia y si además le sumamos la falta de concientización respecto a la importancia del sector agrícola a nivel nacional, estos son solo algunos problemas que afronta el sector, este debe tomar conciencia de la situación y buscar generar iniciativas privadas (existen muchas posibilidades como por ejemplo formar cooperativas, sociedades, etc.) para lograr una mejor organización y mayor control de la actividad.

Los resultados obtenidos por el modelo son aceptables, pero la realidad es que el estudio buscaba evaluar la metodología ARIMA y no encontrar el mejor modelo o metodología para la proyección de precios (en este caso precios del tomate), de manera que no se evaluaron otras opciones para la proyección, es importante recordar esto, por que se podrían encontrar mejores modelos y por lo tanto mejores pronósticos. Los precios del tomate representan una variable muy volátil, además con la metodología ARIMA para modelos univariados no se pueden obtener mejores resultados, por lo tanto el uso de alguna otra metodología o la combinación de modelos podrían brindar mejores resultados.

Con los resultados actuales es importante utilizar el modelo para proyecciones futuras entre 1 y 3 periodos, se debe recordar que el modelo solo brinda una aproximación de los valores futuros en base a lo que ha pasado en los últimos años, pero lo que puede suceder en el futuro en realidad es incierto dado que los precios responden a una gran cantidad de factores y muchos de estos son

ajenos al productor (no los puede controlar). Entre estos factores se pueden mencionar:

- El clima, aunque las nuevas tecnologías han disminuido el efecto del clima sobre los cultivos, éste sigue teniendo una gran influencia, por ejemplo las sequias o los temporales pueden afectar de manera importante los cultivos a cielo abierto.
- La oferta de tomate, aunque el agricultor puede establecer cuanto quiere producir, el mismo no tiene control ni conocimiento de la producción de los demás agricultores involucrados (resultando que la oferta siempre es incierta).
- Los intermediarios, aunque el mecanismo de comercialización establecido en el CENADA busca establecer los precios al libre mercado (oferta y demanda), no se puede negar que en algunas ocasiones los intermediarios que compran el tomate imponen sus precios o establecen los precios en base a especulación.
- Grandes productores de tomate, existe una gran cantidad de productores pequeños, pero también algunos productores medianos y grandes, en muchas ocasiones estos productores grandes también son acopiadores (compran o reciben tomate de otros), algunos de estos distribuyen el producto a cadenas de supermercados y otros comercios sin pasar por CENADA, sin embargo otros si acuden a CENADA. El hecho es que los productores del sector aseguran que estos grandes productores pueden influenciar los precios a su conveniencia (en forma esporádica).

Resulta útil e interesante repetir el ejercicio con datos mensuales, para probar si el ajuste es mejor de forma mensual. Además de esta forma permite tener un mayor rango de acción para los productores, es mejor tener una idea de lo que ocurrirá con los precios del tomate en los siguientes meses y no en las siguientes semanas, pues da mayor oportunidad de tomar decisiones mas acertadas a mayor plazo. Sin embargo debido al comportamiento de los precios (presencia de mucha volatilidad o irregularidad), donde los mismos pueden cambiar significativamente de una plaza a otra plaza, el uso de promedios para periodos mas largos hace que el promedio pierda representatividad o fuerza

como mejor estadístico (para representar los datos, pues no dice nada acerca de los cambios sufridos en ese periodo), además de que la desviación estándar podría incrementarse.

Debido al alcance temporal de los pronósticos (3 semanas), el modelo tiene poco potencial en la planeación a largo plazo (planeación de siembras a futuro), sin embargo podría utilizarse en la toma de decisiones en producciones ya establecidas. Un modelo mensual podría tener más utilidad en la planeación de siembras a futuro o en la evaluación de proyectos donde se requieren proyecciones a largo plazo.

Es importante actualizar el modelo con los datos de los precios cada semana, conforme transcurre el tiempo, para poder obtener los siguientes pronósticos de forma mas acertada.

Un estudio de la oferta, demanda y consumo de tomate en Costa Rica, podría complementar el trabajo realizado, permitiendo establecer nuevas conclusiones que beneficien al sector, por ejemplo analizar con mayor detalle si hay o no estacionalidad en la producción de tomate.

Otros estudios importantes que se podrían desarrollar pueden ser:

- La comercialización de tomate a nivel nacional
- Análisis de la agrocadena de tomate (con una identificación y caracterización de actores)
- Aporte del sector tomatero a la economía nacional

Estos estudios pueden contribuir a identificar soluciones para la actividad tomatera, se debe recordar que la actividad es muy importante en muchas zonas rurales del país como fuente de ingresos y generación de empleo.

## Anexos

### Anexo 1: Precios semanales del tomate primera calidad (2000-2010)

**Cuadro I: Precios semanales del tomate primera calidad, en  
colones constantes base 2006, periodo 2000-2010**

Semana	Precio	Semana	Precio	Semana	Precio
2000/01/04	350,099	2000/12/19	389,571	2001/12/04	575,215
2000/01/11	351,099	2000/12/26	229,711	2001/12/11	767,452
2000/01/18	352,099	2001/01/02	321,131	2001/12/18	1069,110
2000/01/25	353,099	2001/01/09	372,204	2001/12/25	889,097
2000/02/01	354,099	2001/01/16	384,450	2002/01/01	802,703
2000/02/08	355,099	2001/01/23	244,156	2002/01/08	1094,525
2000/02/15	356,099	2001/01/30	289,096	2002/01/15	800,954
2000/02/22	357,099	2001/02/06	210,169	2002/01/22	529,517
2000/02/29	358,099	2001/02/13	243,968	2002/01/29	527,642
2000/03/07	359,099	2001/02/20	370,086	2002/02/05	551,181
2000/03/14	360,099	2001/02/27	410,765	2002/02/12	495,483
2000/03/21	361,099	2001/03/06	337,582	2002/02/19	471,712
2000/03/28	362,099	2001/03/13	396,743	2002/02/26	387,393
2000/04/04	363,099	2001/03/20	351,226	2002/03/05	252,101
2000/04/11	364,099	2001/03/27	426,026	2002/03/12	232,089
2000/04/18	439,568	2001/04/03	595,174	2002/03/19	247,886
2000/04/25	327,948	2001/04/10	381,962	2002/03/26	152,272
2000/05/02	281,748	2001/04/17	347,521	2002/04/02	175,488
2000/05/09	197,844	2001/04/24	450,122	2002/04/09	230,831
2000/05/16	174,681	2001/05/01	383,079	2002/04/16	203,712
2000/05/23	199,762	2001/05/08	426,167	2002/04/23	170,719
2000/05/30	242,281	2001/05/15	502,818	2002/04/30	183,421
2000/06/06	198,160	2001/05/22	450,289	2002/05/07	181,521
2000/06/13	213,482	2001/05/29	511,827	2002/05/14	202,501
2000/06/20	320,248	2001/06/05	481,524	2002/05/21	247,875
2000/06/27	379,432	2001/06/12	422,792	2002/05/28	220,866
2000/07/04	401,884	2001/06/19	208,760	2002/06/04	231,152
2000/07/11	457,356	2001/06/26	367,810	2002/06/11	196,607
2000/07/18	533,955	2001/07/03	356,052	2002/06/18	198,885
2000/07/25	549,025	2001/07/10	333,279	2002/06/25	205,452
2000/08/01	551,582	2001/07/17	220,561	2002/07/02	277,632
2000/08/08	539,318	2001/07/24	268,334	2002/07/09	435,339
2000/08/15	401,776	2001/07/31	261,833	2002/07/16	645,267
2000/08/22	273,627	2001/08/07	284,380	2002/07/23	627,093
2000/08/29	292,634	2001/08/14	354,855	2002/07/30	509,728
2000/09/05	305,718	2001/08/21	361,143	2002/08/06	492,161
2000/09/12	479,655	2001/08/28	357,610	2002/08/13	329,481
2000/09/19	495,096	2001/09/04	357,605	2002/08/20	323,807
2000/09/26	401,441	2001/09/11	355,331	2002/08/27	370,926
2000/10/03	409,752	2001/09/18	241,800	2002/09/03	321,849
2000/10/10	375,328	2001/09/25	218,580	2002/09/10	378,286
2000/10/17	389,100	2001/10/02	229,255	2002/09/17	490,564
2000/10/24	406,060	2001/10/09	221,065	2002/09/24	419,413
2000/10/31	509,458	2001/10/16	235,610	2002/10/01	620,079
2000/11/07	576,269	2001/10/23	269,891	2002/10/08	543,404
2000/11/14	474,102	2001/10/30	384,701	2002/10/15	688,976
2000/11/21	426,635	2001/11/06	386,987	2002/10/22	730,437
2000/11/28	397,584	2001/11/13	401,245	2002/10/29	716,244
2000/12/05	402,966	2001/11/20	447,566	2002/11/05	668,506
2000/12/12	438,367	2001/11/27	492,528	2002/11/12	482,690

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA



**Cuadro II: Precios semanales del tomate primera calidad, en  
colones constantes base 2006, periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>
2002/11/19	370,787	2003/11/04	294,431	2004/10/19	559,756
2002/11/26	331,000	2003/11/11	319,078	2004/10/26	489,333
2002/12/03	514,403	2003/11/18	367,616	2004/11/02	521,288
2002/12/10	527,679	2003/11/25	505,920	2004/11/09	545,307
2002/12/17	464,868	2003/12/02	603,825	2004/11/16	464,335
2002/12/24	438,025	2003/12/09	629,478	2004/11/23	530,738
2002/12/31	301,039	2003/12/16	643,662	2004/11/30	753,318
2003/01/07	308,325	2003/12/23	400,347	2004/12/07	707,762
2003/01/14	440,586	2003/12/30	449,437	2004/12/14	671,590
2003/01/21	250,910	2004/01/06	450,409	2004/12/21	517,636
2003/01/28	291,719	2004/01/13	532,055	2004/12/28	454,758
2003/02/04	311,560	2004/01/20	537,892	2005/01/04	492,272
2003/02/11	256,879	2004/01/27	546,809	2005/01/11	421,302
2003/02/18	265,882	2004/02/03	554,528	2005/01/18	378,309
2003/02/25	283,694	2004/02/10	593,488	2005/01/25	379,380
2003/03/04	291,878	2004/02/17	562,099	2005/02/01	390,464
2003/03/11	305,933	2004/02/24	488,247	2005/02/08	413,069
2003/03/18	329,954	2004/03/02	407,044	2005/02/15	324,929
2003/03/25	291,665	2004/03/09	342,120	2005/02/22	431,757
2003/04/01	353,515	2004/03/16	302,488	2005/03/01	460,947
2003/04/08	289,445	2004/03/23	328,106	2005/03/08	519,058
2003/04/15	325,522	2004/03/30	310,466	2005/03/15	514,172
2003/04/22	292,695	2004/04/06	281,585	2005/03/22	476,012
2003/04/29	317,080	2004/04/13	447,551	2005/03/29	409,770
2003/05/06	305,148	2004/04/20	562,953	2005/04/05	363,940
2003/05/13	388,800	2004/04/27	450,384	2005/04/12	271,902
2003/05/20	384,549	2004/05/04	316,388	2005/04/19	346,511
2003/05/27	430,686	2004/05/11	275,455	2005/04/26	203,531
2003/06/03	406,083	2004/05/18	286,907	2005/05/03	218,242
2003/06/10	481,619	2004/05/25	299,179	2005/05/10	240,094
2003/06/17	529,965	2004/06/01	196,145	2005/05/17	293,320
2003/06/24	398,792	2004/06/08	197,011	2005/05/24	340,698
2003/07/01	356,492	2004/06/15	214,719	2005/05/31	378,425
2003/07/08	352,099	2004/06/22	276,049	2005/06/07	299,843
2003/07/15	452,527	2004/06/29	513,102	2005/06/14	225,344
2003/07/22	490,966	2004/07/06	503,471	2005/06/21	270,540
2003/07/29	513,050	2004/07/13	388,690	2005/06/28	307,359
2003/08/05	376,080	2004/07/20	233,046	2005/07/05	273,041
2003/08/12	349,362	2004/07/27	337,498	2005/07/12	529,902
2003/08/19	259,221	2004/08/03	248,361	2005/07/19	647,905
2003/08/26	220,692	2004/08/10	194,022	2005/07/26	703,638
2003/09/02	195,129	2004/08/17	224,528	2005/08/02	804,579
2003/09/09	166,431	2004/08/24	308,529	2005/08/09	748,675
2003/09/16	172,367	2004/08/31	264,889	2005/08/16	531,178
2003/09/23	158,423	2004/09/07	297,577	2005/08/23	501,063
2003/09/30	181,677	2004/09/14	344,239	2005/08/30	425,162
2003/10/07	223,910	2004/09/21	312,199	2005/09/06	432,822
2003/10/14	335,731	2004/09/28	349,572	2005/09/13	456,463
2003/10/21	343,202	2004/10/05	291,183	2005/09/20	414,732
2003/10/28	261,246	2004/10/12	371,449	2005/09/27	475,545

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Cuadro III: Precios semanales del tomate primera calidad, en  
colones constantes base 2006, periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>
2005/10/04	375,113	2006/09/19	305,627	2007/09/04	180,792
2005/10/11	445,808	2006/09/26	332,981	2007/09/11	263,614
2005/10/18	500,919	2006/10/03	309,460	2007/09/18	262,996
2005/10/25	529,906	2006/10/10	290,519	2007/09/25	369,110
2005/11/01	519,118	2006/10/17	433,738	2007/10/02	436,570
2005/11/08	475,748	2006/10/24	374,730	2007/10/09	547,553
2005/11/15	587,404	2006/10/31	361,495	2007/10/16	605,016
2005/11/22	710,648	2006/11/07	336,021	2007/10/23	395,256
2005/11/29	857,265	2006/11/14	428,717	2007/10/30	404,764
2005/12/06	936,830	2006/11/21	486,818	2007/11/06	595,351
2005/12/13	930,613	2006/11/28	491,278	2007/11/13	446,136
2005/12/20	437,568	2006/12/05	503,594	2007/11/20	514,184
2005/12/27	451,276	2006/12/12	433,007	2007/11/27	810,384
2006/01/03	379,456	2006/12/19	292,461	2007/12/04	875,015
2006/01/10	192,079	2006/12/26	556,384	2007/12/11	725,349
2006/01/17	154,110	2007/01/02	584,938	2007/12/18	622,569
2006/01/24	131,172	2007/01/09	605,729	2007/12/25	505,462
2006/01/31	125,825	2007/01/16	818,806	2008/01/01	327,070
2006/02/07	137,216	2007/01/23	784,026	2008/01/08	286,122
2006/02/14	198,627	2007/01/30	514,171	2008/01/15	193,372
2006/02/21	226,587	2007/02/06	451,658	2008/01/22	337,813
2006/02/28	208,144	2007/02/13	406,398	2008/01/29	427,070
2006/03/07	318,159	2007/02/20	306,527	2008/02/05	289,391
2006/03/14	279,879	2007/02/27	173,004	2008/02/12	430,441
2006/03/21	287,930	2007/03/06	196,320	2008/02/19	366,151
2006/03/28	286,888	2007/03/13	184,853	2008/02/26	202,469
2006/04/04	193,484	2007/03/20	207,038	2008/03/04	285,226
2006/04/11	237,793	2007/03/27	174,771	2008/03/11	186,785
2006/04/18	192,678	2007/04/03	224,255	2008/03/18	216,003
2006/04/25	222,484	2007/04/10	212,533	2008/03/25	203,891
2006/05/02	284,337	2007/04/17	164,900	2008/04/01	318,310
2006/05/09	265,245	2007/04/24	284,011	2008/04/08	407,507
2006/05/16	235,322	2007/05/01	325,629	2008/04/15	303,063
2006/05/23	175,030	2007/05/08	294,840	2008/04/22	382,958
2006/05/30	216,586	2007/05/15	398,019	2008/04/29	351,199
2006/06/06	312,650	2007/05/22	409,506	2008/05/06	380,292
2006/06/13	201,037	2007/05/29	370,423	2008/05/13	572,389
2006/06/20	212,561	2007/06/05	419,590	2008/05/20	691,914
2006/06/27	269,054	2007/06/12	461,681	2008/05/27	503,618
2006/07/04	317,310	2007/06/19	488,853	2008/06/03	224,232
2006/07/11	440,646	2007/06/26	593,698	2008/06/10	183,498
2006/07/18	476,857	2007/07/03	594,985	2008/06/17	317,650
2006/07/25	492,131	2007/07/10	518,922	2008/06/24	281,114
2006/08/01	317,618	2007/07/17	531,438	2008/07/01	392,967
2006/08/08	418,043	2007/07/24	359,163	2008/07/08	507,722
2006/08/15	386,166	2007/07/31	335,135	2008/07/15	341,444
2006/08/22	347,663	2007/08/07	287,775	2008/07/22	571,476
2006/08/29	340,721	2007/08/14	236,995	2008/07/29	509,207
2006/09/05	347,342	2007/08/21	242,434	2008/08/05	409,877
2006/09/12	335,471	2007/08/28	218,906	2008/08/12	369,322

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Cuadro IV: Precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>Precio</b>
2008/08/19	281,124	2009/08/04	256,529	2010/07/20	528,044
2008/08/26	298,268	2009/08/11	292,383	2010/07/27	627,663
2008/09/02	383,074	2009/08/18	182,377	2010/08/03	635,043
2008/09/09	469,970	2009/08/25	152,462	2010/08/10	629,506
2008/09/16	505,853	2009/09/01	150,836	2010/08/17	607,981
2008/09/23	348,002	2009/09/08	220,241	2010/08/24	613,185
2008/09/30	405,465	2009/09/15	216,132	2010/08/31	512,330
2008/10/07	409,201	2009/09/22	219,861	2010/09/07	365,521
2008/10/14	465,513	2009/09/29	215,126		
2008/10/21	522,790	2009/10/06	223,692		
2008/10/28	717,563	2009/10/13	240,418		
2008/11/04	555,003	2009/10/20	201,738		
2008/11/11	422,392	2009/10/27	217,230		
2008/11/18	618,675	2009/11/03	226,666		
2008/11/25	409,436	2009/11/10	305,090		
2008/12/02	285,212	2009/11/17	391,450		
2008/12/09	369,850	2009/11/24	385,156		
2008/12/16	279,442	2009/12/01	640,119		
2008/12/23	397,517	2009/12/08	830,818		
2008/12/30	337,388	2009/12/15	620,196		
2009/01/06	421,643	2009/12/22	621,033		
2009/01/13	457,856	2009/12/29	569,758		
2009/01/20	387,602	2010/01/05	473,282		
2009/01/27	328,026	2010/01/12	419,868		
2009/02/03	423,946	2010/01/19	378,657		
2009/02/10	483,811	2010/01/26	343,744		
2009/02/17	541,835	2010/02/02	411,602		
2009/02/24	571,393	2010/02/09	340,444		
2009/03/03	707,589	2010/02/16	270,354		
2009/03/10	742,249	2010/02/23	328,710		
2009/03/17	712,788	2010/03/02	341,042		
2009/03/24	563,977	2010/03/09	308,086		
2009/03/31	493,258	2010/03/16	373,212		
2009/04/07	470,500	2010/03/23	349,819		
2009/04/14	350,359	2010/03/30	352,765		
2009/04/21	272,777	2010/04/06	535,558		
2009/04/28	271,672	2010/04/13	297,069		
2009/05/05	235,177	2010/04/20	296,856		
2009/05/12	158,577	2010/04/27	255,954		
2009/05/19	131,313	2010/05/04	208,759		
2009/05/26	129,723	2010/05/11	319,892		
2009/06/02	176,853	2010/05/18	319,926		
2009/06/09	163,903	2010/05/25	289,229		
2009/06/16	168,345	2010/06/01	465,289		
2009/06/23	194,270	2010/06/08	444,326		
2009/06/30	192,406	2010/06/15	242,651		
2009/07/07	195,551	2010/06/22	308,325		
2009/07/14	196,250	2010/06/29	501,891		
2009/07/21	249,852	2010/07/06	483,901		
2009/07/28	372,789	2010/07/13	561,671		

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Anexo 2: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad (2000-2010)**

**Cuadro V: Primeras diferencias de los precios semanales del tomate primera calidad, en colones constantes base 2006, periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>
04/01/2000		2000/12/19	-48,7958	2001/12/04	82,6871
2000/01/11	1,0000	2000/12/26	-159,8601	2001/12/11	192,2369
2000/01/18	1,0000	2001/01/02	91,4198	2001/12/18	301,6584
2000/01/25	1,0000	2001/01/09	51,0729	2001/12/25	-180,0129
2000/02/01	1,0000	2001/01/16	12,2464	2002/01/01	-86,3949
2000/02/08	1,0000	2001/01/23	-140,2943	2002/01/08	291,8221
2000/02/15	1,0000	2001/01/30	44,9402	2002/01/15	-293,5707
2000/02/22	1,0000	2001/02/06	-78,9268	2002/01/22	-271,4369
2000/02/29	1,0000	2001/02/13	33,7985	2002/01/29	-1,8746
2000/03/07	1,0000	2001/02/20	126,1178	2002/02/05	23,5386
2000/03/14	1,0000	2001/02/27	40,6796	2002/02/12	-55,6982
2000/03/21	1,0000	2001/03/06	-73,1831	2002/02/19	-23,7711
2000/03/28	1,0000	2001/03/13	59,1613	2002/02/26	-84,3190
2000/04/04	1,0000	2001/03/20	-45,5174	2002/03/05	-135,2922
2000/04/11	1,0000	2001/03/27	74,8002	2002/03/12	-20,0117
2000/04/18	75,4691	2001/04/03	169,1479	2002/03/19	15,7967
2000/04/25	-111,6205	2001/04/10	-213,2124	2002/03/26	-95,6133
2000/05/02	-46,1993	2001/04/17	-34,4411	2002/04/02	23,2161
2000/05/09	-83,9048	2001/04/24	102,6013	2002/04/09	55,3421
2000/05/16	-23,1630	2001/05/01	-67,0431	2002/04/16	-27,1184
2000/05/23	25,0811	2001/05/08	43,0880	2002/04/23	-32,9933
2000/05/30	42,5193	2001/05/15	76,6511	2002/04/30	12,7025
2000/06/06	-44,1212	2001/05/22	-52,5293	2002/05/07	-1,9000
2000/06/13	15,3226	2001/05/29	61,5388	2002/05/14	20,9793
2000/06/20	106,7655	2001/06/05	-30,3036	2002/05/21	45,3742
2000/06/27	59,1838	2001/06/12	-58,7320	2002/05/28	-27,0087
2000/07/04	22,4520	2001/06/19	-214,0314	2002/06/04	10,2855
2000/07/11	55,4727	2001/06/26	159,0496	2002/06/11	-34,5442
2000/07/18	76,5987	2001/07/03	-11,7580	2002/06/18	2,2779
2000/07/25	15,0694	2001/07/10	-22,7730	2002/06/25	6,5669
2000/08/01	2,5575	2001/07/17	-112,7180	2002/07/02	72,1796
2000/08/08	-12,2636	2001/07/24	47,7733	2002/07/09	157,7069
2000/08/15	-137,5423	2001/07/31	-6,5012	2002/07/16	209,9277
2000/08/22	-128,1492	2001/08/07	22,5471	2002/07/23	-18,1732
2000/08/29	19,0075	2001/08/14	70,4751	2002/07/30	-117,3654
2000/09/05	13,0837	2001/08/21	6,2877	2002/08/06	-17,5672
2000/09/12	173,9374	2001/08/28	-3,5332	2002/08/13	-162,6792
2000/09/19	15,4405	2001/09/04	-0,0045	2002/08/20	-5,6748
2000/09/26	-93,6548	2001/09/11	-2,2747	2002/08/27	47,1190
2000/10/03	8,3110	2001/09/18	-113,5306	2002/09/03	-49,0767
2000/10/10	-34,4246	2001/09/25	-23,2204	2002/09/10	56,4372
2000/10/17	13,7724	2001/10/02	10,6758	2002/09/17	112,2776
2000/10/24	16,9602	2001/10/09	-8,1908	2002/09/24	-71,1508
2000/10/31	103,3974	2001/10/16	14,5456	2002/10/01	200,6658
2000/11/07	66,8118	2001/10/23	34,2809	2002/10/08	-76,6745
2000/11/14	-102,1677	2001/10/30	114,8097	2002/10/15	145,5722
2000/11/21	-47,4669	2001/11/06	2,2859	2002/10/22	41,4602
2000/11/28	-29,0507	2001/11/13	14,2580	2002/10/29	-14,1928
2000/12/05	5,3817	2001/11/20	46,3208	2002/11/05	-47,7375
2000/12/12	35,4012	2001/11/27	44,9625	2002/11/12	-185,8166

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Cuadro VI: Primeras diferencias de los precios semanales del  
tomate primera calidad, en colones constantes base 2006,  
periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>
2002/11/19	-111,9026	2003/11/04	33,1855	2004/10/19	188,3070
2002/11/26	-39,7868	2003/11/11	24,6469	2004/10/26	-70,4225
2002/12/03	183,4030	2003/11/18	48,5374	2004/11/02	31,9552
2002/12/10	13,2759	2003/11/25	138,3048	2004/11/09	24,0184
2002/12/17	-62,8110	2003/12/02	97,9043	2004/11/16	-80,9719
2002/12/24	-26,8428	2003/12/09	25,6533	2004/11/23	66,4028
2002/12/31	-136,9867	2003/12/16	14,1836	2004/11/30	222,5807
2003/01/07	7,2862	2003/12/23	-243,3151	2004/12/07	-45,5567
2003/01/14	132,2614	2003/12/30	49,0903	2004/12/14	-36,1718
2003/01/21	-189,6757	2004/01/06	0,9719	2004/12/21	-153,9543
2003/01/28	40,8084	2004/01/13	81,6463	2004/12/28	-62,8776
2003/02/04	19,8415	2004/01/20	5,8372	2005/01/04	37,5141
2003/02/11	-54,6816	2004/01/27	8,9164	2005/01/11	-70,9705
2003/02/18	9,0037	2004/02/03	7,7192	2005/01/18	-42,9923
2003/02/25	17,8114	2004/02/10	38,9600	2005/01/25	1,0705
2003/03/04	8,1839	2004/02/17	-31,3885	2005/02/01	11,0842
2003/03/11	14,0554	2004/02/24	-73,8519	2005/02/08	22,6055
2003/03/18	24,0213	2004/03/02	-81,2036	2005/02/15	-88,1406
2003/03/25	-38,2894	2004/03/09	-64,9239	2005/02/22	106,8281
2003/04/01	61,8500	2004/03/16	-39,6318	2005/03/01	29,1899
2003/04/08	-64,0698	2004/03/23	25,6174	2005/03/08	58,1109
2003/04/15	36,0763	2004/03/30	-17,6398	2005/03/15	-4,8856
2003/04/22	-32,8264	2004/04/06	-28,8811	2005/03/22	-38,1600
2003/04/29	24,3845	2004/04/13	165,9656	2005/03/29	-66,2417
2003/05/06	-11,9313	2004/04/20	115,4020	2005/04/05	-45,8305
2003/05/13	83,6517	2004/04/27	-112,5682	2005/04/12	-92,0378
2003/05/20	-4,2507	2004/05/04	-133,9965	2005/04/19	74,6093
2003/05/27	46,1364	2004/05/11	-40,9326	2005/04/26	-142,9803
2003/06/03	-24,6033	2004/05/18	11,4514	2005/05/03	14,7109
2003/06/10	75,5361	2004/05/25	12,2725	2005/05/10	21,8523
2003/06/17	48,3464	2004/06/01	-103,0341	2005/05/17	53,2261
2003/06/24	-131,1729	2004/06/08	0,8657	2005/05/24	47,3780
2003/07/01	-42,3003	2004/06/15	17,7088	2005/05/31	37,7267
2003/07/08	-4,3925	2004/06/22	61,3290	2005/06/07	-78,5825
2003/07/15	100,4274	2004/06/29	237,0539	2005/06/14	-74,4986
2003/07/22	38,4394	2004/07/06	-9,6313	2005/06/21	45,1964
2003/07/29	22,0837	2004/07/13	-114,7807	2005/06/28	36,8187
2003/08/05	-136,9696	2004/07/20	-155,6440	2005/07/05	-34,3176
2003/08/12	-26,7186	2004/07/27	104,4518	2005/07/12	256,8602
2003/08/19	-90,1404	2004/08/03	-89,1376	2005/07/19	118,0036
2003/08/26	-38,5294	2004/08/10	-54,3385	2005/07/26	55,7328
2003/09/02	-25,5622	2004/08/17	30,5062	2005/08/02	100,9405
2003/09/09	-28,6986	2004/08/24	84,0006	2005/08/09	-55,9032
2003/09/16	5,9363	2004/08/31	-43,6399	2005/08/16	-217,4978
2003/09/23	-13,9438	2004/09/07	32,6877	2005/08/23	-30,1148
2003/09/30	23,2534	2004/09/14	46,6624	2005/08/30	-75,9009
2003/10/07	42,2329	2004/09/21	-32,0406	2005/09/06	7,6597
2003/10/14	111,8217	2004/09/28	37,3737	2005/09/13	23,6418
2003/10/21	7,4703	2004/10/05	-58,3891	2005/09/20	-41,7315
2003/10/28	-81,9560	2004/10/12	80,2656	2005/09/27	60,8132

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Cuadro VII: Primeras diferencias de los precios semanales del  
tomate primera calidad, en colones constantes base 2006,  
periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>
2005/10/04	-100,4318	2006/09/19	-29,8441	2007/09/04	-38,1143
2005/10/11	70,6943	2006/09/26	27,3537	2007/09/11	82,8219
2005/10/18	55,1114	2006/10/03	-23,5212	2007/09/18	-0,6175
2005/10/25	28,9872	2006/10/10	-18,9405	2007/09/25	106,1138
2005/11/01	-10,7878	2006/10/17	143,2191	2007/10/02	67,4594
2005/11/08	-43,3700	2006/10/24	-59,0087	2007/10/09	110,9829
2005/11/15	111,6560	2006/10/31	-13,2352	2007/10/16	57,4638
2005/11/22	123,2438	2006/11/07	-25,4740	2007/10/23	-209,7601
2005/11/29	146,6165	2006/11/14	92,6969	2007/10/30	9,5081
2005/12/06	79,5657	2006/11/21	58,1010	2007/11/06	190,5865
2005/12/13	-6,2176	2006/11/28	4,4592	2007/11/13	-149,2151
2005/12/20	-493,0450	2006/12/05	12,3159	2007/11/20	68,0483
2005/12/27	13,7078	2006/12/12	-70,5865	2007/11/27	296,1997
2006/01/03	-71,8193	2006/12/19	-140,5459	2007/12/04	64,6312
2006/01/10	-187,3769	2006/12/26	263,9230	2007/12/11	-149,6657
2006/01/17	-37,9698	2007/01/02	28,5536	2007/12/18	-102,7799
2006/01/24	-22,9372	2007/01/09	20,7910	2007/12/25	-117,1077
2006/01/31	-5,3475	2007/01/16	213,0770	2008/01/01	-178,3919
2006/02/07	11,3914	2007/01/23	-34,7799	2008/01/08	-40,9473
2006/02/14	61,4102	2007/01/30	-269,8553	2008/01/15	-92,7502
2006/02/21	27,9603	2007/02/06	-62,5121	2008/01/22	144,4410
2006/02/28	-18,4426	2007/02/13	-45,2604	2008/01/29	89,2571
2006/03/07	110,0150	2007/02/20	-99,8706	2008/02/05	-137,6795
2006/03/14	-38,2805	2007/02/27	-133,5236	2008/02/12	141,0507
2006/03/21	8,0515	2007/03/06	23,3159	2008/02/19	-64,2900
2006/03/28	-1,0419	2007/03/13	-11,4671	2008/02/26	-163,6822
2006/04/04	-93,4042	2007/03/20	22,1853	2008/03/04	82,7571
2006/04/11	44,3089	2007/03/27	-32,2665	2008/03/11	-98,4417
2006/04/18	-45,1149	2007/04/03	49,4838	2008/03/18	29,2183
2006/04/25	29,8059	2007/04/10	-11,7219	2008/03/25	-12,1122
2006/05/02	61,8530	2007/04/17	-47,6333	2008/04/01	114,4197
2006/05/09	-19,0916	2007/04/24	119,1110	2008/04/08	89,1970
2006/05/16	-29,9233	2007/05/01	41,6178	2008/04/15	-104,4441
2006/05/23	-60,2922	2007/05/08	-30,7883	2008/04/22	79,8945
2006/05/30	41,5561	2007/05/15	103,1781	2008/04/29	-31,7586
2006/06/06	96,0643	2007/05/22	11,4871	2008/05/06	29,0928
2006/06/13	-111,6131	2007/05/29	-39,0825	2008/05/13	192,0973
2006/06/20	11,5237	2007/06/05	49,1668	2008/05/20	119,5249
2006/06/27	56,4935	2007/06/12	42,0906	2008/05/27	-188,2967
2006/07/04	48,2560	2007/06/19	27,1725	2008/06/03	-279,3851
2006/07/11	123,3358	2007/06/26	104,8454	2008/06/10	-40,7344
2006/07/18	36,2110	2007/07/03	1,2864	2008/06/17	134,1520
2006/07/25	15,2740	2007/07/10	-76,0629	2008/06/24	-36,5360
2006/08/01	-174,5127	2007/07/17	12,5160	2008/07/01	111,8534
2006/08/08	100,4250	2007/07/24	-172,2752	2008/07/08	114,7542
2006/08/15	-31,8778	2007/07/31	-24,0277	2008/07/15	-166,2779
2006/08/22	-38,5026	2007/08/07	-47,3597	2008/07/22	230,0324
2006/08/29	-6,9415	2007/08/14	-50,7801	2008/07/29	-62,2695
2006/09/05	6,6205	2007/08/21	5,4389	2008/08/05	-99,3292
2006/09/12	-11,8705	2007/08/28	-23,5278	2008/08/12	-40,5554

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

**Cuadro VIII: Primeras diferencias de los precios semanales del  
tomate primera calidad, en colones constantes base 2006,  
periodo 2000-2010**

<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>	<b>Semana</b>	<b>d Precio</b>
2008/08/19	-88,1983	2009/08/04	-116,2604	2010/07/20	-33,6270
2008/08/26	17,1446	2009/08/11	35,8535	2010/07/27	99,6197
2008/09/02	84,8055	2009/08/18	-110,0055	2010/08/03	7,3799
2008/09/09	86,8968	2009/08/25	-29,9147	2010/08/10	-5,5376
2008/09/16	35,8822	2009/09/01	-1,6266	2010/08/17	-21,5252
2008/09/23	-157,8504	2009/09/08	69,4052	2010/08/24	5,2045
2008/09/30	57,4627	2009/09/15	-4,1085	2010/08/31	-100,8553
2008/10/07	3,7363	2009/09/22	3,7286	2010/09/07	-146,8082
2008/10/14	56,3117	2009/09/29	-4,7346		
2008/10/21	57,2775	2009/10/06	8,5651		
2008/10/28	194,7726	2009/10/13	16,7266		
2008/11/04	-162,5599	2009/10/20	-38,6804		
2008/11/11	-132,6107	2009/10/27	15,4925		
2008/11/18	196,2824	2009/11/03	9,4356		
2008/11/25	-209,2391	2009/11/10	78,4236		
2008/12/02	-124,2240	2009/11/17	86,3604		
2008/12/09	84,6379	2009/11/24	-6,2936		
2008/12/16	-90,4076	2009/12/01	254,9621		
2008/12/23	118,0744	2009/12/08	190,6999		
2008/12/30	-60,1282	2009/12/15	-210,6226		
2009/01/06	84,2549	2009/12/22	0,8377		
2009/01/13	36,2130	2009/12/29	-51,2756		
2009/01/20	-70,2546	2010/01/05	-96,4763		
2009/01/27	-59,5761	2010/01/12	-53,4134		
2009/02/03	95,9205	2010/01/19	-41,2112		
2009/02/10	59,8647	2010/01/26	-34,9127		
2009/02/17	58,0246	2010/02/02	67,8578		
2009/02/24	29,5574	2010/02/09	-71,1582		
2009/03/03	136,1959	2010/02/16	-70,0904		
2009/03/10	34,6608	2010/02/23	58,3559		
2009/03/17	-29,4612	2010/03/02	12,3323		
2009/03/24	-148,8112	2010/03/09	-32,9562		
2009/03/31	-70,7195	2010/03/16	65,1259		
2009/04/07	-22,7574	2010/03/23	-23,3924		
2009/04/14	-120,1407	2010/03/30	2,9462		
2009/04/21	-77,5824	2010/04/06	182,7921		
2009/04/28	-1,1055	2010/04/13	-238,4882		
2009/05/05	-36,4945	2010/04/20	-0,2130		
2009/05/12	-76,6004	2010/04/27	-40,9021		
2009/05/19	-27,2636	2010/05/04	-47,1954		
2009/05/26	-1,5901	2010/05/11	111,1334		
2009/06/02	47,1303	2010/05/18	0,0336		
2009/06/09	-12,9500	2010/05/25	-30,6966		
2009/06/16	4,4414	2010/06/01	176,0601		
2009/06/23	25,9251	2010/06/08	-20,9635		
2009/06/30	-1,8635	2010/06/15	-201,6746		
2009/07/07	3,1445	2010/06/22	65,6743		
2009/07/14	0,6990	2010/06/29	193,5650		
2009/07/21	53,6024	2010/07/06	-17,9896		
2009/07/28	122,9372	2010/07/13	77,7698		

Fuente: Base de datos del PIMA-CENADA

### Anexo 3: Índice de precios al consumidor

**Cuadro IX: Índice de precios al consumidor, base2006.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	50,34	55,28	61,18	66,79	74,15	84,10	95,19	103,95	114,92	130,44	137,41
Febrero	51,07	55,92	61,45	67,33	75,11	85,02	96,04	104,31	116,20	131,02	138,35
Marzo	51,41	56,88	61,93	67,77	75,45	85,73	96,20	105,07	116,66	131,04	138,69
Abril	51,24	57,59	62,04	68,42	76,14	86,55	96,61	106,04	117,64	131,47	138,77
Mayo	51,19	57,99	62,43	68,78	76,65	87,73	98,14	107,14	119,89	131,30	139,49
Junio	51,89	58,15	62,83	69,24	77,47	88,13	99,08	107,75	121,56	131,53	139,83
Julio	52,57	58,50	63,75	69,80	78,48	89,26	100,00	108,75	124,16	132,73	140,27
Agosto	52,92	58,97	64,50	70,09	79,23	90,38	100,88	109,52	126,38	133,60	140,56
Septiembre	53,12	59,32	64,76	70,18	79,85	90,54	100,71	110,21	127,58	133,75	140,44
Octubre	53,45	59,32	65,19	71,00	80,45	91,66	100,90	110,84	128,91	134,06	
Noviembre	53,90	59,85	65,86	72,00	81,57	93,15	101,93	112,21	130,50	133,85	
Diciembre	54,53	60,50	66,36	72,91	82,48	94,09	102,96	114,09	129,95	135,21	
<b>Promedio</b>	<b>52,30</b>	<b>58,19</b>	<b>63,52</b>	<b>69,52</b>	<b>78,09</b>	<b>88,86</b>	<b>99,05</b>	<b>108,32</b>	<b>122,86</b>	<b>132,50</b>	<b>139,31</b>

Fuente: Base de datos del Banco Central de Costa Rica (BCCR)



## Bibliografía

AKIYAMA, TAKAMASA; VARANGIS, PANAYOTIS. 1989. Impact of the International coffee agreement's export quota system on the world's coffee market. International Economics Department. The World Bank. 64 p.

ALNASHWAN, SAAD. 2004. Import demand for fresh tomatoes and onions in Saudi Arabia. In partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia. 117 p.

ARCE, SILVIA E. 1995. Capacidad predictiva de un modelo de Box y Jenkins aplicado a una serie de tiempo de precios del café costarricense en el mercado internacional. *Agronomía costarricense*, 19 (2): 82-86.

ARSHAD, FATIMAH M. et CHAFFAR ROSLAN A.1986. Crude palm oil price forecasting: Box-Jenkins approach. *Pertanika* 9(3): 359-367.

ASSIS, K.; AMRAN A. et al. 2010. A comparison of Univariate Time Series Method for Forecasting Cocoa Bean Prices. *Trends in Agricultural Economics*, 3 (4): 207-215.

BARRANTES, RODRIGO.1999. Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cuantitativo y cualitativo, EUNED.

BCCR (BANCO CENTRAL DE COSTA RICA). 2010. Producto Interno Bruto por industria a precios constantes (en línea). Consultado abril 2010.

Disponible en [http://www.bccr.fi.cr/flat/bccr\\_flat.htm](http://www.bccr.fi.cr/flat/bccr_flat.htm)

BOLAÑOS, ALFREDO. 2007. Introducción a la olericultura. 2 reimp. San José. Costa Rica. UNED. 351 p.

BOYD, M; BRORSEN, BW. 1985. Dynamic relationship of weekly prices in the United States beef and pork marketing channels, *Canadian journal of agricultural economic*, (33): 331-42.

BOYD, M; BRORSEN B W. 1988. Price asymmetry in the US pork marketing channel. *North Central Journal of Agricultural Economics*, (10): 103-9.

CARDIEL, HORACIO. 1988. Time series forecasting of Mexican trade prices. Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy in natural resource economics, West Virginia University. 221 p.

CNP (CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN). 2010. Boletín numero 1-año 2010 (en línea). Consultado setiembre 2010. Disponible en: [www.cnp.go.cr](http://www.cnp.go.cr)

CNP (CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN). 2010. Boletín numero 3-año 2010 (en línea). Disponible en: [www.cnp.go.cr](http://www.cnp.go.cr)

CÉSPEDES, MANUEL G. 1995. "Estudio de factibilidad técnico y financiero para la instalación de una planta procesadora de tomate industrial en la provincia de Heredia". Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciado en Economía Agrícola. San José. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 236 p.

COLOMÉ, REINALDO et al. 2004. Un modelo para la proyección de precios agrícolas (en línea). Instituto de Economía y Finanzas (IEF), FCE, UNC. Consultado setiembre 2010.

Disponible en: [http://www.aaep.org.ar/espa/anales/works05/colome\\_ceballos\\_pirani.pdf](http://www.aaep.org.ar/espa/anales/works05/colome_ceballos_pirani.pdf)

CONSEJO UNIVERSITARIO (UNIVERSIDAD DE COSTA RICA). Reglamento de trabajos finales de graduación. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 8 p.

FLORES, ALLAN F; CAMPOS, MARIO L. 1996. Modelo para determinar la oferta y demanda mundial del banano. Seminario de graduación para optar por el grado de Licenciado en Economía. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 167 p.

GOLDBERGER, ARTHUR S. 1964. Econometric Theory, John Wiley and Sons, Nueva York, p. 1.

GUJARATI, DAMONAR. 2003. Econometría. Trad. DG Guerrero et al. 4ª. ed. México. McGraw-Hill. 972 p.

HERNÁNDEZ, SR; FERNÁNDEZ, CC; BAPTISTA, LP. 2003. Metodología de la investigación. 3ª. ed. México: McGraw-Hill.

IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA, CR). 1985. Redacción de referencias bibliográficas; normas oficiales del IICA. 3 ed. rev. San José, CR, CIDIA. 57 p.

LERMA, HÉCTOR D. 2003. Metodología de la Investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto. 2ª. ed. Bogotá: Ecoe Ediciones.

MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). Dirección Administrativa y Financiera (en línea). Consultado octubre del 2009.

Disponible

en:

[http://www.mag.go.cr/servicios/administrativos.html#HERMES\\_TABS\\_1\\_1](http://www.mag.go.cr/servicios/administrativos.html#HERMES_TABS_1_1)

MALINVAUD, E. 1996. Statistical Methods of Econometrics, Rand McNally, Chicago, p. 514.

MÉNDEZ, BELARDO. 2000. Cálculo de un índice de precios de insumos de productos agropecuarios: caso del tomate en el cantón de Grecia. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciado en Economía Agrícola. San José. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 80 p.

MÉNDEZ, CARLOS E. 2001. Metodología: diseño y desarrollo del proceso de investigación. 3<sup>a</sup>. ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

MOINEDDIN, RAHIM; UPSHUR, ROSS EG et al. 2003. Autoregression as a means of assessing the strength of seasonality in a time series. Population Health Metrics, 1 (10): 1-7.

MONTENEGRO, ENRIQUE; PICADO, MARIELA. 2007. Plan de negocios para la implementación de un modulo de producción y comercialización de almácigos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Híbrido FBM17, en los invernaderos de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). Proyecto final de graduación para optar por el grado de Magíster en Gerencia Agroempresarial. San José. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 110 p.

MÜLLER, MARTHA. 2000. Guía para la elaboración de tesis y consultorio gramatical. San José. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.

NARVÁEZ, ANTONIO. Modelos de determinación de precios agrícolas (en línea). Consultado setiembre 2010.

Disponible:

[http://www.google.co.cr/search?hl=es&q=MODELOS+DE+DETERMINACION+DE+PRECIOS+AGRICOLAS&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai=](http://www.google.co.cr/search?hl=es&q=MODELOS+DE+DETERMINACION+DE+PRECIOS+AGRICOLAS&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=)

PADILLA, LUZ E. 2001. Price and relationship in the Mexico–U.S. fresh tomato market. Department of agricultural and resource Economics. In partial fulfillment

of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Colorado State University. 137 p.

PARKIN, MICHAEL et al. 2006. Microeconomía: versión para América Latina. Ed. F. reyes. 2ª. ed. Estados Unidos. Pearson education de México S.A. de C.V.1191 p.

PARROTT, SCOTT D. 1997. An investigation of the effects of seasonality on marketing linkages in distribution channels for fresh produce. A dissertation presented for the Doctor of Philosophy Degree. The University of Tennessee, Knoxville.103 p.

PIMA-CENADA (PROGRAMA INTEGRAL DE MERCADEO AGROPECUARIO) (en línea). Consultado agosto 2010.

Disponible:

[http://www.pima.go.cr/Controls.aspx?control=Visor\\_ascx&id=16&entidad=CENADA](http://www.pima.go.cr/Controls.aspx?control=Visor_ascx&id=16&entidad=CENADA).

PINDICK, ROBERT S.; RUBINFELD, DANIEL L. 1991. Econometric model and economic forecast. Ed. S. D. Stratford; L. Richmond. 3ª. ed. McGraw-Hill, Inc. USA. 596p.

RAMÍREZ, OCTAVIO; FADIGA, MOHAMADOU. 2009. Forecasting agricultural commodity prices with asymmetric-error GARCH models. Journal of Agricultural and Resource Economics 28(1): 71-85.

RICHARDSON, PETER. W.1974. A short-run econometric analysis of the demand and import supply of a horticultural, good: tomatoes, Applied Economics (6): 157-169.

RODRÍGUEZ, GILBERTO. 1997. Evaluación del comportamiento del tomate I (*Lycopersicon esculentum*) en el CENADA, durante 1988-1995. Practica dirigida para optar por el grado de Licenciado en Economía Agrícola. San José. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 59 p.

ROMÁN, MARCELA; CORTEZ, OLMAN. 1995. Un modelo econométrico para el mercado mundial del maíz. Tesis para optar por el grado de Licenciado en Economía. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 101 p.

SAMUELSON, PA; KOOPMANS, TC; STONE, JRN. 1954. "Report of the Evaluative Committee for Econométrica", Econométrica, 22 (2): 141-146.

SAPAG, NASSIR; SAPAG, REINALDO. 2007. Proyectos de inversión, formulación y evaluación. Ed. M F Castillo.1ª. ed. Pearson education de México S.A. de C.V. 488 p.

SCHOEDER, TC; HAYENGA, ML. 1987. Short-Term vertical market price interrelationships for beef and pork, North central journal of agricultural economics, (9): 171-80.

SECRETARIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y POLÍTICA AMBIENTAL DEL MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE. Proyecciones de producción agricultura y ganadería (en línea). Argentina. Consultado setiembre 2010.

Disponible en:  
[http://www.google.co.cr/search?hl=es&q=PROYECCIONES+DE+DE+PRODUCCION+AGRICULTURA+Y+GANADERIA&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai=](http://www.google.co.cr/search?hl=es&q=PROYECCIONES+DE+DE+PRODUCCION+AGRICULTURA+Y+GANADERIA&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=)

SEGURA, BORIS; ZAMORA, RONNEY. 1990. Metodología de vinculación de precios internos con internacionales bajo mecanismos de protección comercial alternativos en el Sector de granos básicos: una aplicación para Costa Rica. Tesis de graduación para optar por el grado de Licenciado en Economía. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 268 p.

SEPSA (SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL AGROPECUARIA). 2009. Síntesis analítica situación y tendencias del sector agropecuario 2004-2008. San José, Costa Rica. 131 p.

SHAO, Q. 2009. Seasonality analysis of time series in partial linear models. 21 (7): 827-837.

WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. MICROECONOMÍA (en línea). Consultado junio 2010. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_precios](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_precios).

ZHENG, SHI. 2004. Measuring the welfare impact of asymmetric price transmission on U.S. food consumers. Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy. Purdue University. 135 p.