



Universidad Veracruzana

**Facultad de Estadística e informática**

**Región Xalapa**

**Especialización en Métodos Estadísticos**

**Relación entre los precios de las *commodities* y el gasto mensual en los  
productos de la canasta básica en México.**

**Reporte de aplicación  
para obtener el diploma de Especialista en  
Métodos Estadísticos**

**Presenta:**

**Xiomara Yolotzin Reyes López**

**Directora**

**Dra. Cecilia Cruz López**

**Co-director**

**Dr. Luis Enrique Gómez Medina**

**Agosto 2025**

**“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”**



# Universidad Veracruzana

Facultad de Estadística e informática  
Región Xalapa

Especialización en Métodos Estadísticos

*Nombre de la tesis*

*Relación entre los precios de las commodities y el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México*  
para obtener el diploma de Especialista en Métodos Estadísticos

Presenta:

Xiomara Yolotzin Reyes López

Directora

Dra. Cecilia Cruz López

Facultad de Estadística e Informática  
Xalapa

Co-director

Dr. Luis Enrique Gómez Medina

Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas  
Xalapa

Asesores

Dr. Angel Juan Sánchez García

Facultad de Estadística e Informática  
Xalapa

Mtro. Emmanuel Morales García

Facultad de Estadística e Informática  
Xalapa

Mtro. Zoylo Morales Romero

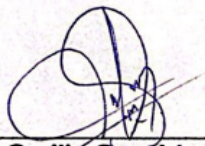
Facultad de Estadística e Informática  
Xalapa

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA


## Facultad de Estadística e Informática

El Comité Académico de la Especialización en Métodos Estadísticos y el director de este trabajo recepcional intitulado: **“Relación entre los precios de las commodities y el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México”**, autorizan la impresión y la constitución del jurado para la defensa.

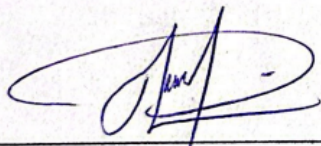
### COMITÉ ACADÉMICO



**Dra. Cecilia Cruz López**  
Coordinadora  
Especialización en Métodos Estadísticos



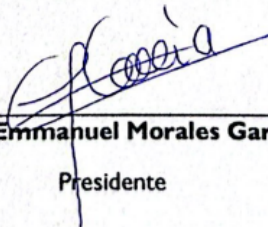
**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez**  
Director  
Facultad de Estadística e Informática



**Mtro. Zoylo Morales Romero**  
Secretario



**Dr. Ángel Juan Sánchez García**  
Vocal



**Mtro. Emmanuel Morales García**  
Presidente

GENERACIÓN: 2024-2025

SEDE: Xalapa

TÍTULO: Relación entre los precios de las commodities y el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México

AUTOR: Xiomara Yolotzin Reyes López

DIRECTOR: Dra. Cecilia Cruz Lòpez  
CO-DIRECTOR: Dr. Luis Enrique Gómez Medina

TIPO DE TRABAJO:

Reporte de aplicación

☒

Trabajo Practico-Educativo

☐

Desarrollo estadístico

☐

Monografía

☐

TIPO DE ESTUDIO:

Exploratorio	<input checked="" type="checkbox"/>	Retrospectivo	<input type="checkbox"/>
Descriptivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Prospectivo	<input type="checkbox"/>
Expostfaco o cuasiexperimental	<input type="checkbox"/>	Transversal	<input checked="" type="checkbox"/>
Experimental	<input type="checkbox"/>	Longitudinal	<input type="checkbox"/>

METODOLOGÍA ESTADÍSTICA:



A) Diseño:

Muestreo	<input type="checkbox"/>
Experimento	<input type="checkbox"/>
Estudio observacional	<input checked="" type="checkbox"/>

B) Análisis

Exploratorio	<input checked="" type="checkbox"/>
Descriptivo básico	<input checked="" type="checkbox"/>
Inferencia básica	<input type="checkbox"/>
Métodos multivariados	<input type="checkbox"/>
Regresión	<input type="checkbox"/>
ANOVA y ANCOVA	<input type="checkbox"/>
Control de calidad	<input type="checkbox"/>
Métodos no paramétricos	<input checked="" type="checkbox"/>
Modelos especiales	<input type="checkbox"/>
Técnicas avanzadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Series de tiempo	<input type="checkbox"/>





Universidad Veracruzana

**Especialización en Métodos Estadísticos**  
Facultad de Estadística e Informática

**Región Xalapa**

02 de julio del 2025

Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez  
Director de la Facultad de Estadística e Informática

Presente

Av. Xalapa s/n, Col.  
Obrero Campesina,  
CP.91020 Xalapa-  
Enriquez, Ver., México

Teléfono  
22-88-42-17-00

Conm. Ext.  
Ext. 14196

Correo electrónico  
cecruz@uv.mx  
eme@uv.mx

En mi calidad de Directora de Tesis de la C. **Xiomara Yolotzin Reyes López**, con número de matrícula S24019487, aspirante al grado de Especialista en Métodos Estadísticos, informo a usted que la antes citada ha finalizado el Proyecto de Investigación intitulado **“Relación entre los precios de las commodities y el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México”**, cumpliendo con los lineamientos oficiales establecidos por la Coordinación Académica del Posgrado.

De esta manera doy mi visto bueno para que la interesada continúe con el proceso de titulación.

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**Dra. Cecilia Cruz López**  
Directora

## Resumen

En los últimos años, las fluctuaciones en los precios de la *commodities* como el petróleo, los granos y cereales, han presentado un alza en los precios. Estos cambios se derivan de los desequilibrios entre la oferta y la demanda, conflictos bélicos y variaciones climáticas.

La presente investigación analiza la relación entre las fluctuaciones de precios de la *commodities* y el gasto mensual en productos de la canasta básica, con el fin de comprender su impacto en la seguridad alimentaria, la inflación y sostenibilidad en México.

Esta investigación emplea una metodología robusta que incluye un análisis clustering *PAM* para agrupar productos con comportamientos similares y un análisis de regresión para evaluar la relación entre los precios de las *commodities* y los productos de la canasta básica.

**Palabras claves:** *Commodities*, Canasta básica, Pobreza alimentaria, fluctuaciones.

## Dedicatoria

A mis amados padres **Fabiola y Efraín**, por ser mi refugio, mi fortaleza y por su amor. Ambos han sido una gran fuente de inspiración para seguir adelante en mi camino académico. Gracias por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la fe y la perseverancia.

A mis hermanos **Efraín y Alam**, por acompañarme con cariño y paciencia durante este proceso.

A mis abuelos, **María Luisa y Hernán**, a quienes llevo conmigo en el alma. Su amor sigue vivo en mi memoria y en cada paso que doy.

A mis fieles compañeros de vida, mis perritos: **Puppy, Nena y Frida**, quienes dejaron huellas eternas en mi corazón. Su presencia amorosa continua presente, en cada rincón de mi corazón.

Y a mi perrito **Pancho**, quien estuvo a mi lado cada noche de desvelo. Gracias por esperarme con paciencia.

## Agradecimientos

A quienes dejaron una huella imborrable:

A la **Dra. Cecilia Cruz López**, por su guía y paciencia en cada etapa de este logro académico. Gracias por su dedicación, por compartir su conocimiento con tanta claridad y acompañarme con compromiso y empatía. Su vocación docente, su calidez humana y su compromiso hacen de usted una persona excepcional, capaz de dejar huella y transformar vidas con acciones llenas de significado.

Al **Dr. Luis Enrique Gómez Medina**, quien desde mis primeros pasos universitarios fue una fuente de inspiración. Gracias por mostrar, con su ejemplo, que la disciplina, la pasión por el conocimiento y el compromiso con el aprendizaje son pilares esenciales para alcanzar las metas. Su influencia ha marcado de forma significativa mi camino académico y personal. Gracias por inspirarme a ser mejor cada día, con firmeza y humanidad.

A los docentes de la **Facultad de Estadística e Informática**, gracias por compartir su sabiduría y por alimentar mi deseo de superación.

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1: Diseño de la investigación</b>	<b>15</b>
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Pregunta de investigación general y específica	16
1.3 Objetivo general	16
1.3.1 Objetivos específicos	16
1.4 Justificación	17
<b>CAPÍTULO 2: Marco Teórico</b>	<b>20</b>
2.1 Antecedentes	20
2.2 <i>Commodities</i>	26
2.2.1 Metales preciosos e industriales	27
2.2.2 Combustibles	27
2.2.2 Productos agrícolas	28
2.2.4 Ganado	28
2.2.5 Exóticos y financieros	29
2.3 Factores que influyen en los precios de la <i>commodities</i>	30
2.4 Canasta básica en México	32
2.5 <i>Clustering</i>	37
2.6 <i>Clustering</i> particional	37
2.5.1 Algoritmo <i>k-means</i>	38
2.5.2 Algoritmo <i>k-medoids</i> o PAM	39
2.5.3 Índice de silueta	40
<b>CAPÍTULO 3: Metodología</b>	<b>42</b>
3.1 Hipótesis	42
3.2 Diseño del estudio y población	42
3.3 Fuentes de datos y variables de estudio	42
3.4 Operacionalización y selección de las variables	43



3.5	Diseño estadístico	45
3.5.1	Fase I: análisis exploratorio	45
3.5.2	Fase II: Análisis clúster	46
3.5.3	Fase III: análisis de regresión	47
<b>CAPÍTULO 4: Resultados y discusión</b>		<b>49</b>
4.1	Fase I: análisis exploratorio	49
4.2	Fase II: análisis clúster	80
4.3	Fase III: análisis de regresión	93
<b>Discusión</b>		<b>102</b>
<b>Conclusión</b>		<b>105</b>
<b>Bibliografía</b>		<b>106</b>
<b>Anexos</b>		<b>110</b>
	Árbol M5P para C.ACEI	111
	Árbol M5P para C.AGUA	112
	Árbol M5P para C.AZUC	113
	Árbol M5P para C.BEBL	114
	Árbol M5P para C.BISP	116
	Árbol M5P para C.BISR	117
	Árbol M5P para C.CERE	118
	Árbol M5P para C.CHOR	120
	Árbol M5P para C.COST	121
	Árbol M5P para C.FILE	122
	Árbol M5P para C.FRIJ	124
	Árbol M5P para C.GALL	126
	Árbol M5P para C.JAMP	127
	Árbol M5P para C.JUGO	129
	Árbol M5P para C.LECH	130
	Árbol M5P para C.MANZ	131
	Árbol M5P para C.MOLR	133

Árbol M5P para C.NARA	134
Árbol M5P para C.OAXA	135
Árbol M5P para C.PANB	136
Árbol M5P para C.PAND	137
Árbol M5P para C.PANS	139
Árbol M5P para C.PAST	140
Árbol M5P para C.PESC	141
Árbol M5P para C.PLAT	143
Árbol M5P para C.POLH	144
Árbol M5P para C.POLP	145
Árbol M5P para C.POLR	147
Árbol M5P para C.POLS	148
Árbol M5P para C.QUES	150
Árbol M5P para C.REFR	151
Árbol M5P para C.TORT	152

## Índice de Tablas

Tabla 1. Canasta básica urbana por grupo. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Variables del estudio. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Resumen estadístico de la base de datos. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Resultados de la prueba de normalidad. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Caracterización de productos de la canasta básica por mediana y coeficiente de variación.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Asignación de clúster por producto.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Estadísticos descriptivos por clúster.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. ANOVA para la mediana por clúster. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. ANOVA para el CV por clúster. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Validación de supuestos para el ANOVA. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la mediana. ...	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Resultados de la prueba de Dunn con corrección de Holm para la mediana.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13. Resultados de la prueba LSD para CV por clúster. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14. Interpretación por clúster.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15. Modelos de regresión para productos de la canasta básica y clúster asignado. ....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. Modelos de regresión con coeficiente de determinación menor a 0.6 .....	¡Error! Marcador no definido.

## Índice de Figuras

Figura 1. Características principales de las <i>commodities</i> . ....	26
Figura 2. Clasificación de los metales preciosos e industriales.....	27
Figura 3. Clasificación de los productos agrícolas .....	28
Figura 4. Clasificación de las <i>commodities</i> en exóticos y financieros. ....	29
Figura 5. Factores que influyen en los precios de las <i>commodities</i> .....	30
Figura 6. Funcionamiento del método clúster <i>k-means</i> .....	39
Figura 7. Funcionamiento del método clúster <i>k-medoids</i> . ....	40
Figura 8. Fases metodológicas del estudio. ....	45
Figura 9. Fases metodológicas del análisis exploratorio de datos. ....	45

Figura 10. Estrategia de aplicación del análisis clúster. ....	46
Figura 11. Distribución de los precios del mercado internacional de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA.....	52
Figura 12. Distribución de los precios de Productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica. ....	54
Figura 13. Distribución de los precios de productos cárnicos y embutidos de la canasta básica. ....	56
Figura 14. Distribución de los precios del pescado fresco y procesado de la canasta básica. ....	58
Figura 15. Distribución de los precios de productos derivados de la leche y el huevo de la canasta básica. ....	59
Figura 16. Distribución de los precios de frutas y verduras de la canasta básica.....	60
Figura 17. Distribución de los precios de bebidas no procesadas de la canasta básica.....	62
Figura 18. Boxplots de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA. ....	63
Figura 19. Boxplots de los precios de Productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica.....	65
Figura 20. Boxplots de los precios de productos cárnicos y embutidos de la canasta básica. ....	67
Figura 21. Boxplots de los precios del pescado fresco y procesado de la canasta básica. ....	69
Figura 22. Boxplots de los precios de productos derivados de la leche y del huevo en la canasta básica.....	70
Figura 23. Boxplots de los precios de frutas y verduras frescas de la canasta básica. ....	72
Figura 24. Boxplots de los precios de bebidas no procesadas de la canasta básica. ....	74
Figura 25. Matriz de correlación de Pearson de los índices de precios globales y de los precios de los productos de la canasta básica. ....	76
Figura 26. Matriz de correlación de Spearman de los índices de precios globales y de los precios de los productos de la canasta básica ....	77
Figura 27. Boxplot de mediana y CV (sin estandarizar) de los productos de la canasta básica. ....	82
Figura 28. Índice de la silueta para distintos números de clúster, método PAM con distancia euclídea.....	83
Figura 29. <i>Clustering</i> PAM a partir de la distancia euclídea, de los productos de la canasta básica. ....	84
Figura 30. Boxplot de distribución de la mediana por clúster (PAM-euclídea).....	87

Figura 31. Boxplot de distribución del CV por clúster (PAM-euclídea).....	88
Figura 32. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para la tortilla.....	96
Figura 33. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para la leche. ....	98
Figura 34. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para el bistec de res.....	100

## Introducción

Actualmente el mundo se enfrenta a una crisis agrícola, cuya causa radica en el cambio climático. Los frecuentes cambios de temperatura que se han presentado en los últimos años han originado pérdidas económicas debido a las perturbaciones que frenan el rendimiento de los sectores productivos. Como resultado de lo anterior, la desigualdad en la sociedad incrementa, limitando el acceso de los productos básicos alimentarios.

Durante el año 2020, el Banco de Pagos Internacionales (BPI), acuñó el término “Cisne Verde” con la finalidad de precisar los riesgos que plantea el cambio climático, ya que con el aumento de las temperaturas los niveles de producción agrícola han disminuido (Tecnológico de Monterrey , 2024).

Tras esta problemática, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), adopta la Agenda 2030, la cual se creó con la intención de asegurar el desarrollo inclusivo y sostenible de la población mundial.

La agenda se encuentra conformada por 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS), los cuales están definidos por estrategias y metas para abordar los desafíos económicos, políticos, sociales y ambientales del mundo (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015)

Los ODS que son directamente relevantes para el propósito de este estudio son (ONU, 2015):

- ODS 1 “Fin de la pobreza”, el cual tiene por objetivo garantizar a los individuos los servicios básicos de: salud, educación y vivienda.
- ODS 2 “Hambre y seguridad alimentaria”, su objetivo es garantizar que las personas tengan acceso a alimentos suficientes, seguros y nutritivos.

Por tanto, el objetivo de la presente investigación es identificar la relación de los precios de las *commodities* con el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México en el periodo del 2013-2023.

# CAPÍTULO 1: Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo identificar la relación entre los precios de las *commodities* y el gasto mensual en los productos de la canasta básica. El interés por desarrollar esta investigación surge derivado de que existen modelos económicos y modelos teóricos (como la transmisión de precios internacionales a mercados locales) que sugieren una relación entre las variables en cuestión. Sin embargo, no existe una investigación práctica que acredite de forma específica la relación de los precios de la Canasta Básica en México y las *commodities* del mercado internacional.

## 1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, la economía mundial ha presentado importantes fluctuaciones en los precios de las *commodities* especialmente en los mercados del petróleo, de granos y de alimentos perecederos. Estas fluctuaciones se derivan de los desequilibrios en la oferta y la demanda, de los conflictos bélicos, de las variaciones climáticas, entre otros factores que afectan la disponibilidad y el precio de las *commodities*.

Los efectos de estas fluctuaciones impactan significativamente en el costo de vida de los mexicanos, ya que inciden directamente en las economías doméstica al incrementar los precios de los productos que conforman la canasta básica. Esta situación afecta directamente a hogares en situación de vulnerabilidad, donde el 18.2% de los mexicanos vive en pobreza alimentaria. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 2023a)

Si bien existen investigaciones que analizan el mercado de las *commodities* en la economía mexicana, no se han realizado investigaciones que utilicen herramientas estadísticas avanzadas, como el análisis clúster y el algoritmo M5P, para examinar la relación entre los precios de los productos de la canasta básica y los índices de precios de las *commodities*.

La falta de este análisis impide comprender a profundidad como los cambios en los mercados internacionales afectan la estabilidad económica interna y la formación de precios

locales, por lo que es necesario determinar la magnitud y la naturaleza de la relación entre los índices de precios de las *commodities* y el gasto mensual de la canasta básica en México.

## **1.2 Pregunta de investigación general y específica**

¿Cuál es la relación entre el comportamiento de los índice de precios de las *commodities* y el gasto de los productos de la canasta básica en México durante el periodo 2013- 2023?

Derivado de lo anterior surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo ha sido el comportamiento de los precios de las *commodities* y los productos de la canasta básica?
- ¿Es posible clasificar los productos de la canasta básica de acuerdo con la magnitud de su gasto y variabilidad?
- ¿Existe una relación entre la variación del precio de las *commodities* y el gasto mensual de los productos de la canasta básica?

## **1.3 Objetivo general**

Identificar la relación entre el gasto mensual promedio en los productos de la canasta básica en México en el periodo del 2013-2023 y los índices de precios de las *commodities*.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Describir el comportamiento de los precios de las *commodities* y de la canasta básica.
- Clasificar los productos de la canasta básica de acuerdo con su variabilidad y magnitud del gasto promedio.
- Determinar la relación entre los precios de las *commodities* y los productos de la canasta básica.



## 1.4 Justificación

La relevancia de la presente investigación radica en el abordaje de un problema crítico que afecta a México: la pobreza alimentaria. De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social (CONEVAL, 2023b), el 18.2% de la población en el país se encuentra en situación de pobreza alimentaria.

La teoría de la “jerarquía de las necesidades” de Maslow menciona que las necesidades humanas se encuentran organizadas jerárquicamente, en donde las fisiológicas ocupan el primer nivel, estas se definen como aquellas necesidades básicas para el ser humano: la alimentación, el descanso y la reproducción (Golovina et al., 2013).

Una vez cubiertas las necesidades principales es posible dar cumplimiento a la satisfacción de necesidades superiores, por tanto, si las necesidades básicas no se ven cubiertas de manera satisfactoria, el nivel de bienestar de los individuos desciende a tal grado de afectar la productividad, la motivación, el desarrollo físico y mental de los individuos, repercutiendo de manera negativa en la construcción de sociedades más equitativas y justas.

La pobreza alimentaria es una manifestación de las desigualdades estructurales. El acceso limitado a una alimentación adecuada afecta la salud física y mental de las personas. También limita las oportunidades de desarrollo individual y colectivo. Por ello, esta investigación es útil para plantear soluciones que mejoren la calidad de vida de la población mexicana y promuevan un desarrollo equitativo.

Los beneficiarios directos de esta investigación incluyen a la población en situación de pobreza alimentaria, quienes mejorarían sus condiciones de vida a través de políticas públicas efectivas. Asimismo, la comunidad académica y científica se beneficiará de los resultados, los cuales podrán ser empleados en futuros estudios sobre la pobreza, la desigualdad y la seguridad alimentaria.

Además, los tomadores de decisiones y diseñadores de políticas públicas podrán emplear los resultados como para la implementación de medidas efectivas, beneficiándose al contar con información precisa y propuestas concretas para el diseño de políticas públicas

efectivas con información basada en evidencia. De igual manera, se podrán prevenir y mitigar crisis alimentarias, focalizar los recursos y los programas sociales en México.

Desde una perspectiva social, esta investigación es relevante porque aborda una problemática que impacta directamente sobre el bienestar y la calidad de millones de personas. La pobreza alimentaria, no solo afecta la salud física y mental de los individuos, sino que limita las oportunidades de desarrollo y da continuidad a ciclos de desigualdad.

Desde una perspectiva profesional, esta investigación representa una oportunidad para el enriquecimiento del conocimiento en el campo de la economía, las políticas públicas y los estudios sociales. La aplicación de técnicas estadísticas permitirá identificar relaciones importantes entre los precios de las *commodities* y el gasto promedio mensual de la canasta básica obteniendo conclusiones robustas que respalden la toma de decisiones informadas.

En lo que respecta al enfoque económico, esta investigación es relevante porque la pobreza alimentaria representa una barrera para el desarrollo económico. La desnutrición y el acceso limitado a las fuentes de alimentación afectan directamente la productividad laboral y la formación de capital humano, lo que se traduce en pérdidas económicas.

Los costos asociados a la malnutrición pueden alcanzar un 6.4% del PIB. Otros factores asociados como: la volatilidad en los precios de las *commodities*, agravan el problema, el encareciendo los precios de los productos de consumo básico afectando directamente a los hogares con menor ingreso. Es por ello por lo que esta investigación no solo busca proporcionar evidencia para el diseño de políticas públicas, sino también busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible. ((FAO), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), (CEPAL) y Programa Mundial de Alimentos (PMA), 2024).

A nivel personal, esta investigación representa una oportunidad para contribuir al bienestar social y el desarrollo de soluciones concretas. Desarrollando habilidades analíticas de investigación y pensamiento crítico. La contribución al bien común es un elemento motivador que enriquece la experiencia personal y profesional del investigador.

De esta manera, esta investigación ofrece un marco analítico que vincula los precios de las *commodities* y los precios de los productos de la canasta básica en México, sino que también

proporciona evidencias sólidas para diseñar planes o estrategias que aborden adecuadamente las raíces estructurales de la pobreza alimentaria.

## CAPÍTULO 2: Marco Teórico

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Volatilidad y contagio de los precios de las commodities

Dai y Wu (2024), emplearon un enfoque DCC-GARCH combinado con el modelo TVP-VAR para calcular la conectividad del riesgo y el modelo GARCH-MIDAS para explorar cómo los choques del petróleo afectan los efectos de derrame de riesgo entre los mercados de *commodities*.

Los resultados sugieren que existen derrames de riesgo significativos entre los mercados de *commodities* con importantes características variables en el tiempo y con cambios bruscos en tiempos de crisis. Los mercados de metales industriales, agricultura, metales preciosos y energía ligera son receptores de riesgo, mientras que los mercados de energía y ganadería son transmisores de riesgo.

González Sánchez y Torres Preciado (2023), estudiaron los precios internacionales de la urea, el petróleo y el maíz, estimando y analizando dos modelos de volatilidad multivariada a partir de datos mensuales provenientes del Banco Mundial, de enero de 2001 a diciembre de 2022. Emplearon la causalidad de Granger y estimaron un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para rendimientos de precios; cuyos residuos fueron empleados para estimar dos modelos GARCH multivariados, tales como el VECH y el BEKK diagonales.

Los resultados indicaron que los precios internacionales del maíz amarillo dan lugar a la formación de precios para la urea y el petróleo West Texas Intermediate (WTI), y que los mercados en orden decreciente de volatilidad son el de la urea, el del maíz y por último el del petróleo.

Los contagios de volatilidad de precios más altos se dan entre los mercados del maíz y la urea; seguido de la urea y el petróleo, y por último el mercado del petróleo WTI y el maíz. Se concluyó que debido a la alta dependencia que México tiene de dichos productos,

el país se ve afectado por presiones inflacionarias derivadas de la importación de estos, y también por el contagio de volatilidad o riesgo de mercados.

Wang et al. (2022), evaluaron la transmisión rendimientos y volatilidad en el contexto de la guerra entre Rusia y Ucrania, referente a *commodities*. El derrame de volatilidad aumentó al 85%, superando el nivel durante la pandemia. El petróleo crudo se convirtió en el principal transmisor de derrames de rendimientos, mientras que el trigo y la soja se convierten en receptores de estos derrames.

La plata, el oro, el cobre, el platino, el aluminio y el azúcar se convirtieron transmisores de volatilidad. Los resultados permitieron concluir que el riesgo geopolítico es la causa Granger de los índices de derrame y que los altos niveles de derrames de rendimientos y volatilidad se asocian niveles altos de riesgo geopolítico.

Fang y Shao (2022), construyeron un índice para medir la intensidad del conflicto Rusia-Ucrania y examinar en qué medida y a través de qué canales afecta el riesgo de volatilidad en los mercados de *commodities*. Los resultados mostraron que la intensificación del conflicto Rusia-Ucrania aumentó la volatilidad de los mercados agrícolas, metálicos y energéticos, afectando dichos mercados a través de canales económicos y financieros. Cuanto mayor es la participación de mercado global de un *commodity* exportado por Rusia, mayor fue el riesgo de volatilidad, el pánico de los inversores y la política monetaria de los principales bancos centrales amplificaron el impacto del conflicto Rusia-Ucrania. Los mercados de *commodities* son más volátiles cuando el conflicto Rusia-Ucrania se intensifica en períodos en los que las reservas de divisas de Rusia son altas.

Doporto Miguez y Michelena (2011) investigaron el fenómeno de la volatilidad en los precios de los *commodities*, analizando su relación con los mercados financieros. A partir de una revisión de la literatura, concluyeron que la evidencia disponible no proporciona una respuesta definitiva sobre este vínculo.

En su estudio, presentaron un modelo econométrico para identificar los principales factores que influyen en la volatilidad de productos como el maíz, trigo, sorgo, arroz, habas de soja, aceite de soja y aceite de girasol. Entre los factores más relevantes que encontraron

se incluyen: la volatilidad en la inflación y las tasas de interés en los Estados Unidos, los efectos climáticos relacionados con las corrientes del Océano Pacífico, el crecimiento de las economías de los países emergentes y los niveles de inventarios disponibles.

### **2.1.2 Relación entre precios internacionales y nacionales**

César y Benítez (2021), llevaron a cabo un estudio con un enfoque en series de tiempo, analizando el periodo comprendido entre enero de 2002 y junio de 2020. En su trabajo, estimaron la variación porcentual (VP) del índice nacional de precios al consumidor (VPINPC), los precios de la canasta alimentaria rural y urbana (VPPCA), así como el salario mínimo general (VPSMG) de México.

El objetivo principal fue explicar la diferencia existente entre el salario mínimo y evaluar su efecto cuando se encuentra por encima o por debajo de la VPINPC y VPPCA en México. Los resultados mostraron que, hasta 2015, el salario mínimo solo compensaba parcialmente el aumento de los precios, pero en los últimos años (2019 y 2020), los incrementos significativos en el salario mínimo nominal (16% y 20%) fueron cruciales para reducir la brecha entre el salario mínimo real. Además, realizaron una predicción del INPC utilizando un modelo de componentes no observables y el modelo estacional autorregresivo integrado de media móvil (UCM y SARIMA).

El modelo SARIMA (2,1,0) (0,1,1) con un periodo estacional de 12 meses fue el más adecuado, ya que presentó bajos valores de la raíz del error cuadrático medio (RECM), coeficientes significativos, un nivel de confianza del 95%, y valores bajos en los criterios de información de Akaike (AIC) y Schwarz (SBC).

Para analizar el impacto de diversas intervenciones sobre la VPINPC, utilizaron también un modelo SARIMA, cuyos resultados revelaron cambios en la serie debido a crisis económicas y aumentos en los precios de energéticos y combustibles, con efectos notables en marzo de 2008, enero de 2010 y enero de 2017, así como un descenso en abril de 2020 por la pandemia de COVID-19.

Seguiel Aguilar (2020), analizó la evolución de los mercados de arroz, maíz y trigo en Chile durante el periodo 2010-2020, utilizando datos sobre producción, consumo, importaciones, exportaciones y precios tanto nacionales como internacionales. El análisis de tendencias se llevó a cabo mediante el método de mínimos cuadrados, mientras que para identificar cambios estructurales se aplicó la prueba de Chow.

Los resultados indicaron que, en general, la producción, el consumo, las importaciones y las exportaciones globales han mostrado un crecimiento, aunque con ciertos periodos de disminución, los cuales fueron atribuibles principalmente a fenómenos y alteraciones climáticas. Además, se observó que los precios nacionales están fuertemente influenciados por las fluctuaciones de los precios internacionales.

Granados Sánchez (2020), examinó el comportamiento de los precios del arroz, maíz y trigo en México, analizando su vínculo con los precios internacionales, la volatilidad observada y la transmisión de esta volatilidad hacia los precios internos. Para realizar este análisis, utilizó herramientas estadísticas y econométricas, aplicando modelos de alta varianza, así como las pruebas de causalidad de Granger y la cointegración de Granger y Johansen.

Los resultados indicaron que, en los años noventa, la relación entre los precios internacionales y nacionales era del 18%, lo que reflejaba una menor influencia de los precios internacionales sobre los precios internos. Sin embargo, entre 2000 y 2010, esta relación aumentó significativamente al 85%, alcanzando su punto máximo entre 2006 y 2008, con una correlación del 99%. A partir de 2010, con la caída de los precios, esta relación se redujo al 12%. Además, todos los precios analizados presentaron periodos de alta volatilidad.

En particular, los precios internos del arroz y el maíz experimentaron fluctuaciones más amplias, lo que implicó una mayor incertidumbre y un ajuste más lento a las condiciones del mercado internacional. El análisis también mostró que el modelo GARCH fue el que mejor explicó las variaciones de los precios de los cereales. Finalmente, el estudio concluyó que, desde la implementación del TLCAN, los precios de los cereales en México se han visto más afectados por los precios internacionales, lo que ha influido en las tendencias y variaciones de los precios, impactando la estructura productiva de los cereales en el país.

### **2.1.3 Impacto de la volatilidad en seguridad alimentaria**

Granados et al.(2022), analizaron cómo la volatilidad en los precios de los granos básicos, arroz, maíz y trigo, influyen sobre la seguridad alimentaria, empleando modelos de varianza condicional heterocedástica: simétricos y asimétricos. Se obtuvo evidencia de que, ante un escenario internacional volátil, los precios de granos básicos a nivel nacional se elevarán, repercutiendo de manera negativa, pues los precios finales de los productos procesados se elevarán y la población tendrá mayor dificultad para adquirir alimentos a precios bajos.

Granados et al. (2022), evaluaron si los precios del frijol presentan volatilidad y su influencia en la seguridad alimentaria, aplicando modelos simétricos y asimétricos de la familia ARCH a tres variedades de frijol en ocho mercados mexicanos. Los resultados mostraron una alta volatilidad en frijol pinto y negro, mayor en los mercados locales, comparada con los casos en los que el producto tiene diferente punto de origen y destino, impactando dicha volatilidad en las decisiones de consumo de la población de recursos más bajos.

Cornejo et al. (2022), cuantificaron la influencia del incremento de las cotizaciones internacionales de *commodities* de alimentos y de energía, y la depreciación de la moneda en Perú, en el escenario posterior a la pandemia de COVID-19, utilizando la perspectiva bayesiana de series de tiempo multivariadas.

Los resultados arrojaron una que las cotizaciones internacionales de *commodities* de alimentos y de energía, y del tipo de cambio, influyeron en el episodio de alta inflación registrado durante la segunda mitad de 2021, asociándose dicho suceso al impacto de dichos precios sobre los costos de producción nacionales mediante el encarecimiento de distintos insumos importados.

Ortega Allan (2011) examinó las presiones globales sobre los precios de los *commodities* alimentarios y sus impactos en la capacidad de consumo de la población en Chile. En su estudio, se identificaron las principales causas que están impulsando el aumento de los precios de los alimentos. Posteriormente, utilizando canastas fijas de consumo



obtenidas de la Encuesta de Presupuestos Familiares, calculó cuánto aumentaría el gasto en alimentos de cada quintil frente a los incrementos de precios previstos.

Los resultados indicaron que los quintiles más bajos serían los más perjudicados, lo que reduciría el ingreso disponible para otros bienes. Al enfocarse en los costos de la canasta básica alimentaria, se estimó que para fin de año el gasto se incrementaría a \$34.037 pesos, lo que generaría un aumento de la pobreza urbana en un 1,5% en Chile. Finalmente, se evaluó el impacto del terremoto de febrero de 2011 sobre la pobreza, así como el efecto que tendría el aumento proyectado en los precios de los alimentos sobre la población.

Los resultados mostraron que el terremoto incrementó la pobreza en más de un 3%, mientras que el alza de los precios de los alimentos elevaría la pobreza en casi un 2% para finales de 2011.

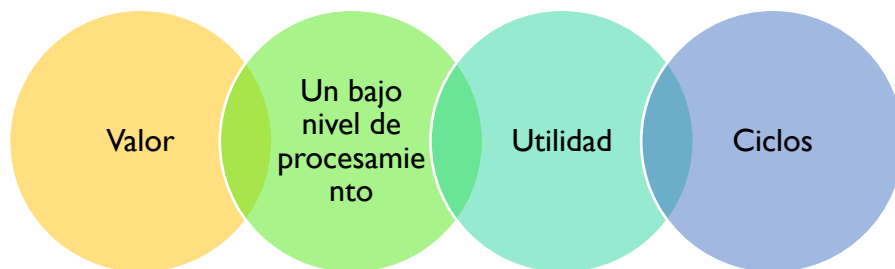
#### **2.1.4 Análisis de la volatilidad en contextos específicos**

Mora Rivera et al. (2014), analizaron la volatilidad de los precios de productos agrícolas en los mercados internacionales, enfocándose en cómo se ve afectada la dinámica de dos índices de precios de productos agrícolas (cereales y aceites) por la contaminación entre ellos. Para este estudio, utilizaron datos mensuales y modelos GARCH multivariados.

Los resultados mostraron que los precios de estos productos están fuertemente correlacionados, y que esta correlación ha aumentado en los últimos años. Esto sugiere que la interrelación entre los mercados de productos agrícolas se ha intensificado, lo que implica una mayor transmisión y contaminación entre ellos a un ritmo más rápido.

## 2.2 *Commodities*

La palabra *commodities* es definida por la Real Academia Española (RAE) como las materias primas o productos básicos que pueden ser objeto de comercialización en el mercado financiero (RAE, 2024).



**Figura 1. Características principales de las *commodities*.**

Fuente: Elaboración propia

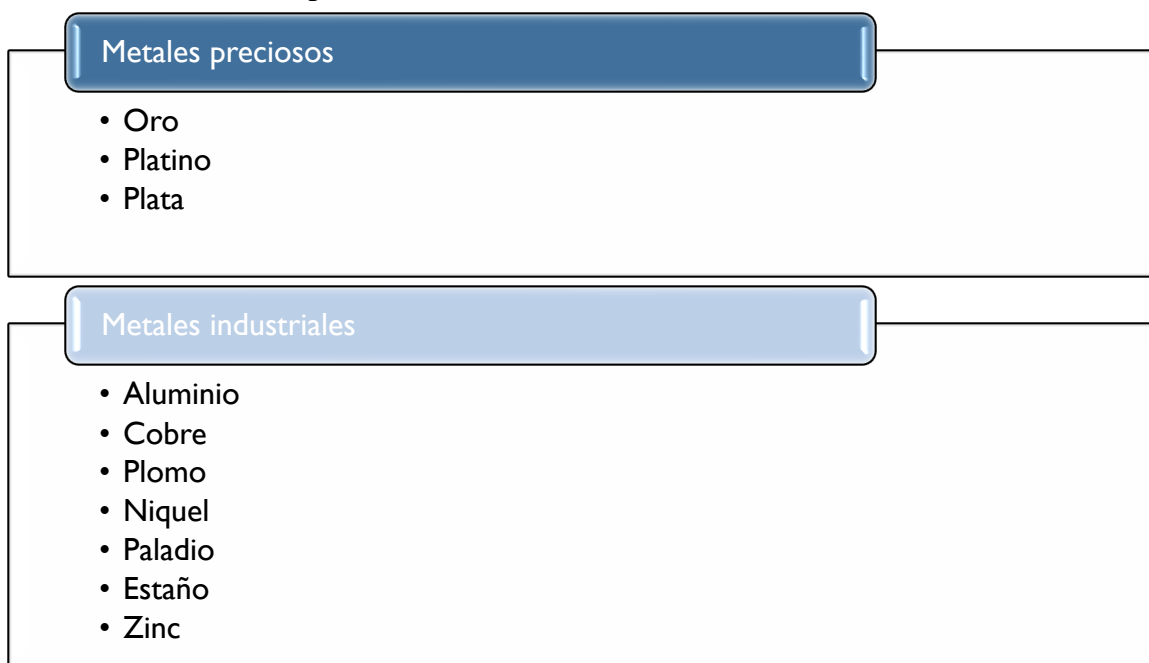
Las *commodities* se caracterizan por tener un valor, un bajo nivel de procesamiento, una utilidad y son cíclicos (véase Figura 1):

- El valor, porque son bienes con demanda global y son comercializados en el mercado internacional.
- El bajo nivel de procesamiento, al ser productos básicos requieren un nivel bajo de procesamiento industrial para ser comercializados.
- La utilidad, porque tiene un amplio uso práctico para el sector industrial (combustibles, tecnología y construcción).
- Cíclicos porque son influidos por factores económicos y estacionales.

En resumen, los *commodities* son los recursos que los humanos utilizan para crear un mundo habitable. Los seres humanos han estado explotando los recursos naturales de la Tierra desde el principio de los tiempos, usando productos agrícolas para alimentarse, metales para construir armas y herramientas, y energía para mantenerse (Bouchentouf, 2023). El mercado

global es vasto, con muchos *commodities* diferentes. Los *commodities* se clasifican en uno de seis sectores principales: metales, combustibles energéticos, productos agrícolas, ganado, exóticos y financieros. Dentro de ciertas clases de *commodities*, estas se dividen y clasifican en grupos sectoriales, como metales preciosos y metales industriales (Frush, 2008).

### 2.2.1 Metales preciosos e industriales



**Figura 2. Clasificación de los metales preciosos e industriales.**

Fuente: Elaboración propia con información de Bouchentouf (2023) y Frush (2008).

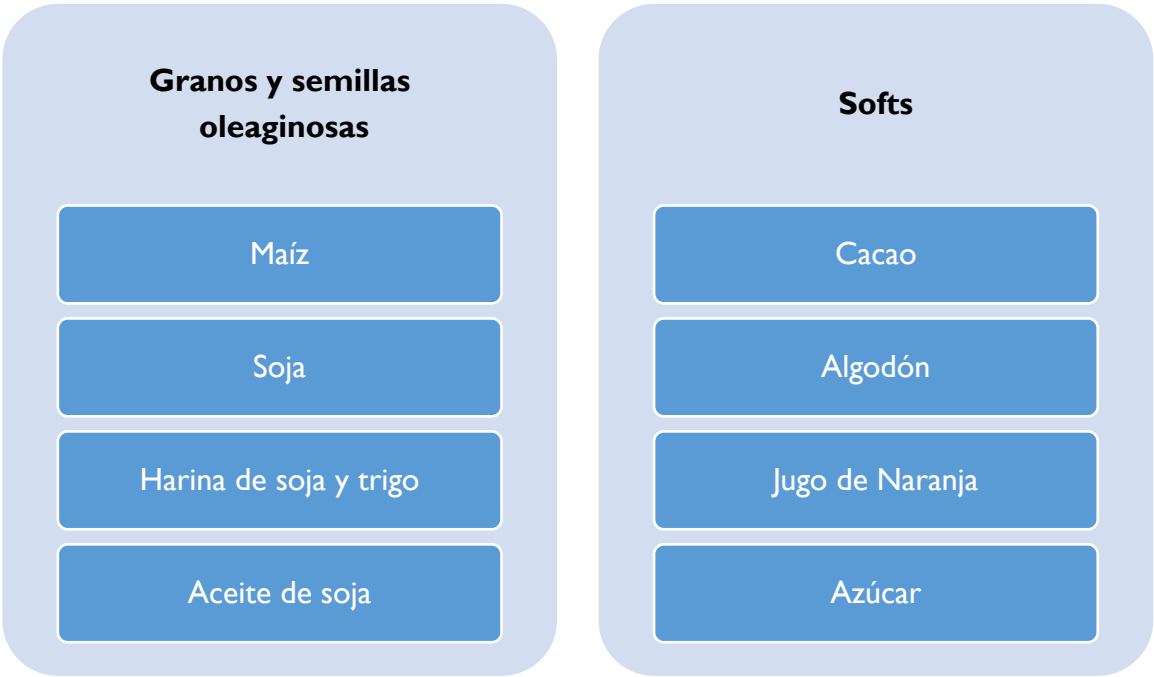
Los metales preciosos se definen principalmente por su alta resistencia a la corrosión y la oxidación, en contraste con los metales industriales, que tienen baja resistencia (véase Figura 2). Además, la mayoría de los metales industriales se encuentran en cantidades mucho mayores que los metales preciosos. Por lo tanto, la demanda y el precio de los metales preciosos son mucho más altos que los de los metales industriales (Bouchentouf, 2023; Frush, 2008).

### 2.2.2 Combustibles

Hoy en día los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía, con una incursión cada vez mayor de las energías renovables y alternativas como la solar, eólica

e hidroeléctrica. Sin embargo, la dependencia de los combustibles fósiles es evidente en la sociedad actual, de tal manera que dentro de esta categoría se tienen los siguientes *commodities*: carbón, petróleo crudo, energía eléctrica, aceite de calefacción, gas natural, gasolina sin plomo, mineral de uranio, energía solar, etanol, energía eólica (Bouchentouf, 2023; Frush, 2008).

**2.2.2 Productos agrícolas**



**Figura 3. Clasificación de los productos agrícolas**

Fuente: Elaboración propia con información de Bouchentouf, (2023) y Frush, (2008).

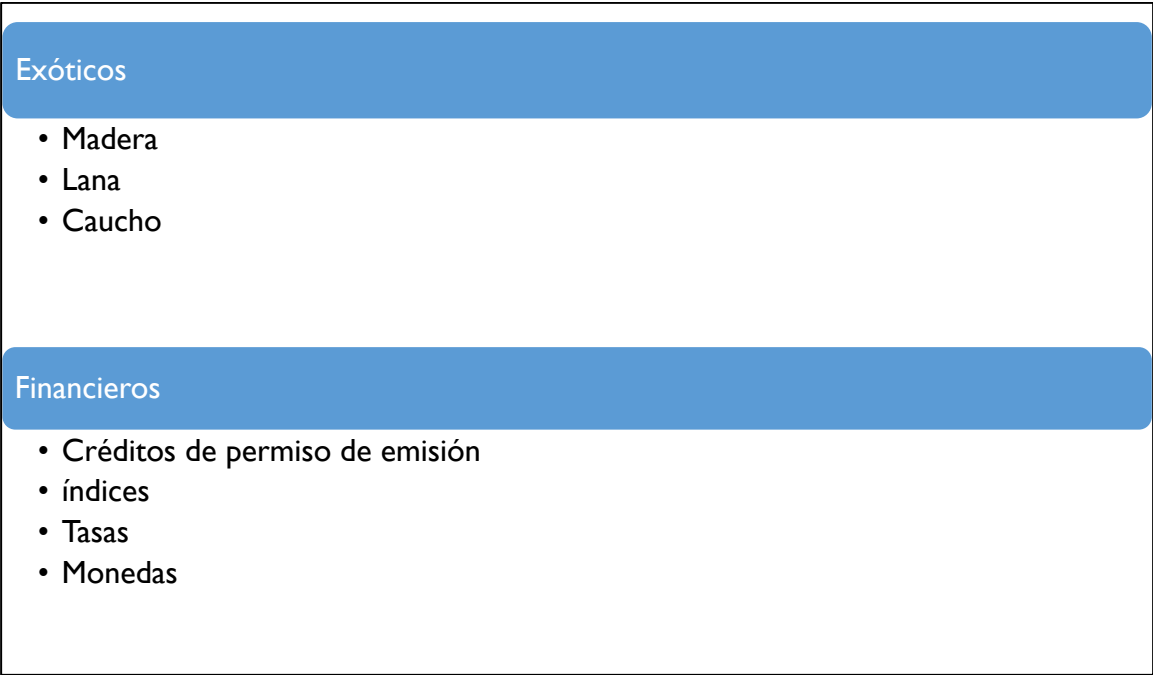
También conocidos como "ags", los productos agrícolas son de vital importancia para la supervivencia humana, este grupo se divide en dos categorías, el primero son los granos y semillas oleaginosas y el segundo son los llamados “softs”, los cuales no son esenciales para la vida, pero contribuyen a mejorarla o son de uso generalizado y cotidiano, este grupo a su vez puede dividirse en tropicales y fibras (véase Figura 3) (Bouchentouf, 2023; Frush, 2008).

**2.2.4 Ganado**

El grupo formado por el ganado a menudo también es referido como carnes, y se compone de cuatro *commodities* principales, dos vinculados al ganado vacuno, y dos al

ganado porcino, la demanda de estos productos se encuentra estrechamente ligada a la prosperidad económica, pues al incrementarse el nivel de vida de los habitantes, existe mayor ingreso, y en consecuencia mayor capacidad para adquirirlos. Esto generalmente significa mayor demanda de productos cárnicos, que son generalmente costosos. A medida que los países crecen económicamente, la tendencia de demanda a largo plazo para estos productos crece; esta categoría se conforma por: ganado vacuno de engorde, cerdos magros, ganado vacuno en vivo y panceta de cerdo (véase Figura 4) (Bouchentouf, 2023; Frush, 2008).

2.2.5 Exóticos y financieros

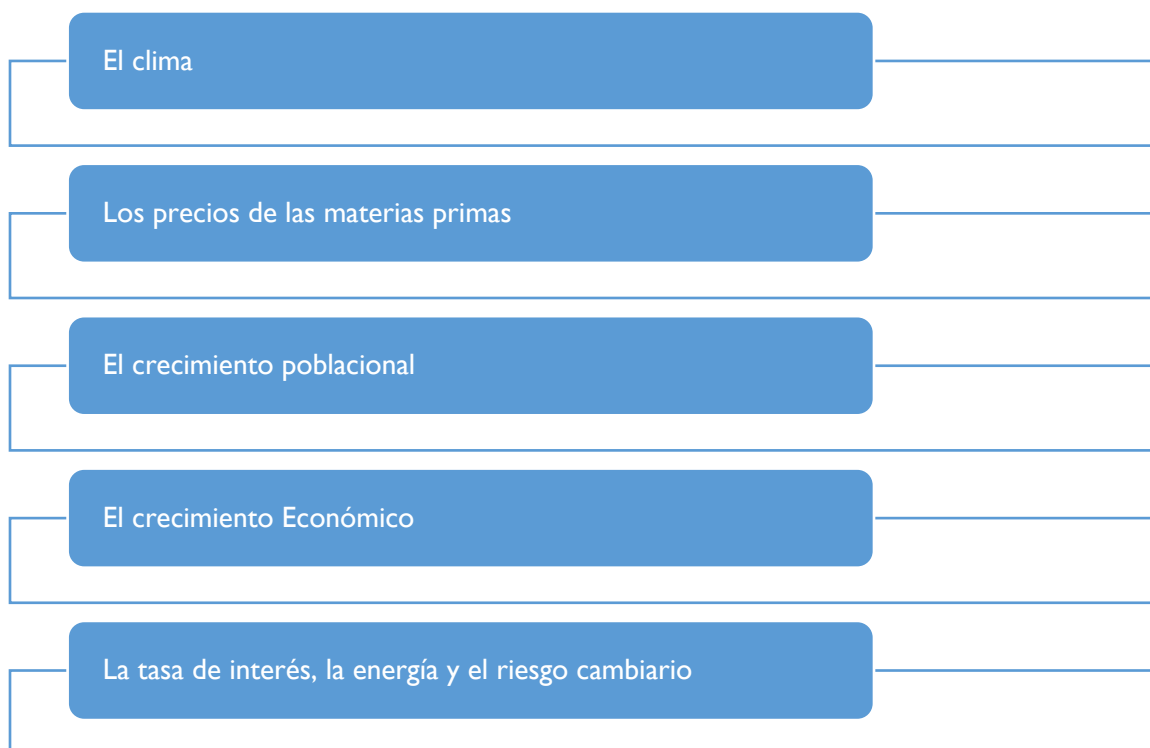


**Figura 4. Clasificación de las *commodities* en exóticos y financieros.**

Fuente: Elaboración propia con información de Frush (2008).

Este grupo se define como aquellos *commodities* que no tienen la misma demanda que los grupos anteriormente mencionados, aunado a que la mayoría de los *commodities* definidos como exóticos no se negocian en las bolsas de *commodities* de los Estados Unidos, ni en muchas de las bolsas de *commodities*, por otro lado, los *commodities* financieros son los únicos de carácter intangible, y son liquidadas en alguna forma de moneda(véase Figura 4) (Frush, 2008).

## 2.3 Factores que influyen en los precios de la *commodities*



**Figura 5. Factores que influyen en los precios de las *commodities*.**

Fuente: Elaboración propia con información de CME Group, (2024).

Los precios de los productos de granos y oleaginosas son determinados por medio de la oferta y la demanda. En donde intervienen factores endógenos y exógenos como el clima, los precios de insumos y los cambios económicos y demográficos (CME Group, 2024). La Figura 5 muestra una representación esquemática de estas influencias:

- El clima es un factor que afecta el nivel de la oferta y la demanda de granos ya que disminuye el rendimiento y la calidad de los productos. Lluvias extremas, sequías, heladas tardías, pocas nevadas reducen la producción del mercado de granos.
- Los precios de las *commodities* siguen una regla a menor precio de los insumos mayor rentabilidad esperada.
- El crecimiento poblacional, ya que con los cambios en el consumo de alimentos podrían incrementar o disminuir la demanda de alimentos.

- El crecimiento económico en países en desarrollo fomenta la migración a senderos con mayor rentabilidad, lo que podría modificar las tendencias de consumo influyendo en la oferta y la demanda de los productos.
- Existen otros factores como: la tasa de interés, la energía y el riesgo cambiario, los cuales pueden incidir de manera directa sobre la oferta y la demanda de los productos en el mercado.

El contexto macroeconómico de oferta y demanda se considera el principal factor a largo plazo en la variabilidad de los precios. Dentro de los ciclos económicos, los precios tienen diferentes comportamientos en diferentes etapas de la economía. En recesión y recuperación, la demanda de productos y el mercado en general son débiles, por otro lado, el auge y la estanflación, la demanda y el mercado se reactivan (López Cabrera y Schulz, 2016). Otro aspecto importante es la influencia de las economías emergentes, las cuales han tenido fuerte impacto en la demanda de este tipo de bienes (Kilian, 2009).

Para el caso de *commodities* como el petróleo crudo, el carbón, el aluminio y otros productos minerales a granel, que son materias primas o insumos clave industrias básicas, los precios y la demanda se encuentran fuertemente influenciados por la actividad económica (Ahmadi et al., 2016).

Existen *commodities* que conforman la cadena industrial de productos relacionados con los minerales a granel y transmiten una demanda acumulada. Como resultado, los precios de estos minerales básicos fluctúan juntamente con dichos *commodities* (Liang et al., 2020). Los *commodities* energéticos y los productos agrícolas, se consideran estratégicos, y suelen verse afectados por las políticas gubernamentales de suministro (Kang et al., 2017).

Dentro de las incertidumbre existentes que influyen en el mercado de *commodities*, la incertidumbre geopolítica es muy significativa, dichas tensiones han aumentado en su frecuencia y han ocurrido en áreas que son ricas en recursos naturales, en este marco, el actual conflicto entre Rusia y Ucrania, es un ejemplo claro de ello, pues al ser Rusia es uno de los principales productores de *commodities* energéticos del mundo, los precios del petróleo crudo y el gas natural, así como los *commodities* refugio como el oro y la plata, han aumentado drásticamente su precio (Gong y Xu, 2022).

Este hecho es consecuencia de que los hechos geopolíticos tienen un impacto fuerte en la oferta y demanda de dichos bienes, lo que a su vez genera volatilidad en los precios (Wei Su et al., 2019). En consonancia con estos eventos geopolíticos, se suelen desencadenar una serie de cambios gubernamentales que generan transformaciones en las conductas de los inversores (Asai et al., 2020).

Los mercados de *commodities* son complejos pues se ven influidos por factores como: el grado de financiarización del mercado, la posibilidad de almacenar los bienes, la facilidad de transporte, la flexibilidad del suministro, la dependencia de las condiciones climáticas, difiriendo los mercados entre diferentes tipos de *commodities* (Lyu et al., 2021).

## **2.4 Canasta básica en México**

La definición de una canasta, conformada por los bienes y servicios básicos que permiten cubrir las necesidades esenciales de alimentación, vestido, salud, vivienda y educación de la población, ha sufrido modificaciones a lo largo de la historia. Fue a inicios del siglo XX, que Rowntree, planteó la idea de crear una “canasta alimentaria” para distintos tipos de familias, a partir de los requerimientos de proteínas y calorías de los trabajadores, este hecho ocasionaría el surgimiento de lo que se conocería como “líneas de pobreza”, pues mediante esta canasta, se hizo posible medir la incidencia de la pobreza en las familias (INEGI (México), 2020b).

El concepto de "canasta básica", desde un enfoque económico, se refiere al conjunto de productos y servicios considerados esenciales para la supervivencia y el bienestar de los miembros de una familia. Este conjunto se determina a partir de la estimación de lo que una familia necesita para cubrir sus necesidades fundamentales.

La canasta básica se calcula teniendo en cuenta el gasto necesario para satisfacer esas necesidades. En ocasiones, este concepto se restringe a la alimentación, y en ese caso hablamos de la canasta básica alimentaria (CBA), que está formada por un conjunto de productos que deben garantizar una nutrición mínima para un adulto (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).



La CBA se utiliza como una herramienta clave para medir directamente los requerimientos alimentarios y nutricionales esenciales para la subsistencia, los cuales dependen del nivel de ingresos de los hogares. Indirectamente, también permite evaluar la pobreza y la desigualdad social (Becerra et al., 2018).

En este sentido, existe una estrecha relación entre el ingreso de las familias y el costo de la canasta básica alimentaria. A medida que el poder adquisitivo de las familias aumenta, les resulta más fácil adquirir los productos que componen esta canasta. Sin embargo, es fundamental señalar que el precio de la canasta básica no es fijo a lo largo del tiempo. Los productos que la integran están sujetos a factores externos que generan inflación, lo cual impacta directamente en su costo (Zamora Baque y Arteaga García, 2023).

Durante la administración de José López Portillo se creó la Canasta Reguladora de Esenciales Satisfechos (CNSE) y la Canasta de Alimentos Esenciales denominada Canasta Reguladora de Alimentos (CNA), esta última canasta se encontraba conformada por 34 productos de tipo agrícola como granos, frutas y hortalizas; productos pecuarios y cárnicos, leche, pescados y mariscos, conservas de pescado, aceite vegetal, sopa de fideos, tortillas, harina y otros tipos de productos industriales (Oropeza Reyes, 2024).

En la década de los años ochenta, el país sufría grandes presiones inflacionarias, incertidumbre e inestabilidad económica, lo que dio lugar a que diversos sectores sociales y el estado convinieran el Pacto de Solidaridad Económica (PSE) en 1987, con el objetivo de evitar la hiperinflación, y un deterioro del poder adquisitivo y las condiciones laborales, este pacto tuvo su consolidación en el Pacto para la Estabilidad y el Crecimiento Económico (PECE), en 1988, el cual fue suscrito por el Gobierno Federal, productores, comerciantes y trabajadores; en dicho pacto, los actores firmantes, según sus ámbito de acción, asumieron el compromiso de no incrementar los impuestos ni los precios de energéticos, mantener los precios de los productos que conformaban la Canasta básica Alimentaria, y de no demandar incrementos salariales, con la finalidad de controlar la inflación e impulsar el desarrollo económico del país, es en este marco que se crea la CBA en México (Arias Guzmán y Cruz Díaz, 2020; INEGI, 2020a; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

De forma inicial, la CBA estaba conformada por 34 productos, dos agrícolas, nueve pecuarios y 23 industrializados, los precios de dichos productos serían dados a conocer al público, de tal manera que se pudiera confirmar el cumplimiento de los de los acuerdos establecidos por los firmantes del PECE, asegurando el abasto de los productos indispensables para cubrir las necesidades alimentarias básicas de la población (INEGI, 2020a).

En el año de 1998, el Banco de México inició la publicación de las variaciones de los precios de los productos de la CBA, siendo ésta un subconjunto de la canasta de bienes y servicios del Índice Nacional de Precios al Consumidos (INPEC), manteniendo en un principio los mismos productos establecidos en el año de 1988 por el PECE, y modificando su nombre por el de Canasta Básica.

De manera posterior el Banco de México, empleó la información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 1989, realizada por el INEGI, para seleccionar los productos y servicios que conformarían la Canasta Básica, la cual se integró con 80 productos genéricos, incluidos los que tenía la Canasta Básica Alimentaria original.

Con el cambio que el Banco de México realizó en la segunda quincena de diciembre, la Canasta Básica quedó definida por 82 productos genéricos. A partir de julio de 2011, el INEGI comenzó a realizar la publicación mensual de las variaciones de precios de la Canasta Básica, y con el último cambio de base del INPC en la segunda quincena de julio de 2018, la Canasta Básica quedó conformada por 84 productos (INEGI, 2020a).

La canasta alimentaria empleada para la construcción del IPCCCM (Índice de Precios al Consumidor de la Canasta de Consumo Mínimo), se compone de los productos que conforman las canastas alimentarias rural y urbana del CONEVAL (2023b), están basadas en los patrones de gasto de los hogares, a partir de la información obtenida de la ENIGH (Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares) 2016, y cumplen con los requerimientos nutrimentales y calóricos necesarios para la población mexicana.

Para ello se selecciona un Estrato Poblacional de Referencia (EPR) según ámbito rural o urbano, conformado por un grupo de hogares cuyo consumo cumpla con los requisitos

nutrimentales. En la Tabla 1, se muestran los productos por ámbito y grupos que conforman la canasta básica. La canasta básica de la Zona Urbana definida por el CONEVAL se encuentra conformada por 23 grupos, los cuales incluyen 38 productos básicos. Dichos grupos abarcan desde alimentos esenciales como tortillas, frijoles, arroz, huevo, leche, hasta frutas y verduras. La estructura de la canasta se basa en los patrones de consumo y las necesidades mínimas de la población en zonas urbanas.

Tabla 1. Canasta básica urbana por grupo.	
Grupo	Nombre alimento
Maíz	Tortilla de maíz
Trigo	Pasta para sopa
	Pan blanco
	Pan de dulce
	Pan para sándwich, hamburguesas.
Arroz	Arroz en grano
Otros cereales	Cereal de maíz, de trigo, de arroz, de avena
Carne de res y ternera	Bistec: aguayón, cuete, paloma, pierna
	Molida
Carne de cerdo	Costilla y chuleta
Carnes procesadas	Chorizo y longaniza
	Jamón
Carne de pollo	Pierna, muslo y pechuga con hueso
	Pierna, muslo y pechuga sin hueso
	Pollo entero o en piezas
Pescados frescos	Pescado entero
Leche	De vaca, pasteurizada, entera, light
Quesos	Fresco
Otros derivados de la leche	Yogur
Huevos	De gallina
Aceites	Aceite vegetal
Tubérculos crudos o frescos	Papa
Verduras y legumbres frescas	Cebolla
	Chile
	Jitomate
Leguminosas	Frijol
Frutas frescas	Limón
	Manzana y perón
	Naranja
	Plátano tabasco
Azúcar y mieles	Azúcar
Alimentos preparados para consumir en casa	Pollo rostizado
Bebidas no alcohólicas	Agua embotellada
	Jugos y néctares envasados
	Refrescos de cola y de sabores
Otros	Alimentos y bebidas consumidas fuera del hogar
	Otros alimentos preparados

Fuente: Elaboración propia con información de CONEVAL, (2023). Evolución de las líneas de pobreza por ingresos.

La Teoría de la Economía social de Gustav Cassel menciona que los mercados de bienes y servicios no operan de forma aislada debido a que estos se encuentran conectados en aspectos de producción, consumo y distribución. Los factores de producción como: la tierra, el capital, el trabajo y lo que él denomina como “las materias primas o recursos naturales”, el cual considera crucial en la producción.

Cada uno de los factores productivos poseen características particulares teniendo una función crucial en la economía por lo que cada uno tienen un precio de mercado. Dicho precio no es fijo, este depende de la oferta, la demanda y del nivel de escases. Por lo que es necesario enforarse en los precios para determinar el uso de los recursos en la economía, la organización y el funcionamiento de la economía.

La cantidad de productos por grupo es un reflejo de los patrones de consumo de ENIGH tomando el EPR, por lo que se esperaría con dichos productos que se cumpla con los requerimientos nutricionales. Los cambios en los patrones de consumo parcialmente disminuyen los efectos negativos de la inflación de los precios, sin embargo, el consumo de productos de menor calidad puede generar consecuencias adversas para la nutrición y el bienestar (Maxwell et al., 2011):

- Los alimentos básicos como la tortilla presentan una elasticidad precio de la demanda diferente de 0, lo que indica que son un alimento esencial en los hogares pobres y no pobres. En comparación con otros alimentos el nivel de la demanda no se ve afectado ante un incremento de los precios, hecho que resalta su importancia en la canasta básica mexicana.
- Los bienes de consumo como las frutas y las verduras presentan una elasticidad de la demanda cercanas a 1 lo que indica una reducción significativa en el consumo ante un incremento de los precios.

## 2.5 Clustering

El análisis *clustering* es una técnica de aprendizaje no supervisado la cual busca organizar un conjunto de datos en grupos de forma en la que los elementos dentro de un mismo grupo sean similares entre sí y de que los elementos de diferentes grupos sean distintos. Por tanto, su objetivo es describir patrones ocultos en los datos sin usar etiquetas predefinidas (Tan et al., 2019)

Entre los principales enfoques de *clustering* destacan:

- Particional: Divide los datos en K grupos superpuestos mediante optimización iterativa;
- Jerárquico: Construye dendogramas de relaciones mediante enfoque aglomerativos;
- Basado en densidad: Agrupa datos en regiones densas, separadas por zonas vacías;
- Probabilístico: Asume que los datos siguen una distribución estadística.

## 2.6 Clustering particional

Dentro de los algoritmos de *clustering* se tienen a los algoritmos de *clustering* particional, los cuales hacen referencia a una categoría de métodos cuyo objetivo es encontrar grupos o clústeres a partir de un conjunto de datos, en este tipo de métodos se debe fijar de antemano el número de clústeres, los puntos se deben encontrar en un espacio métrico, de modo que cada observación viene representada por un conjunto de coordenadas y se define una medida de distancia entre pares de puntos en el espacio métrico, la cual a su vez es una medida de disimilaridad entre puntos, el objetivo del *clustering* particional es separar los puntos en k clústeres para minimizar una función objetivo basada en las distancias entre puntos o centroides. Dentro de las técnicas de clúster particional las más populares son el *clustering k-means* y el *clustering k-medoids* o PAM (partitioning around medoids) (Härdle et al., 2024).

Una de las medidas de distancias mayormente utilizadas es la distancia euclídea, la cual es la distancia más corta entre dos objetos o puntos, para medir dicha distancia, la diferencia entre las variables se eleva al cuadrado y se suma, la distancia euclídea es la raíz cuadrada de dicha suma y se define por la ecuación 1 (Rokach, 2025; Sunge et al., 2020).

$$d_{k,l} = \sqrt{\sum_{j=1}^J (x_{kj} - x_{lj})^2} \quad (1)$$

En donde  $d_{k,l}$  es la distancia entre los objetos  $k$  y  $l$ , y  $x_{kj}, x_{lj}$  es el valor de la variable  $j$  para los objetos  $k, l (j = 1, 2 \dots J)$ . Debido a que se emplean las distancias al cuadrado, diferencias grandes tienen un impacto amplificado en la distancia total, mientras que las diferencias pequeñas tienen un impacto reducido, y las distancias positivas o negativas no se cancelan entre sí (Backhaus et al., 2023). La distancia euclídea puede utilizarse como medida de distancia para los algoritmos *k-means* y *k-medoids* que se discuten a continuación.

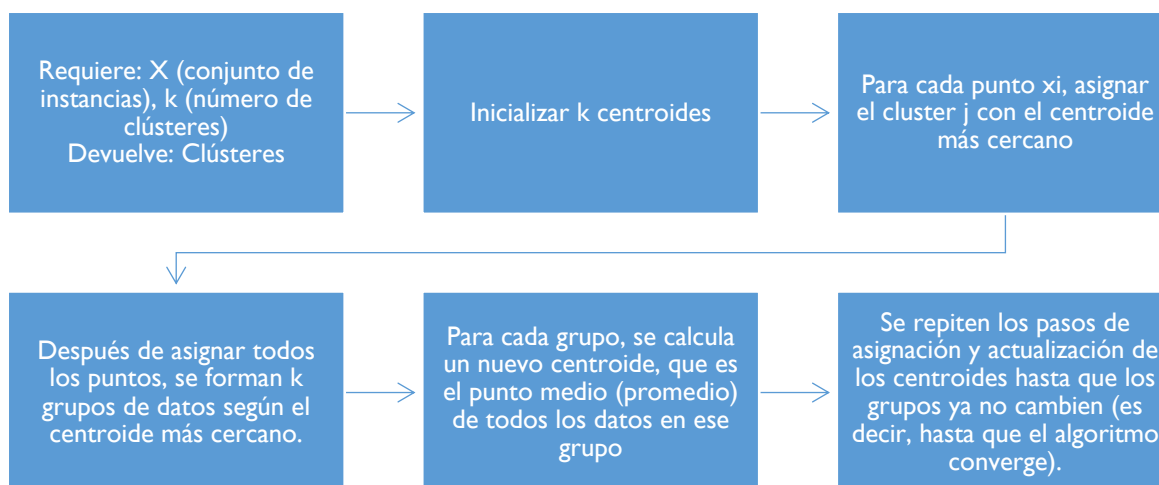
### 2.5.1 Algoritmo *k-means*

La técnica de *clustering* más popular es el *k-means*, un algoritmo iterativo e inicia con un número  $k$  de puntos aleatorios (llamados centroides). Su objetivo es minimizar la distancia intra-clúster (la variabilidad dentro de cada grupo) y, al mismo tiempo, maximizar la distancia inter-clúster (la separación entre los diferentes grupos), optimizando así la agrupación. La función de error cuadrático que se minimiza está definida por la ecuación 2.

$$\hat{S} = \underset{S}{\operatorname{argmin}} \sum_{j=1}^k \sum_{i \in S_j} \|x_i - \mu_j\|^2 \quad (2)$$

En donde  $\hat{S}$  es la partición óptima de los datos que minimiza la suma de cuadrados de las distancias de cada punto  $x_i$ , y el centroide de su clúster  $\mu_j$ , siendo  $S_j$  cada uno de los  $k$  subconjuntos cuya unión da el conjunto total de datos a particionar. La solución encontrada puede no ser la óptima y es fuertemente dependiente de la elección de los centroides iniciales, el resultado puede ser mejorado mediante la ejecución de distintas condiciones de inicio y la

selección de la solución que minimiza el valor de la distancia total intra-clúster. El funcionamiento del algoritmo *k-means* se ilustra en la Figura 6 (Härdle et al., 2024).



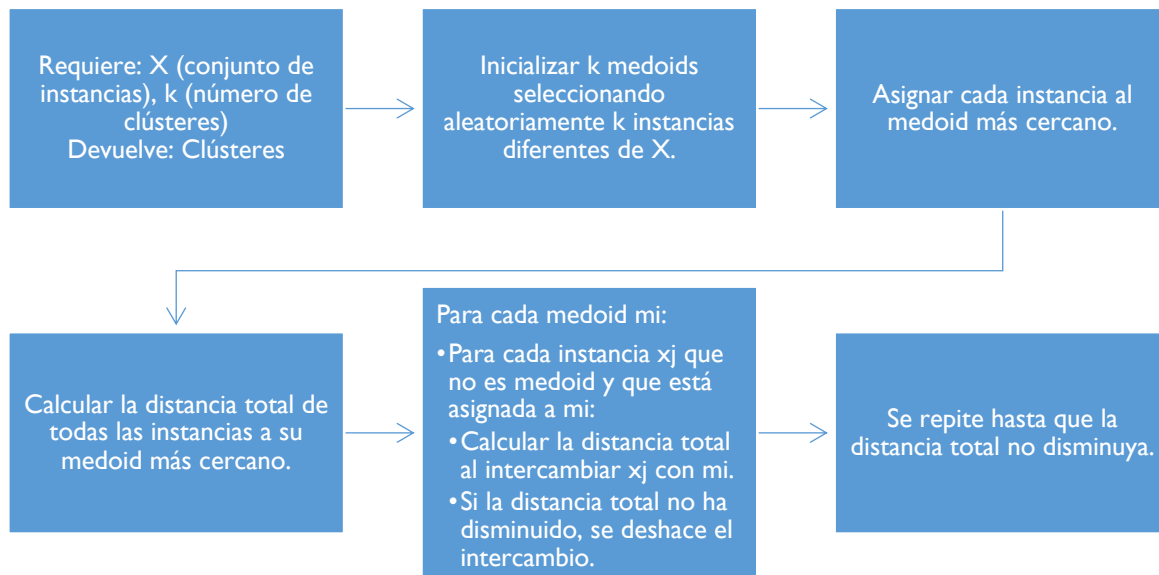
**Figura 6. Funcionamiento del método clúster *k-means*.**

Fuente: Elaboración propia con información de Härdle et al. (2024).

Debido a su metodología de cálculo basada en el error cuadrático a partir de la media, el algoritmo *k-means* es susceptible a datos ruidosos y a los valores atípicos, ya que uno solo de ellos puede aumentar drásticamente el error cuadrático (Rokach, 2025), por otro lado es susceptible a diferencias de escala entre las variables empleadas, por lo que se hace necesario preprocesar variables con la finalidad de resolver en cierta medida la distorsión de clústeres por dicho motivo (Härdle et al., 2024).

### 2.5.2 Algoritmo *k-medoids* o PAM

Otro método de partición que busca minimizar la suma de las distancias en los clústeres es el algoritmo *k-medoids* o PAM (*partition around medoids*), el cual es muy similar al algoritmo *k-means*, pero difiere en la forma en la que se representan los distintos clústeres, ya que cada uno de estos se representa mediante la entidad más central del clúster, la cual recibe el nombre de *medoid*, en lugar de una media que puede no pertenecer al clúster como es en el caso de *k-means*. El funcionamiento del método se ilustra en la Figura 7 (Sunge et al., 2020).



**Figura 7. Funcionamiento del método clúster *k-medoids*.**

Fuente: Elaboración propia con información de Sunge et al., (2020).

El método PAM es mucho más robusto que el algoritmo *k-means* para tratar con outliers y datos muy ruidosos, esto se debe a que el medoid es menos susceptible a ser afectado por valores extremos como podría llegar a serlo la media, sin embargo, este método es computacionalmente más intensivo que el método *k-means*, y como puede verse, al igual que con *k-means* se requiere como información de entrada el número de clústeres (Rokach, 2025).

### 2.5.3 Índice de silueta

Uno de los métodos para determinar el número óptimo de clústeres es el método del índice de la silueta, el cual mide la calidad del agrupamiento a partir de la comparación de que tan cerca está un punto de los otros puntos de su mismo grupo (cohesión) y que tan lejos está de los puntos de otros grupos (separación), el ancho de silueta para un punto se calcula mediante la ecuación 3.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (3)$$



En donde  $a(i)$  es la distancia promedio entre  $i$  y todos los otros puntos de su mismo clúster y  $b(i)$  es la distancia promedio entre  $i$  y todos los puntos del clúster más cercano al que no pertenece  $i$ , el valor de  $s(i)$  se encuentra entre -1 y 1, cerca de 1 significa que el punto está asignado correctamente y -1 indica una mala asignación, el ancho promedio de silueta para un número  $k$  de clústeres es el promedio para todos los puntos del conjunto de datos, dando una medida global de la calidad del agrupamiento y prefiriéndose el número de clústeres  $k$  que maximiza el ancho promedio de silueta (Shutaywi y Kachouie, 2021).

## **CAPÍTULO 3: Metodología**

### **3.1 Hipótesis**

Las fluctuaciones en los índices de precios de las *commodities* determinan significativamente las variaciones en los precios de la canasta básica mexicana, lo que genera un incremento directo del gasto mensual promedio de los hogares.

### **3.2 Diseño del estudio y población**

El presente estudio es de tipo observacional, transversal y correlacional. Es observacional porque analiza datos existentes sin intervención directa. Aunque se utilizan datos correspondientes a 10 años, su enfoque es transversal al no analizar la evolución de las variables a lo largo del tiempo, sino la relación entre los precios de las *commodities* y el gasto en la canasta básica en un punto temporal específico para cada mes.

### **3.3 Fuentes de datos y variables de estudio**

Se tomaron como poblaciones, los índices del mercado de *commodities* (5 índices), todos los precios de los productos que incluye la canasta básica en ámbito urbano (41 productos) durante un periodo de 10 años comprendido entre 2013 y 2023, los datos se tomaron mensualmente, correspondientes al cierre mensual.

### 3.4 Operacionalización y selección de las variables

Las variables del presente estudio se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Variables del estudio.			
Variable y unidades	Tipo de variable	Unidad de medida	Descripción
Precio de producto contenido en la canasta básica	Cuantitativa, continua, escala de razón	Pesos mexicanos (MXN), por litro, kilogramo o unidad.	Se refiere al precio promedio mensual de cada uno de los productos de la canasta básica, en este estudio se consideran: - TORT, C-PAST, C-GALL, C-PANB, C-PAND, C-PANS, C-ARRO, C-CERE, C-BISR, C-MOLR, C-BISP, C-COST, C-CHOR, C-JAMP, C-POLH, C-POLS, C-POLP, C-PESC, C-FILE, C-ATUN, C-LECH, C-QUES, C-OAXA, C-BEBL, C-HUEV, C-ACEI, C-PAPA, C-CEBO, C-CHIL, C-JITO, C-FRIJ, C-LIMO, C-MANZ, C-NARA, C-PLAT, C-AZUC, C-POLR, C-AGUA, C-JUGO, C-REFR.
Índice mensual al cierre de mercado de commodities.	Cuantitativa, continua, escala de intervalo	Índice sin unidad (base 100 o base fija según índice)	Se refiere al índice mensual al cierre de cada mercado de commodities o materias primas, se consideran los siguientes índices: DAP fertilizer, Urea, MEAT PRICES INDEX, CEREAL PRICES INDEX, OIL Price Index, USD/MXN.

Fuente: Elaboración propia.

La selección de los índices se encuentra fundamentada en su relación directa con los componentes de la canasta básica mexicana:

En el contexto mexicano, la volatilidad en los precios de los fertilizantes DAP y Urea, tienen un efecto en la cadena de producción de los alimentos. García-Salazar et al. (2018), mencionan que las fluctuaciones no solo incrementan los costos de producción, sino que desincentivan el uso y adopción de tecnologías intensivas las cuales podrían disminuir los costos de producción. Este hecho genera un efecto en cadena: tras el encarecimiento de los insumos, los costos adicionales se transfieren a los precios finales de los alimentos. García Salazar et al. (2018)

Estudios en México demuestran que los fertilizantes representan hasta un 35% de los costos variables en cultivos estratégicos como el maíz. Cuando los precios de los insumos incrementan, los productores tienden a demandar una menor cantidad de fertilizantes y a reducir las cantidades aplicadas a los cultivos, lo que disminuye el rendimiento agrícola en un 5% y 7% (Espinosa-García et al., 2021).

Esta situación se agrava por la alta dependencia de las importaciones: México adquiere del mercado internacional el 70% de los fertilizantes lo que lo hace vulnerable ante los choques

externos como: las fluctuaciones cambiarias, conflictos geopolíticos, alteraciones en las cadenas mundiales de suministro, etc (FAO, 2022).

Por su parte, el índice de precios de los cereales, debido a que las variaciones globales de los precios de los granos impactan directamente sobre el consumidor. León- Bon y Díaz-Bautista (2023) argumentan que el consumidor en México presenta una alta sensibilidad en los aumentos en los precios de los productos básicos. Por tanto, el uso de este indicador funciona como una variable proxy útil para entender como los mercados intencionales de granos afectan la economía nacional.

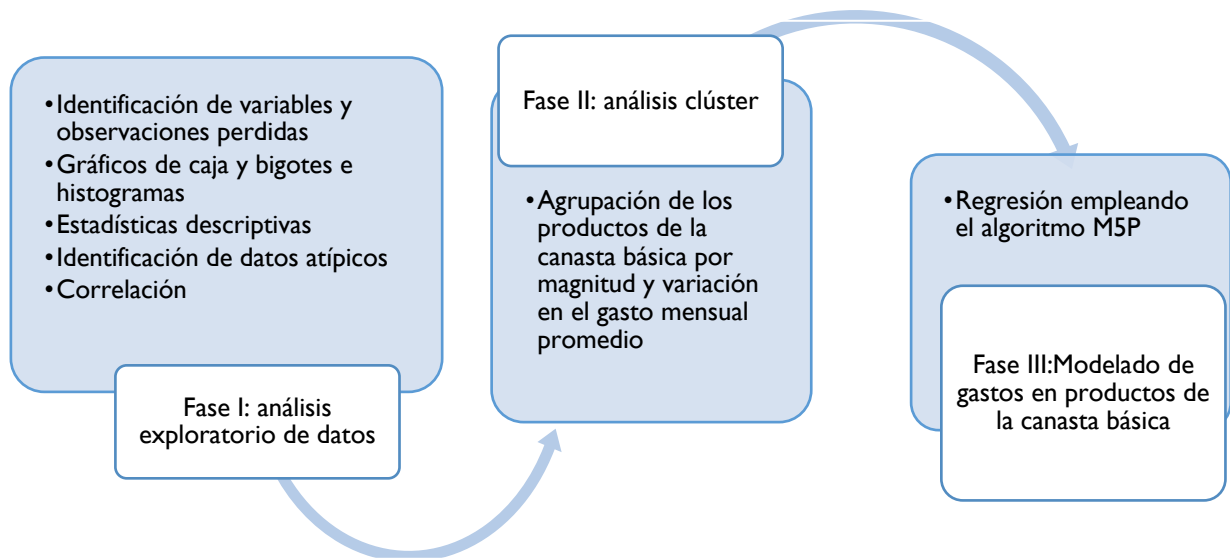
En lo que respecta al índice de precios de las carnes (MEAT PRICES INDEX), al ser un producto importante en la alimentación de las familias mexicanas permite reflejar el comportamiento de los productos, que tienden a ser más sensibles a cambios en los costos de los insumos y la demanda interna. Para Bellemare (2015) estos productos presentan una doble sensibilidad por el lado de la oferta y de la demanda.

El índice de precios del petróleo (OIL PRICE INDEX) y sus derivados mantienen una relación directa sobre los costos de producción, transporte y procesamiento de los alimentos. Por tanto, el incremento en los precios genera una reacción en cadena sobre la industria agroalimentaria, afectando aquellas economías que dependen directamente de las importaciones (Abbott et al., 2011).

El tipo de cambio fue incluido como variable, que es un determinante importante en las economías abiertas como es el caso de México, donde una cantidad considerable de alimentos y materias primas son adquiridos del exterior (Ivanic y Martin, 2008). De acuerdo con datos de SADER (2023), el 45% de los alimentos básicos provienen del exterior.

### 3.5 Diseño estadístico

Para la realización del presente trabajo de investigación se propuso la metodología planteada en la Figura 8, la cual se estructura en tres fases.

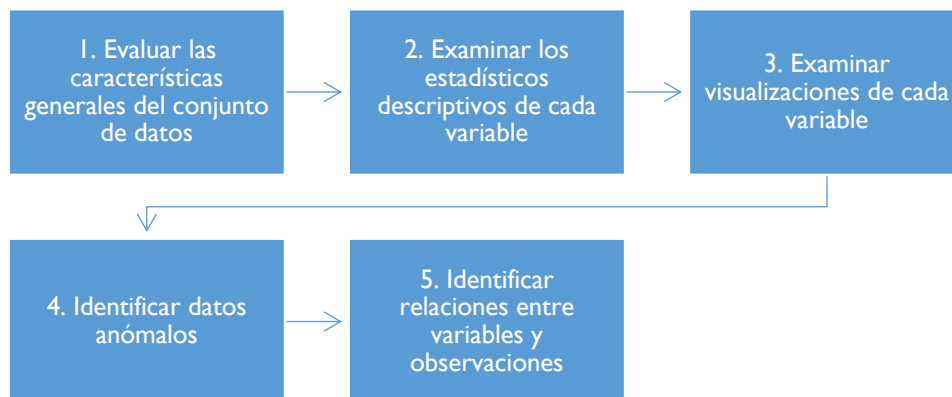


**Figura 8. Fases metodológicas del estudio.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.5.1 Fase I: análisis exploratorio

El análisis exploratorio de datos se realizará a partir de la metodología propuesta por Pearson (2018), la cual se muestra en la Figura 9.



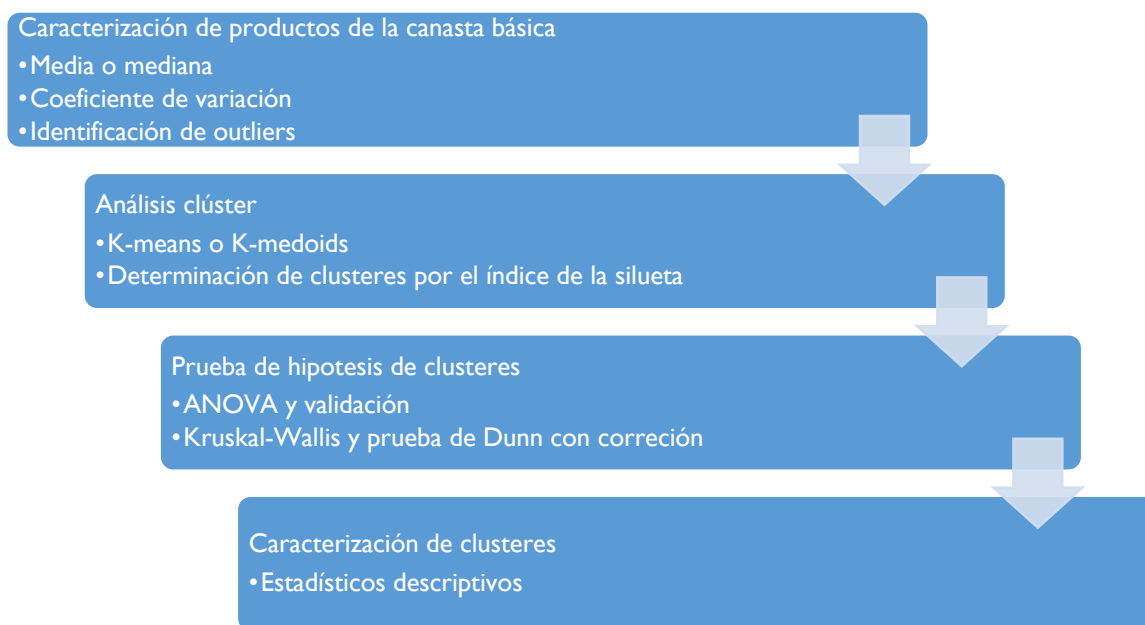
**Figura 9. Fases metodológicas del análisis exploratorio de datos.**

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, en primer lugar, se obtendrá la información referente a cuantas observaciones se tienen en la base de datos, el número de las variable y observaciones perdidas, en un siguiente paso, se estimarán los estadísticos descriptivos de cada variable. Posteriormente, se obtendrán los gráficos de caja y bigotes, e histogramas de cada variable, se realizarán pruebas de normalidad, y se calcularán las matrices de correlación.

### 3.5.2 Fase II: Análisis clúster

Se empleará el análisis clúster con la finalidad de encontrar las agrupaciones de productos de la canasta básica a partir de la magnitud de su gasto mensual promedio por persona y la variación de dicho gasto, para ello se realizó un análisis clúster estructurado a partir de las 4 etapas mostradas en la Figura 10.



**Figura 10. Estrategia de aplicación del análisis clúster.**

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados del análisis exploratorio y las distribuciones de gasto de cada producto de la canasta básica, se eligió medida de tendencia central la mediana, lo anterior, debido a que dicha medida de tendencia central es menos susceptible a verse afectada por datos extremos, corroborándose la existencia de dichos datos en las distribuciones de los gastos mensuales promedio por persona de los productos que conforman la canasta básica. Por otro lado, se seleccionó el coeficiente de variación para tomar en cuenta

la variación de los gastos sin que dicha medida se vea afectada por su magnitud, y hacer el análisis invariante a escala (Triola, 2022).

A partir de la identificación de datos atípicos mediante un gráfico de caja y bigotes, se seleccionó como metodología para el análisis clúster el método *k-medoids* o PAM, el cual ha demostrado ser robusto ante la existencia de datos atípicos, para ello se escalaron las variables mediante la función *scale* de *r*, y a partir de los datos escalados se llevó a cabo un análisis para determinar el número óptimo de clústeres, para ello se empleó el índice de silueta promedio y se eligió el número de clústeres que dio el valor máximo.

Una vez que se obtuvieron los clústeres, se procedió a realizar un análisis de varianza para encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los clústeres obtenidos en lo referente a la magnitud del gasto promedio mensual por persona (mediana) y la variabilidad de dicho gasto (coeficiente de variación), para ello se utilizó como factor el clúster y como variables respuesta la mediana y el coeficiente de variación, sin embargo los supuestos los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia no se pudieron validar para el caso de la mediana del gasto (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2008; Montgomery et al., 2021), razón por la cual se optó por realizar la prueba de Kruskal-Wallis con la prueba de Dunn con corrección de Holm, la cual es más potente estadísticamente que la prueba de Bonferroni clásica (Agbangba et al., 2024; Dinno, 2015) y la prueba de LSD de Fisher para el caso del coeficiente de variación. A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de comparación múltiple se caracterizaron los clústeres obtenidos mediante sus estadísticos descriptivos.

### **3.5.3 Fase III: análisis de regresión**

Dado que a partir del análisis exploratorio de la fase I y el análisis de correlación correspondiente se evidenció la existencia de relaciones no lineales entre los índices de *commodities* y los niveles del gasto promedio mensual por persona en productos de la canasta básica, se empleó como metodología para obtener modelos de regresión el algoritmo M5P, el cual es una versión mejorada del algoritmo M5 propuesta por Wang y Witten (1996).

El algoritmo M5P se basa en la construcción de un árbol de decisión cuyas hojas o elementos de nivel inferior son modelos de regresión lineal, que se ajustan por zonas de

acuerdo con un criterio de división del árbol fundamentado en la maximización de la disminución de la desviación estándar, de tal modo que los nodos hijos tendrán siempre menor desviación estándar que la del nodo padre, y se buscará maximizar esta reducción mediante la maximización de la función descrita en la ecuación 4 (Abdallah et al., 2023).

$$SDR = sd(T) - \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} sd(T_i)$$

En donde  $sd$  es la desviación estándar,  $T_i$  es el resultado de dividir el nodo en el nodo en el valor y atributo analizado y  $T$  consiste en las instancias que pertenecen al nodo que se busca dividir; el proceso de división termina si los valores de salida de las instancias que llegan a un nodo discrepan en menos del 5% de la desviación estándar del conjunto original, y una vez construido se generan modelos de regresión lineal para los subespacios más bajos. En esta fase se ajustaron todos los modelos posibles para cada uno de los productos de la canasta básica, evaluando su ajuste mediante el coeficiente de determinación  $R^2$  y la raíz del error cuadrático medio ( $RMSE$ ) .



## CAPÍTULO 4: Resultados y discusión

### 4.1 Fase I: análisis exploratorio

A continuación, se muestran los resultados de la ejecución de la primera fase de análisis exploratorio, dicha fase se realizó a partir de una base de datos de 47 variables con un total de 144 observaciones, el resumen estadístico de la base de datos obtenido mediante la función skim de la librería skimr para cada una de las variables estudiadas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen estadístico de la base de datos.								
Variable	Datos faltantes	Media	Desv. Est.	P0	p25	p50	p75	p100
DAP fertilizer	0	442.63	143.48	238.16	329.65	415.97	502.34	954
Urea	0	333.13	157.06	142.63	234.72	288.75	369.75	925
MEAT PRICES INDEX	0	101.09	7.57	88.7	95.5	99.95	106.9	122.7
CEREAL PRICES INDEX	0	111.92	18.61	89.4	97.6	103.8	124.32	169.8
OIL Price Index	0	114.90	32.16	75.2	93.85	107.1	124.87	246.4
USD/MXN	0	17.59	3.014	12.13	14.89	18.625	19.88	24.15
DJENERGIA	0	107.65	32.94	38.79	79.32	104.185	135.94	198.16
C-TORT	0	64.63	13.39	50.88	53.60	60.355	67.33	95.75
C-PAST	0	5.26	1.38	3.71	4.09	4.815	6.14	8.46
C-GALL	0	7.98	1.72	5.72	6.73	7.715	8.7625	12.25
C-PANB	0	25.17	5.20	19.21	21.88	23.11	26.04	38.44
C-PAND	0	53.06	12.67	36.55	44.08	50.415	58.49	83.02
C-PANS	0	11.21	2.87	8.03	8.72	10.385	12.62	17.81
C-ARRO	0	6.72	1.64	4.99	5.14	6.235	8.70	9.66
C-CERE	0	7.25	1.32	5.55	6.15	7.075	8.04	10.67
C-BISR	0	74.59	15.85	47.15	66.24	75.175	81.89	103.61
C-MOLR	0	40.33	8.045	26.08	37.21	40.33	43.39	54.96
C-BISP	0	7.34	1.23	5.6	6.53	7.03	7.89	10.01
C-COST	0	51.46	8.69	39.27	45.84	49.29	55.35	70.17
C-CHOR	0	9.52	1.89	6.91	8.11	9.215	10.55	13.45
C-JAMP	0	8.38	1.90	5.92	6.86	8.06	9.75	12.14
C-POLH	0	31.95	6.58	23.27	27.43	29.41	36.255	46.6
C-POLS	0	19.66	4.05	14.32	16.88	18.1	22.315	28.68
C-POLP	0	21.90	4.51	15.95	18.80	20.16	24.85	31.94
C-PESC	0	5.23	1.20	3.48	4.08	5.13	5.975	7.4
C-FILE	0	7.59	1.74	5.05	5.92	7.445	8.66	10.74
C-ATUN	0	7.69	1.58	5.31	6.21	7.745	8.67	10.67
C-LECH	0	95.21	18.95	70.11	80.31	91.56	106.10	139.02
C-QUES	0	12.53	2.73	9.17	10.38	11.85	13.95	18.64
C-OAXA	0	8.92	1.97	6.58	7.35	8.5	9.85	13.33
C-BEBL	0	8.08	1.65	5.82	6.72	7.86	9.19	11.65
C-HUEV	0	40.25	8.74	26.16	33.62	37.62	43.38	64.43
C-ACEI	0	9.26	2.75	6.96	7.35	8.105	9.30	15.68
C-PAPA	0	27.77	9.24	14.26	20.15	26.71	31.54	53.65
C-CEBO	0	28.91	10.45	13.94	20.48	26.54	34.39	62.48
C-CHIL	0	12.73	3.79	7.24	9.99	11.815	14.87	23.92
C-JITO	0	41.15	12.80	19.11	31.51	38.925	49.86	71.58
C-FRIJ	0	38.07	8.99	23.58	32.38	35.98	46.82	59.95
C-LIMO	0	17.90	9.27	7.08	10.98	15.925	22.85	56.96

Tabla 3. Resumen estadístico de la base de datos.								
Variable	Datos faltantes	Media	Desv. Est.	P0	p25	p50	p75	p100
C-MANZ	0	23.30	5.28	15.37	18.04	22.61	28.04	32.72
C-NARA	0	6.93	3.28	3.16	4.49	6.18	8.52	17.13
C-PLAT	0	13.78	3.98	7.91	10.27	13.09	17.21	23.36
C-AZUC	0	6.85	2.11	3.71	5.012	7.11	8.45	13.31
C-POLR	0	24.86	5.01	17.94	20.97	23.72	27.32	36.02
C-AGUA	0	24.19	3.84	19.17	20.75	23.56	26.99	32.71
C-JUGO	0	29.01	5.32	22.5	24.92	27.29	32.04	41.55
C-REFR	0	63.94	13.83	43.37	53.84	61.58	73.38	93.17

Fuente: Elaboración propia

La base de datos de 47 variables no mostró valores perdidos, e incluye precios internacionales de *commodities* y tipo de cambio (DAP fertilizer, Urea, MEAT PRICES INDEX, CEREAL PRICES INDEX, OIL Price Index, USD/MXN) y 40 productos que conforman la canasta básica, los cuales se identificaron con la inicial “C-”.

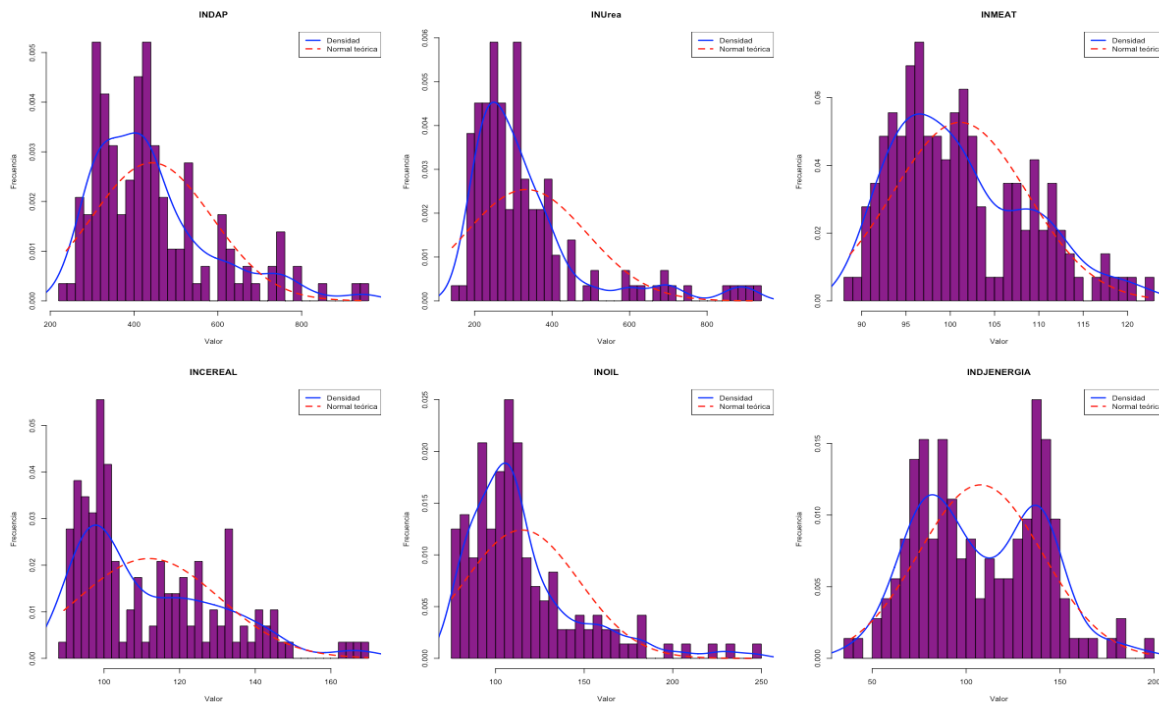
Los fertilizantes representados por las variables DAP y UREA, muestran gran variación, el DAP oscila entre 238.16 y 954, con una media de 442.64 y una desviación estándar de 143.49, lo que revela que el costo de los fertilizantes cambio de forma importante a lo largo del periodo observado, de forma similar, en el caso de la UREA se observa un cambio importante, pues varía entre 142.63 y 925, con una media de 333.14 y una desviación estándar de 157.06.

En lo referente a los índices internacionales de precios, el índice de precios de cereales (CEREAL.PRICES.INDEX), tiene un valor mínimo de 89.4 y un máximo de 169.8, con una media de 111.93 y una desviación estándar de 18.62, este hecho refleja un aumento considerable en el precio de los cereales a nivel global. En lo referente a la energía (DJENERGIA) se tiene otro caso de gran variabilidad con un mínimo de 38.95 y un máximo de 198.16, con media de 107.66 y una desviación estándar de 32.95, lo cual refleja volatilidad en los mercados energéticos. En cuanto al tipo de cambio, se observa una variabilidad moderada con una desviación estándar de 3.01 USD/MXN con un mínimo de 12.33 y un máximo de 24.15, con media de 17.59

Los gastos promedio mensuales por persona, identificados con la letra “C-” reflejan diferencias importante entre sí, viéndose alterada la desviación estándar por la magnitud del

gasto, este hecho plantea la necesidad de realizar el cálculo de coeficiente de variación para analizar los datos en variabilidad relativa, por ejemplo, para el caso de la tortilla (C-TORT) se presenta un gasto medio de \$64.64, con una desviación estándar de \$13.39, y para el caso del aceite comestible (C-ACEI) un gasto medio de \$9.27, con una desviación estándar de \$2.75, dichos productos si se comparan a partir del coeficiente de variación en términos de porcentaje, se tiene que la variación relativa para la tortilla es de 20.7%, mientras que para el aceite es de 29.7%, aun cuando la desviación estándar de la tortilla es mayor que la del aceite.

Tal y como se planteó en la metodología del presente trabajo, se obtuvieron los histogramas de frecuencia de cada una de las variables, con la intención de identificar la forma de las distribuciones de frecuencia de cada una de las variables, en la Figura 11 se muestran las distribuciones de los precios del mercado internacional de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA, ajustándose para cada histograma la función de densidad suavizada y la normal teórica ajustada.



**Figura 11. Distribución de los precios del mercado internacional de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA.**

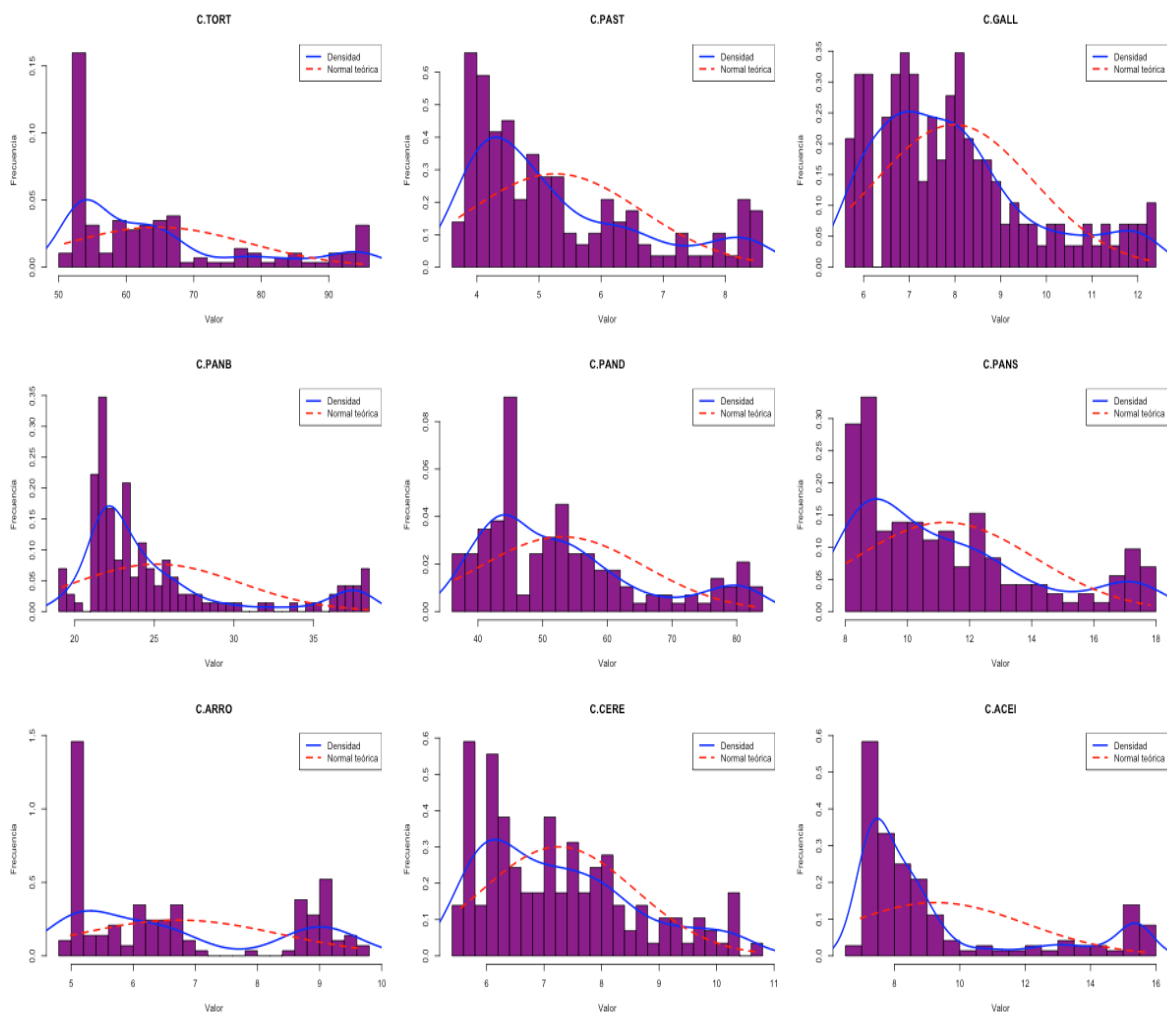
Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

A partir de los resultados de la Figura 11, puede observarse como las variables presentan un sesgo positivo, con una cola extendida hacia la derecha. Las variables INDAP y INUrea presentan desviaciones estándar altas, lo que indica que los valores se encuentran dispersos. Por el contrario, variables como INMEAT presentan una baja variabilidad.

- **INDAP**, muestra una distribución asimétrica con un sesgo positivo (1.26), con una concentración de los datos en el rango inferior que va de los 238 a los 500. La cola de la distribución toma valores cercanos a 954 lo que refleja la presencia de valores atípicos.
- **INMEAT**, presenta una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.95), con una concentración de los datos va de los 89.4 a los 169.8. La cola de la distribución toma valores cercanos a 954, con una dispersión de 18.62.

- **INUrea**, Esta variable muestra una distribución sesgada a la derecha (2.01), los datos se encuentran concentrados en un rango de 88 a 110, con una dispersión relativamente baja de 7.57, lo que indica que la mayoría de las observaciones se encuentran cercanas a la media.
- **INCEREAL**, Esta variable muestra una distribución con un sesgo positivo (0.68), la mayor cantidad de los datos se encuentran en un rango de los 89 a los 130, con una cola que se extiende a valores más altos llegando a los 169.80, lo que indica la existencia de valores atípicos en el extremo superior. La dispersión es moderada con un 32.12.
- **INOIL**, La variable INOIL presenta una distribución sesgada a la derecha de 1.64. La mayoría de los datos se encuentran en un rango de 75 hasta 150, con una cola que llega hasta los 246.40, lo que indica la presencia de valores atípicos.
- **INDJENERGIA**, Esta variable presenta un sesgo del 0.21. La mayoría de los datos se encuentran en un rango de 38 a 160, con una dispersión de 32.95. Sin existencia de valores atípicos extremos.

Del mismo modo, se procedió a obtener el histograma de frecuencias de los gastos promedio mensuales por persona de los productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica, los cuales se muestran en la Figura 12.



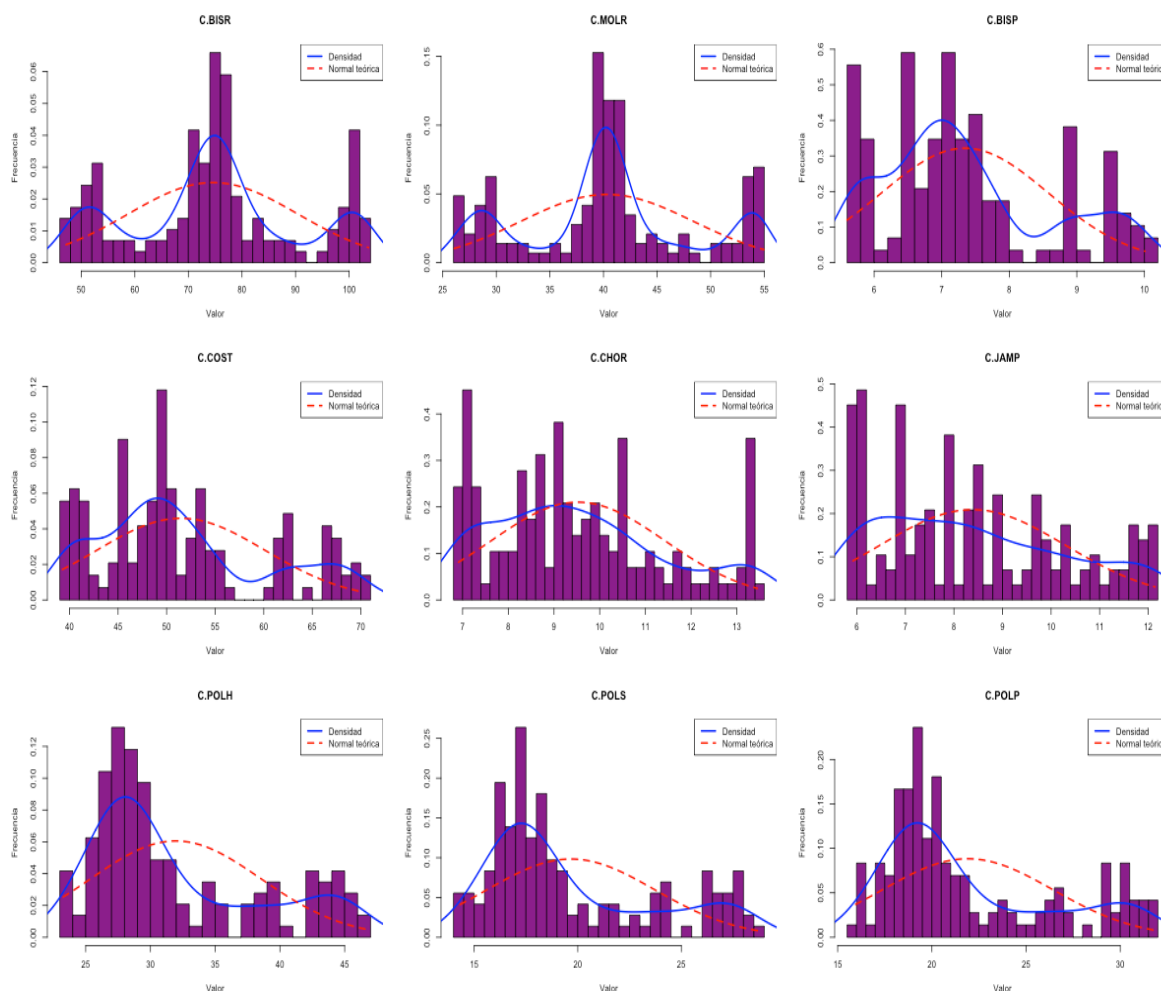
**Figura 12. Distribución de los precios de Productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **TORTILLA DE MAÍZ DE TODO TIPO Y COLOR (C.TORT):** Muestra una distribución asimétrica con un sesgo positivo (1.15), con una media de 64.64. La mayoría de los datos se encuentran en el rango inferior.
- **PASTA PARA SOPA (C.PAST):** La variable muestra un sesgo positivo a la derecha (1.03). Con una media de 5.27.

- **GALLETAS DULCES (C.GALL):** Tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de 0.89, la mayoría de los datos se encuentran en 7.72, la cola de la distribución se extiende a valores más altos con una media de 7.99.
- **PAN BLANCO: BOLILLO, TELERA, BAGUETE (C.PANB):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (1.49), con mediana de 23.11 y media de 25.17.
- **PAN DULCE EN PIEZAS (C.PAND):** La variable muestra un sesgo positivo de 0.96, con una media de 50.42.
- **PAN PARA SÁNDWICH, HAMBURGUESA, HOT DOG Y TOSTADO (C.PANS):** Muestra un sesgo positivo de (0.93), con una media de 11.21 y una mediana de 10.39.
- **ARROZ EN GRANO (C.ARRO):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.53) con una media de 6.73 y una mediana de 6.24.
- **CEREAL DE MAÍZ, DE TRIGO, DE ARROZ, DE AVENA, DE GRANOLA (C.CERE):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.73), con una media de 7.26 y una mediana de 7.08.
- **ACEITE VEGETAL: CANOLA, CÁRTAMO, GIRASOL, MAÍZ (C.ACEI):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (1.39), con una media de 9.27 y una mediana de 8.11.

Los histogramas de frecuencia de los productos cárnicos y embutidos correspondientes al gasto promedio mensual por persona fueron obtenidos y se muestran en la Figura 13



**Figura 13. Distribución de los precios de productos cárnicos y embutidos de la canasta básica.**

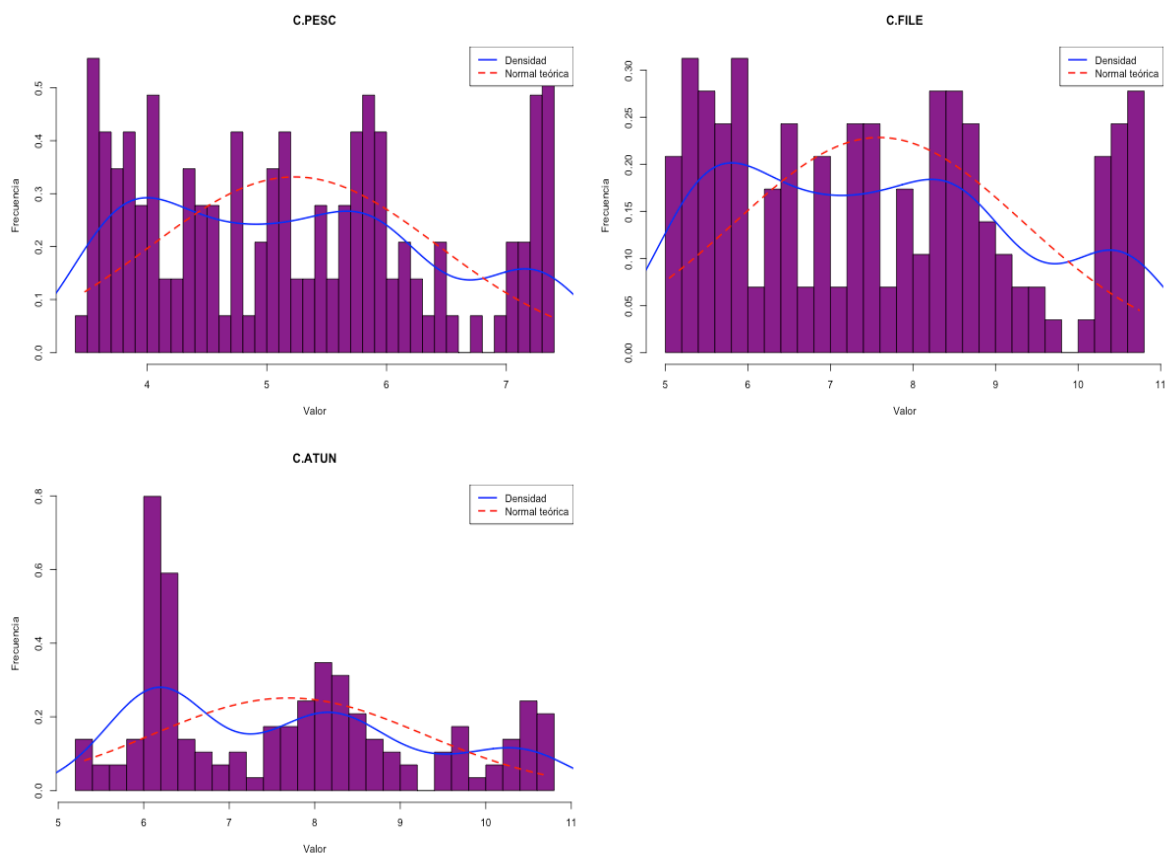
Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **BISTEC DE RES (C.BISR):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.11), con una media de 74.59 y una mediana de 75.18.
- **MOLIDA DE RES (C.MOLR):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.13), con una media de 40.33 y una mediana de 40.33
- **BISTEC DE PUERCO (C.BISP):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.64), con una media de 7.34 y una mediana de 7.03



- **COSTILLA Y CHULETA DE PUERCO (C.COST):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.64), con una media de 51.47 y una mediana de 49.29.
- **CHORIZO (C.CHOR):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.53), con mediana de 9.22 y media de 9.53.
- **JAMÓN DE PUERCO(C.JAMP):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.45), con mediana de 8.06 y media de 8.39.
- **PIERNA, MUSLO O PECHUGA DE POLLO CON HUESO (C.POLH):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.88), con mediana de 29.41 y media de 31.96.
- **PIERNA, MUSLO O PECHUGA DE POLLO SIN HUESO (C.POLS):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.88), con mediana de 20.16 y media de 21.90.
- **POLLO ENTERO O EN PIEZAS (EXCEPTO, PIERNA, MUSLO Y PECHUGA) ( C.POLP):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.88), con mediana de 20.16 y media de 21.90

Los histogramas de frecuencia del pescado fresco y procesado, correspondientes al gasto promedio mensual por persona fueron obtenidos y se muestran en la Figura 14.

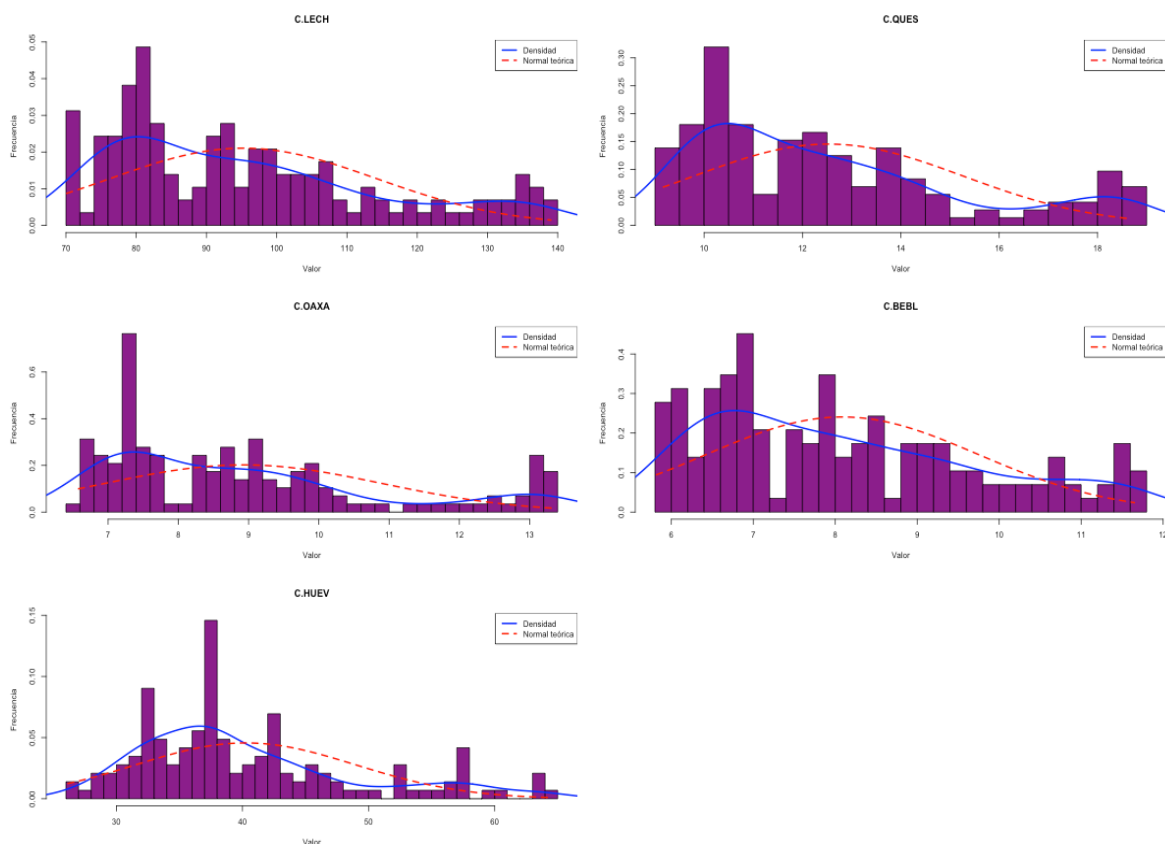


**Figura 14. Distribución de los precios del pescado fresco y procesado de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **PESCADO ENTERO LIMPIO Y SIN LIMPIAR (C.PESC):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.30), con una media de 5.23 y una mediana de 5.13.
- **FILETE DE PESCADO (C.FILE):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.30), con una media de 7.59 y una mediana de 7.45.
- **ATÚN ENLATADO (C.ATUN):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.42), con una media de 7.69 y una mediana de 7.75.

Los histogramas de frecuencia de los productos derivados de la leche y del huevo, correspondientes al gasto promedio mensual por persona fueron obtenidos y se muestran en la Figura 15.



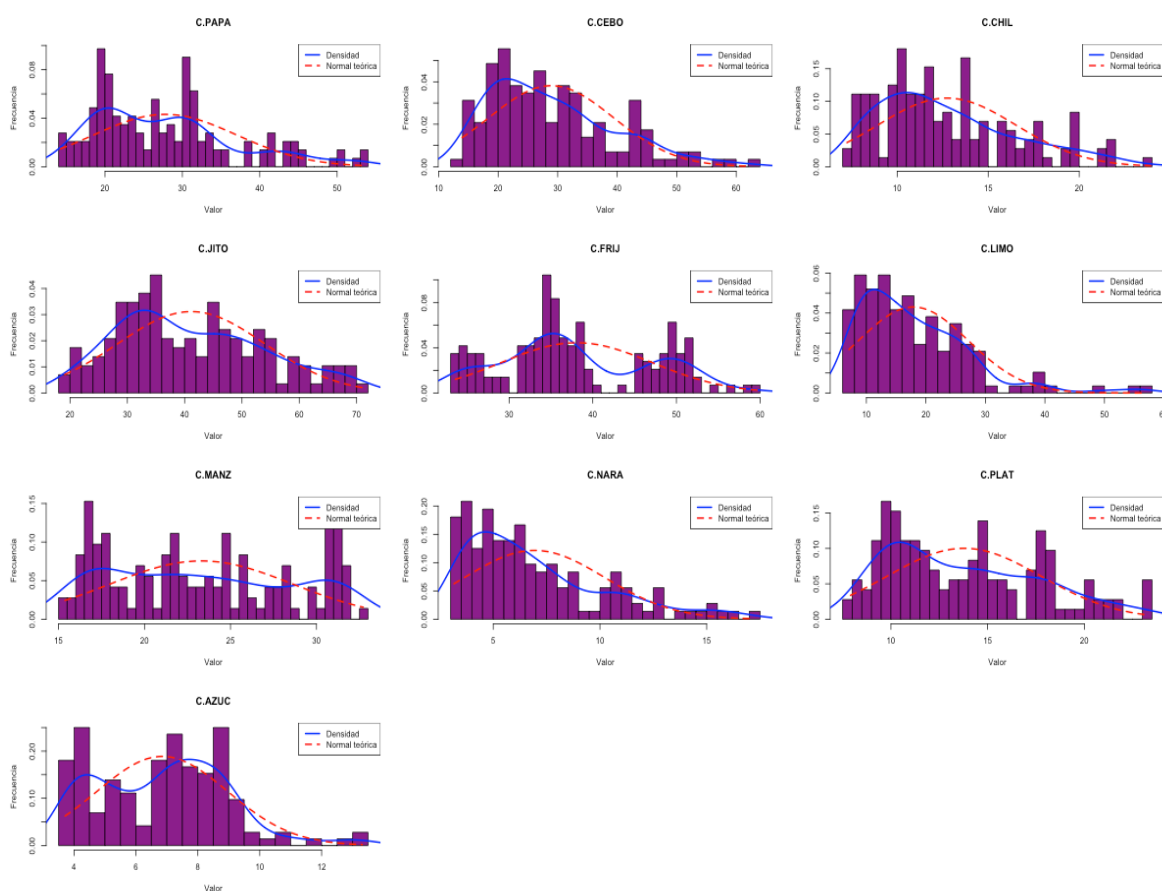
**Figura 15. Distribución de los precios de productos derivados de la leche y el huevo de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **LECHE PASTEURIZADA DE VACA (C.LECH):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.78), con mediana de 91.56y media de 95.24
- **QUESO FRESCO (C.QUES):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.92), con una media de 12.53 y una mediana de 11.85.
- **QUESO OAXACA O ASADERO (C.OAXA):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.95), con mediana de 8.50 y media de 8.93.

- **BEBIDAS FERMENTADAS DE LECHE (C.BEBL):** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.62), con una media de 8.09 y una mediana de 7.86
- **HUEVO DE GALLINA BLANCO Y ROJO (C.HUEV):** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (1), con mediana de 37.62 y media de 40.25.

Los histogramas de frecuencia de los precios de frutas y verduras de la canasta básica, correspondientes al gasto promedio mensual por persona fueron obtenidos y se muestran en la Figura 16.

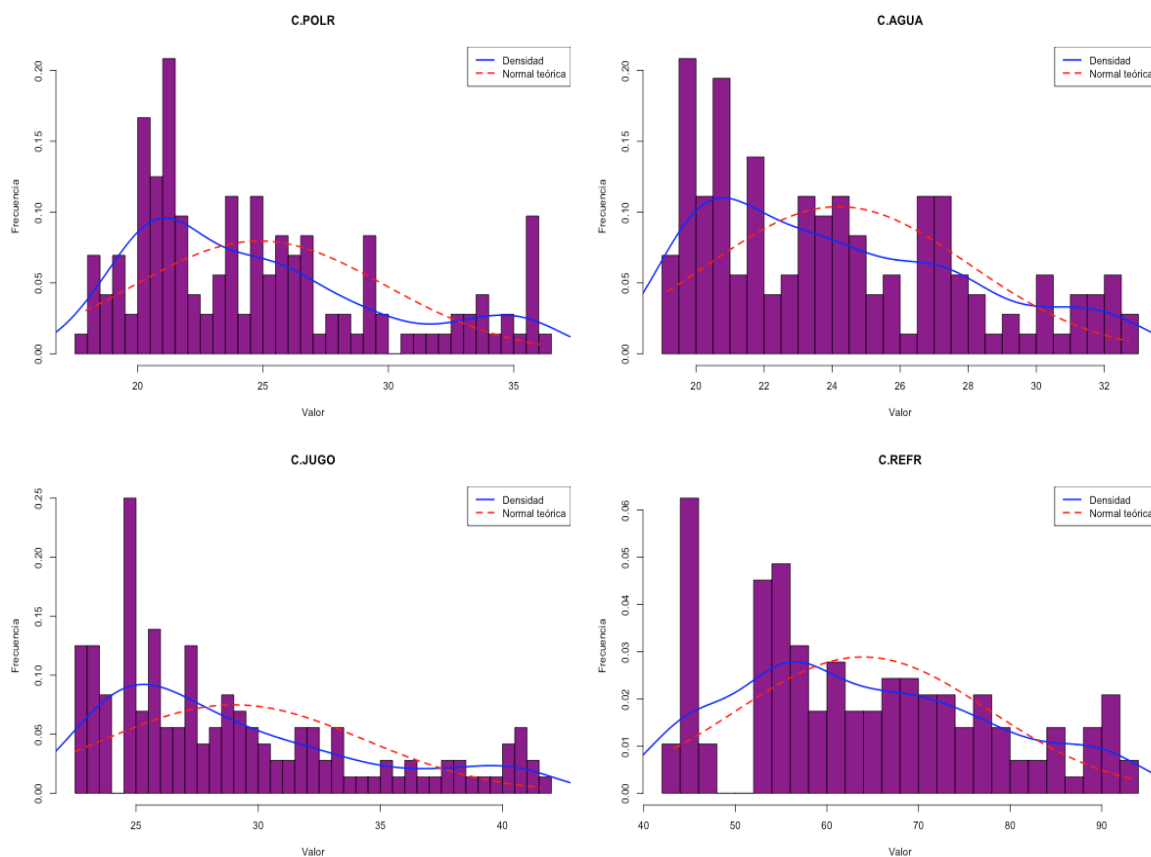


**Figura 16. Distribución de los precios de frutas y verduras de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **PAPA** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.87), con una media de 27.78 y una mediana de 26.71
- **CEBOLLA:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.85), con mediana de 26.54 y media de 28.91.
- **CHILE:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.78), con mediana de 11.82 y media de 12.73.
- **JITOMATE** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.44), con una media de 41.15 y una mediana de 38.93.
- **FRIJOL EN GRANO:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.29), con mediana de 35.98 y media de 38.08
- **LIMÓN** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (1.53), con una media de 17.90 y una mediana de 15.93.
- **MANZANA Y PERÓN:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.19), con mediana de 22.61 y media de 23.31.
- **NARANJA** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (1.10), con una media de 7.59 y una mediana de 7.45.
- **PLÁTANO VERDE Y TABASCO:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.57), con mediana de 13.09 y media de 13.78.
- **AZÚCAR BLANCA Y MORENA:** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.42), con una media de 6.85 y una mediana de 7.11.

Los histogramas de frecuencia de los precios de bebidas no procesadas de la canasta básica de la canasta básica, correspondientes al gasto promedio mensual por persona fueron obtenidos y se muestran en la Figura 17.

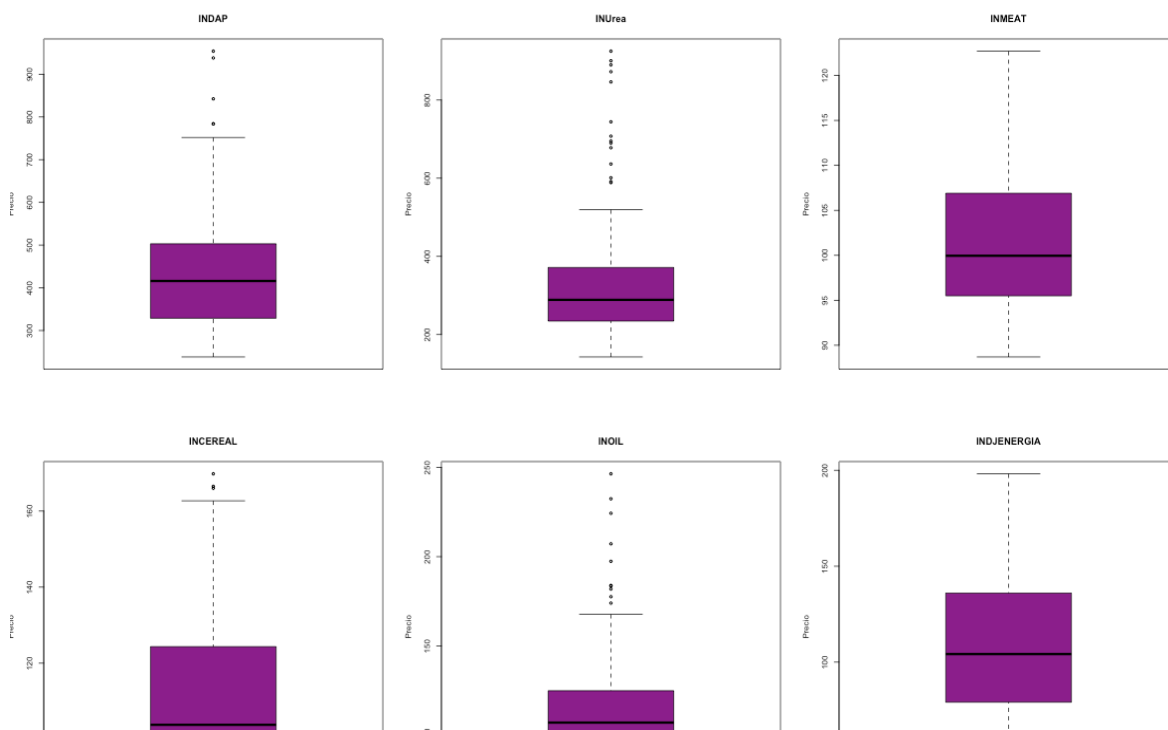


**Figura 17. Distribución de los precios de bebidas no procesadas de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **POLLO ROSTIZADO:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.80), con mediana de 23.73 y media de 24.86.
- **AGUA NATURAL EMBOTELLADA** La variable tiene una distribución asimétrica con un sesgo positivo de (0.60), con una media de 24.20 y una mediana de 23.56.
- **JUGOS Y NÉCTARES ENVASADOS:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.88), con mediana de 27.29 y media de 29.01.
- **REFRESCOS DE COLA Y DE SABORES:** Muestra una distribución asimétrica con sesgo positivo (0.38), con mediana de 61.59 y media de 63.95.

Se procedió a obtener bajo la misma agrupación por categorías los boxplots de los gastos mensuales promedio por persona y de los índices de los mercados internacionales de *commodities*, de este modo en la Figura 18 se obtuvieron los boxplots de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA.



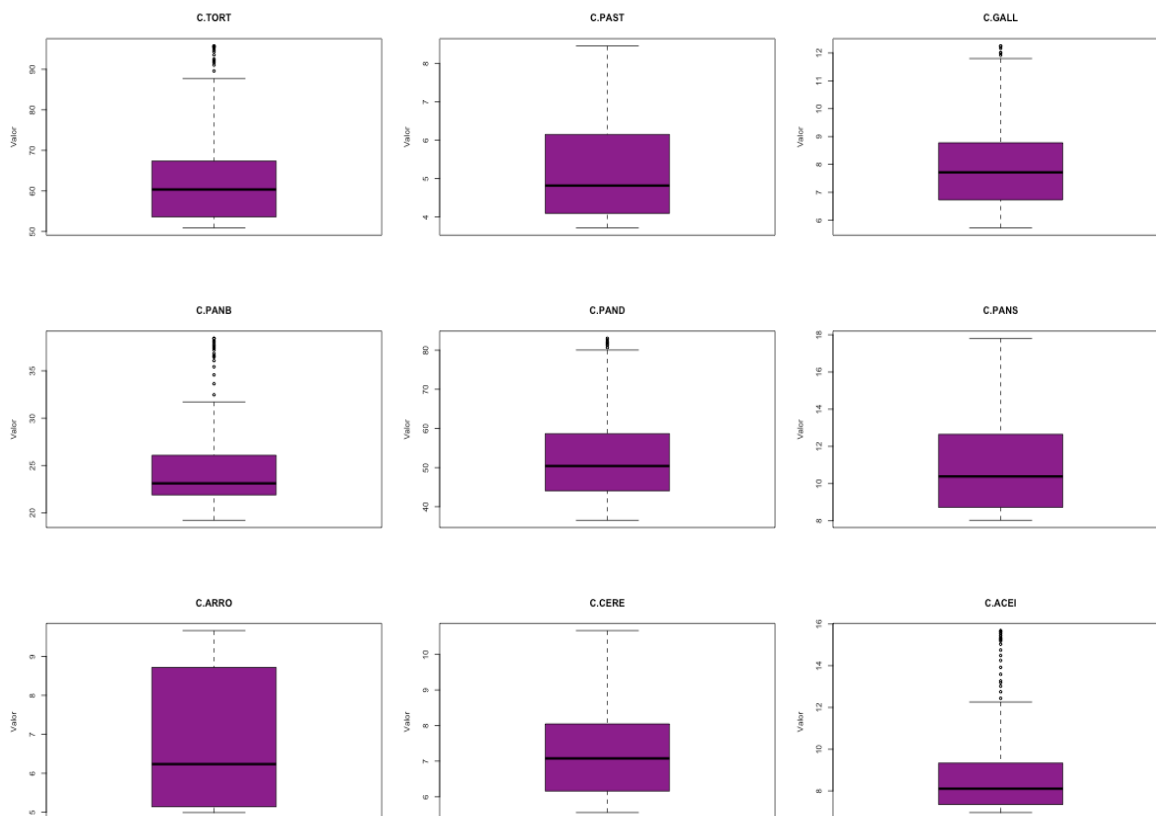
**Figura 18. Boxplots de las variables INDAP, INUREA, INMEAT, INCEREAL, IN OIL E INDENERGIA.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **INDAP**, el primer cuartil es de 238.16, lo que indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de este valor. La mediana es de 415.97 y el tercer cuartil tiene un valor de 623, lo que indica que el 75% de los datos se encuentran por debajo de este valor. El valor máximo en este conjunto de datos es de 954, cifra que está por debajo del límite superior (1023.68), lo que indica la presencia de outliers. El valor mínimo es de 238.16 cifra que mayor que el límite inferior.

- **INUrea**, la distribución presenta un sesgo positivo, con una mediana de 288 y un rango intercuartílico de 347.37. El valor máximo es de 925 cifra que supera el límite de 914.65, lo que indica la presencia de outliers. En lo que respecta al valor mínimo es de 142.63, valor que se encuentra en el rango esperado, por lo que no hay presencia de outliers.
- **INCEREAL**, el primer cuartil es de 97.6, lo que indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de este valor. La mediana es de 103.8 y el tercer cuartil tiene un valor de 124.3, lo que indica que el 75% de los datos se encuentran por debajo de este valor. El valor máximo en este conjunto de datos es de 169.8. El valor mínimo es de 89.4.
- **INMEAT** presenta una mediana de 99.95 y un rango intercuartílico de 27.30. Los bigotes se extienden desde 88.70 como valor mínimo y como valor máximo hasta los 169.80. Dichos valores se encuentran en el rango esperado por lo que no hay presencia de outliers.
- **INOIL** tiene una mediana de 107.10 y un rango intercuartílico de 74.80. El valor máximo es de 246.40, en lo que respecta al valor mínimo es de 75.20, valor que se encuentra dentro del rango esperado.
- **INDJENERGIA**, tiene una mediana de 104.18 y un rango intercuartílico de 111.21. El valor mínimo va de 38.70 hasta 198.16 como valor máximo, por lo que no se detectan outliers. En la Figura 18 se muestran los boxplots de los precios de Productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica.



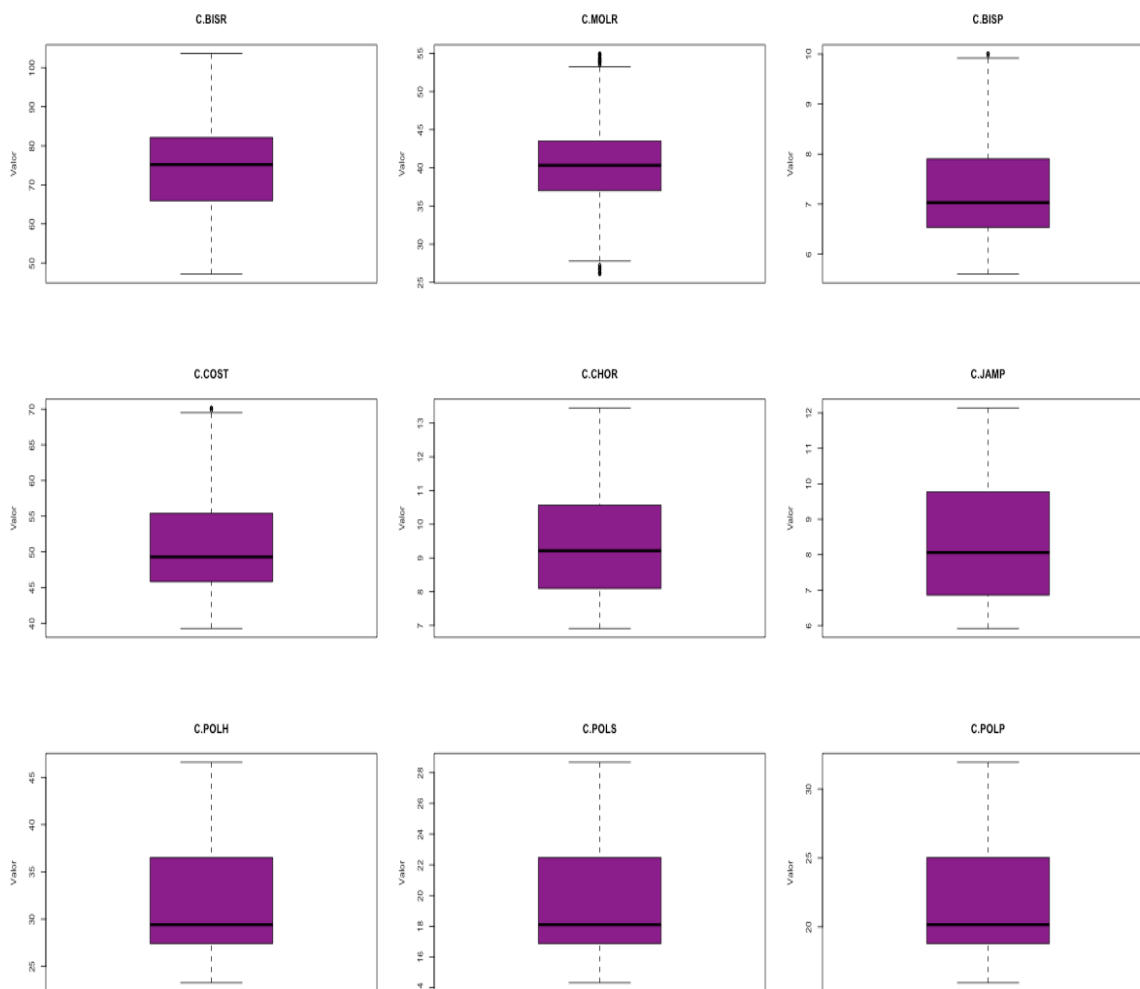


**Figura 19. Boxplots de los precios de Productos de panadería, cereales y derivados de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **TORTILLA DE MAÍZ DE TODO TIPO:** El precio mínimo es de 50.88 y su valor máximo es de 95.75. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 53.61, el 50% están por debajo de la mediana (63.65) y el 75% están por debajo de 67.33.
- **PASTA PARA SOPA:** El precio mínimo es de 4.08 y su valor máximo es de 8.46. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 4.09, el 50% están por debajo de la mediana (4.82) y el 75% están por debajo de 6.14.
- **GALLETAS DULCES:** El precio mínimo es de 5.72 y su valor máximo es de 12.25. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 6.7, el 50% están por debajo de la mediana (7.71) y el 75% están por debajo de 8.7.

- **PAN BLANCO, BOLILLO, TELERA:** El precio mínimo es de 19.21 y su valor máximo es de 38.44. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 21.89, el 50% están por debajo de la mediana (23.11) y el 75% están por debajo de 26.04.
- **PAN DULCE EN PIEZAS DE TODO TIPO:** El precio mínimo es de 36.55 y su valor máximo es de 83.02. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 44.09, el 50% están por debajo de la mediana (50.41) y el 75% están por debajo de 58.49.
- **ARROZ EN GRANO:** Tiene una distribución estable sin valores atípicos visibles. El precio mínimo es de 4.90 y su valor máximo es de 9.66. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 5.14, el 50% están por debajo de la mediana (6.30) y el 75% están por debajo de 8.70.
- **PAN PARA SÁNDWICH, HAMBURGUESA:** El precio mínimo es de 8 y su valor máximo es de 17.81. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 8.70, el 50% están por debajo de la mediana (10.39) y el 75% están por debajo de 12.62.
- **CEREAL:** El precio mínimo es de 5.50 y su valor máximo es de 10.67. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 6.15, el 50% están por debajo de la mediana (7.07) y el 75% están por debajo de 8.04.

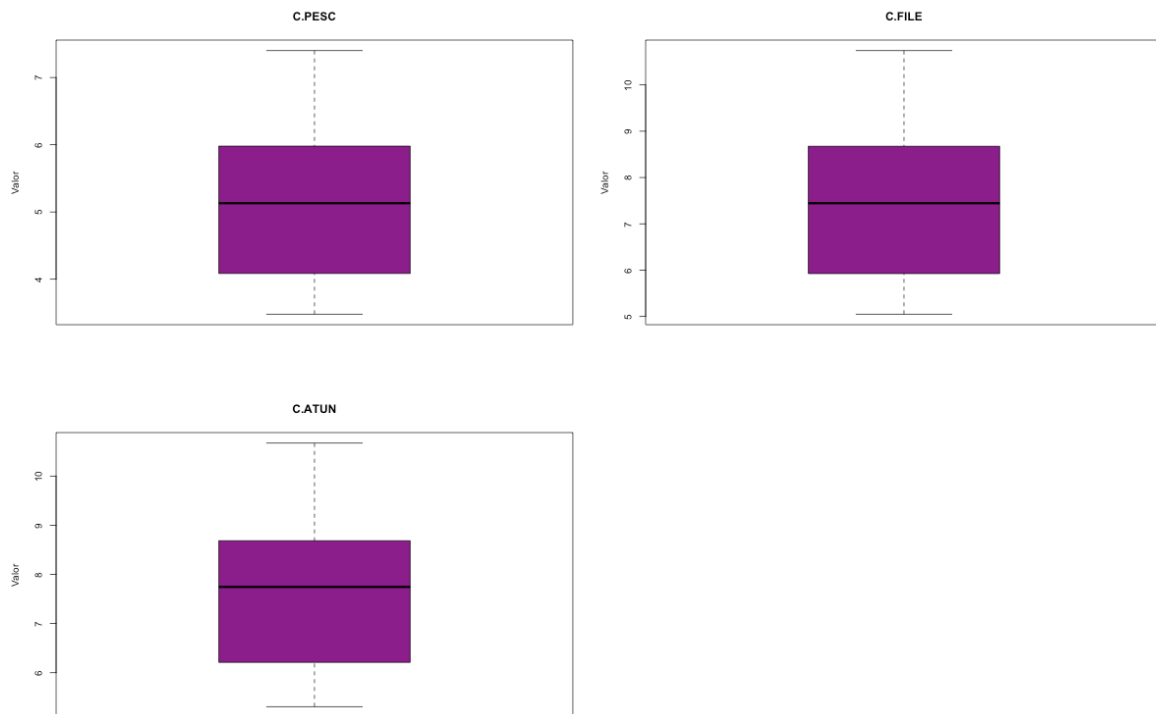


**Figura 20. Boxplots de los precios de productos cárnicos y embutidos de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **BISTEC DE PUERCO DE CUALQUIERA:** El precio mínimo es de 47.15 y su valor máximo es de 103.61. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 6.70, el 50% están por debajo de la mediana (75.17) y el 75% están por debajo de 81.90.
- **MOL:** El precio mínimo es de 26.08 y su valor máximo es de 54.96. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 37.22, el 50% están por debajo de la mediana (40.33) y el 75% están por debajo de 43.40.

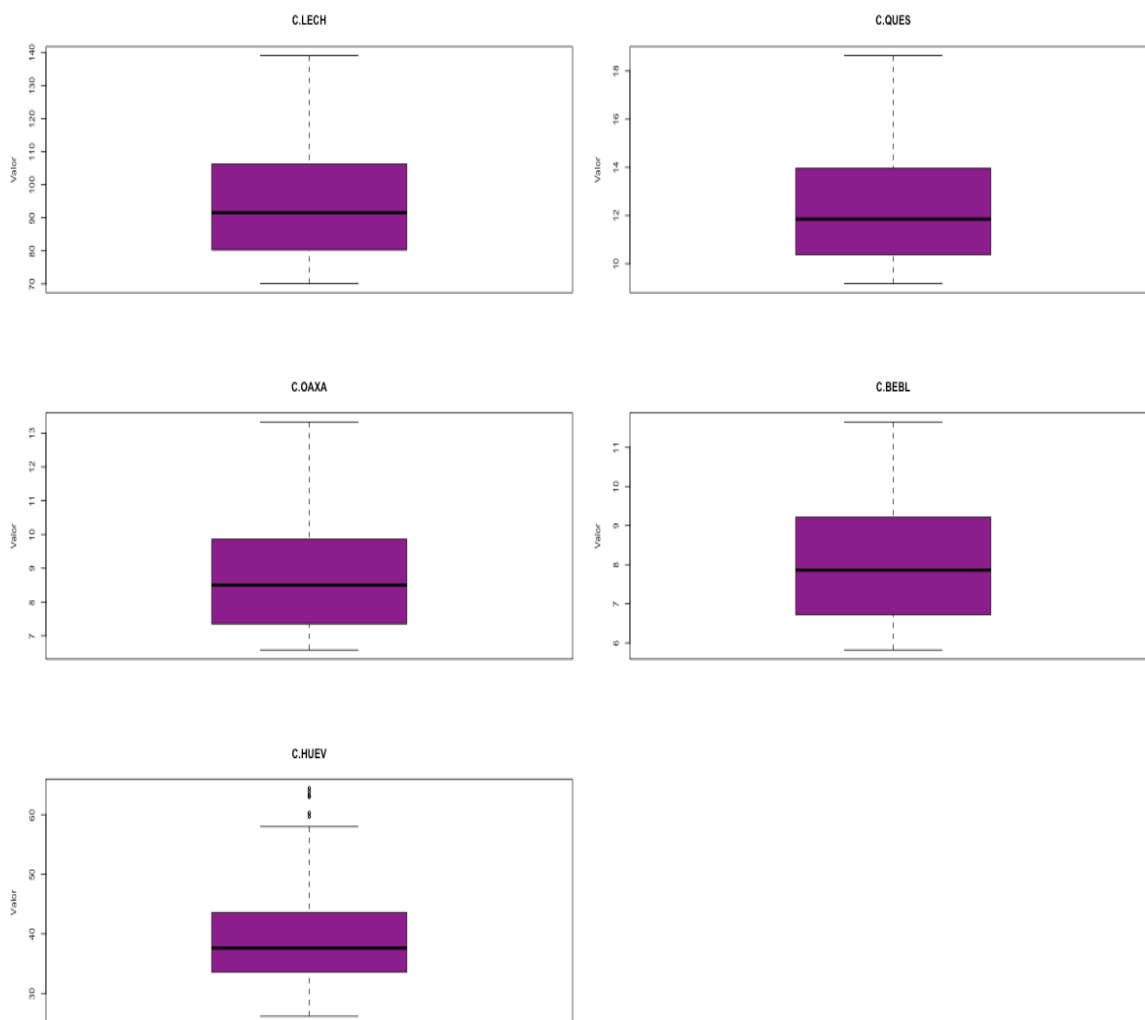
- **BISP:** El precio mínimo es de 8.29 y su valor máximo es de 70.17 con una media de 43.31 y una mediana de 49.28. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 44.92, el 50% están por debajo de la mediana (49.28) y el 75% están por debajo de 55.35.
- **COSTILLA Y CHULETA DE PUERCO:** El precio mínimo es de 39.27 y su valor máximo es de 70.17, una mediana de 49.28. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 45.84, el 50% están por debajo de la mediana (49.28) y el 75% están por debajo de 55.35.
- **CHORIZO CON CUALQUIER CONDIMENTO:** El precio mínimo es de 6.9 y su valor máximo es de 13.450. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 8.11, el 50% están por debajo de la mediana (7.075) y el 75% están por debajo de 8.04.
- **JAMÓN DE PUERCO:** El precio mínimo es de 5.9 y su valor máximo es de 12.14. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 6.8, el 50% están por debajo de la mediana (8.060) y el 75% están por debajo de 9.750.
- **PIERNA, MUSLO O PECHUGA DE POLLO.** El precio mínimo es de 23.27 y su valor máximo es de 46.60. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 27.43, el 50% están por debajo de la mediana (29.41) y el 75% están por debajo de 36.26.
- **PIERNA, MUSLO O PECHUGA DE POLLO SIN HUESO:** El precio mínimo es de 14.32 y su valor máximo es de 28.68. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 16.88, el 50% están por debajo de la mediana (18.10) y el 75% están por debajo de 28.68
- **POLLO ENTERO O EN PIEZAS (EXCEPTO, PIERNA, MUSLO Y PECHUGA):** El precio mínimo es de 15.95 y su valor máximo es de 31.94. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 18.80, el 50% están por debajo de la mediana (20.16) y el 75% están por debajo de 24.85.



**Figura 21. Boxplots de los precios del pescado fresco y procesado de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **PESCADO:** El precio mínimo del pescado de pescado es de 3.4 y su valor máximo es de 7.4 El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 4.08, el 50% están por debajo de la mediana (5.125) y el 75% están por debajo de 6.0.
- **FILETE DE PESCADO:** El precio mínimo del filete de pescado es de 5.05 y su valor máximo es de 10.74. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 5.928, el 50% están por debajo de la mediana (7.45) y el 75% están por debajo de 8.67.
- **ATÚN ENLATADO:** El precio mínimo del atún enlatado es de 5.3 y su valor máximo es de 10.67. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 6.2, el 50% están por debajo de la mediana (7.77) y el 75% están por debajo de 8.6.



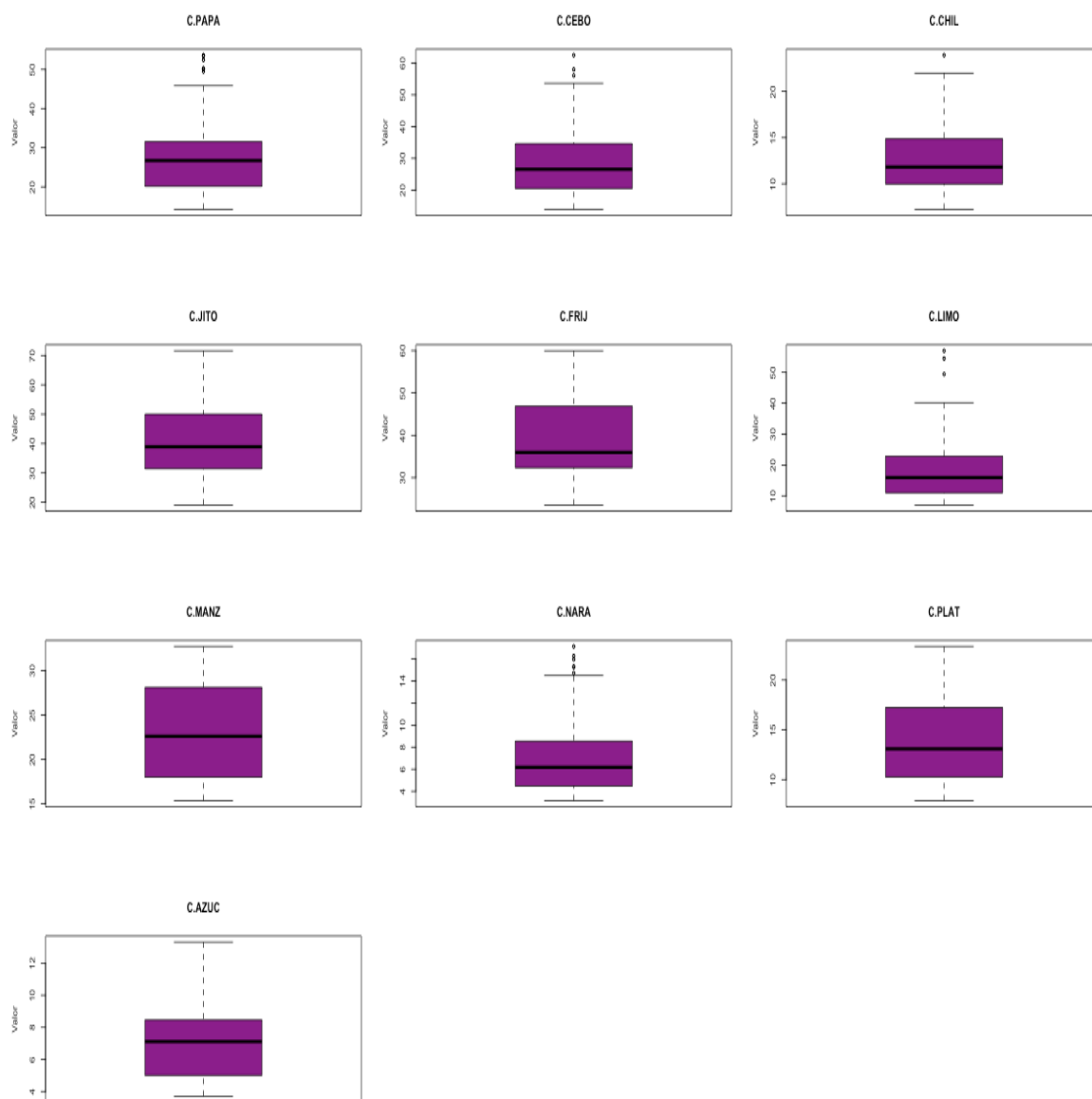
**Figura 22. Boxplots de los precios de productos derivados de la leche y del huevo en la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- LECHE PASTEURIZADA DE VACA:** El precio mínimo de la leche pasteurizada de vaca es de 7.51 y su valor máximo es de 139.02 con una media de 78.79 y una mediana de 91.56. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 79.78, el 50% están por debajo de la mediana (91.56) y el 75% están por debajo de 106.11.
- QUESO FRESCO:** Muestra un rango intercuartílico moderado y estabilidad sin valores extremos destacados. El precio mínimo del Queso Fresco es de 10.28 y su

valor máximo es de 20.38 con una media de 14.01 y una mediana de 13.44. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 11.77, el 50% están por debajo de la mediana (13.44) y el 75% están por debajo de 16.15.

- **QUESO OAXACA O ASADERO:** El precio mínimo del queso Oaxaca o asadero es de 7.30 y su valor máximo es de 35.99 con una media de 12.64 y una mediana de 9.81. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 8.45, el 50% están por debajo de la mediana (9.81) y el 75% están por debajo de 13.29.
- **BEBIDAS FERMENTADAS DE LECHE:** El precio mínimo de las bebidas fermentadas de leche es de 6.55 y su valor máximo es de 11.65 con una media de 8.77 y una mediana de 8.53. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 7.76, el 50% están por debajo de la mediana (8.53) y el 75% están por debajo de 9.70.
- **HUEVO DE GALLINA BLANCO Y ROJO:** El precio mínimo del huevo de gallina blanco y rojo es de 20.73 y su valor máximo es de 64.43 con una media de 39.54 y una mediana de 37.23. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 32.53, el 50% están por debajo de la mediana (37.23) y el 75% están por debajo de 44.44.



**Figura 23. Boxplots de los precios de frutas y verduras frescas de la canasta básica.**

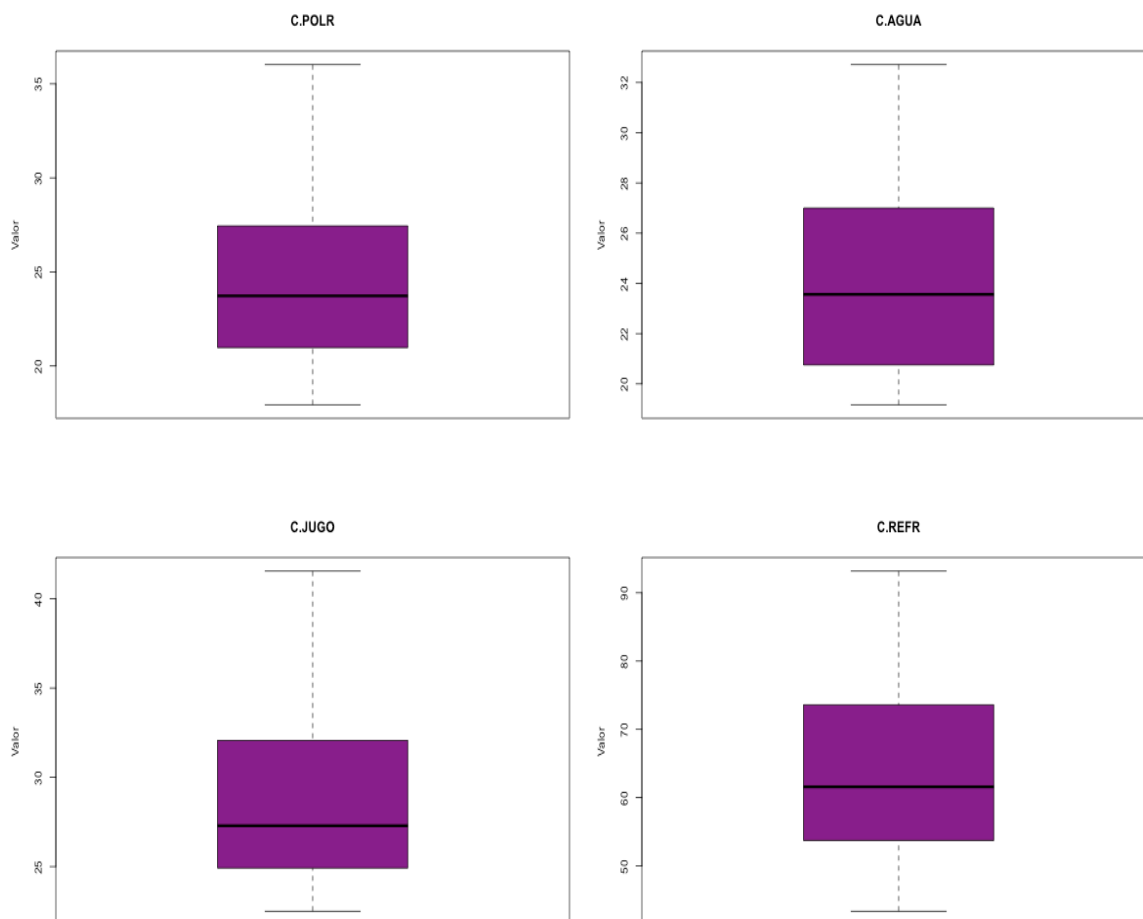
Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **PAPA:** El precio mínimo de la papa es de 14.26 y su valor máximo es de 53.65. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 20.16, el 50% están por debajo de la mediana (26.74) y el 75% están por debajo de 31.54.



- **CEBOLLA:** El precio mínimo de la cebolla es de 13.84 y su valor máximo es de 62.48. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 20.48, el 50% están por debajo de la mediana (26.54) y el 75% están por debajo de 62.48.
- **CHILE:** El precio mínimo del chile de 7.2 y su valor máximo es de 23.92. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 9.99 el 50% están por debajo de la mediana (11.81) y el 75% están por debajo de 14.87.
- **JITOMATE:** El precio mínimo del jitomate es de 19.11 y su valor máximo es de 23.36. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 31.52, el 50% están por debajo de la mediana (41.15) y el 75% están por debajo de 49.98.
- **FRIJOL EN GRANO:** El precio mínimo del frijol en grano es de 23.58 y su valor máximo de 59.95. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 32.38, el 50% están por debajo de la mediana (35.98) y el 75% están por debajo de 46.83.
- **LIMÓN:** El precio mínimo del limón es de 7.08 y su valor máximo es de 56.96. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 10.98, el 50% están por debajo de la mediana (15.93) y el 75% están por debajo de 22.85.
- **MANZANA Y PERÓN:** El precio mínimo de la manzana y perón es de 15.37 y su valor máximo es de 32.72. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 18.04, el 50% están por debajo de la mediana (22.61) y el 75% están por debajo de 28.04.
- **NARANJA:** El precio mínimo de la naranja es de 3.1 y su valor máximo es de 17.13. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 4.40, el 50% están por debajo de la mediana (6.1) y el 75% están por debajo de 8.5.
- **PLÁTANO VERDE Y TABASCO:** El precio mínimo del Plátano verde y tabasco es de 7.91 y su valor máximo es de 23.36. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 10.27, el 50% están por debajo de la mediana 13.09 y el 75% están por debajo de 17.22.

- **AZÚCAR BLANCA Y MORENA:** El precio mínimo del Azúcar blanca y morena es de 3.7 y su valor máximo es 13.31. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 5.03, el 50% están por debajo de la mediana (7.1) y el 75% están por debajo de 8.4.



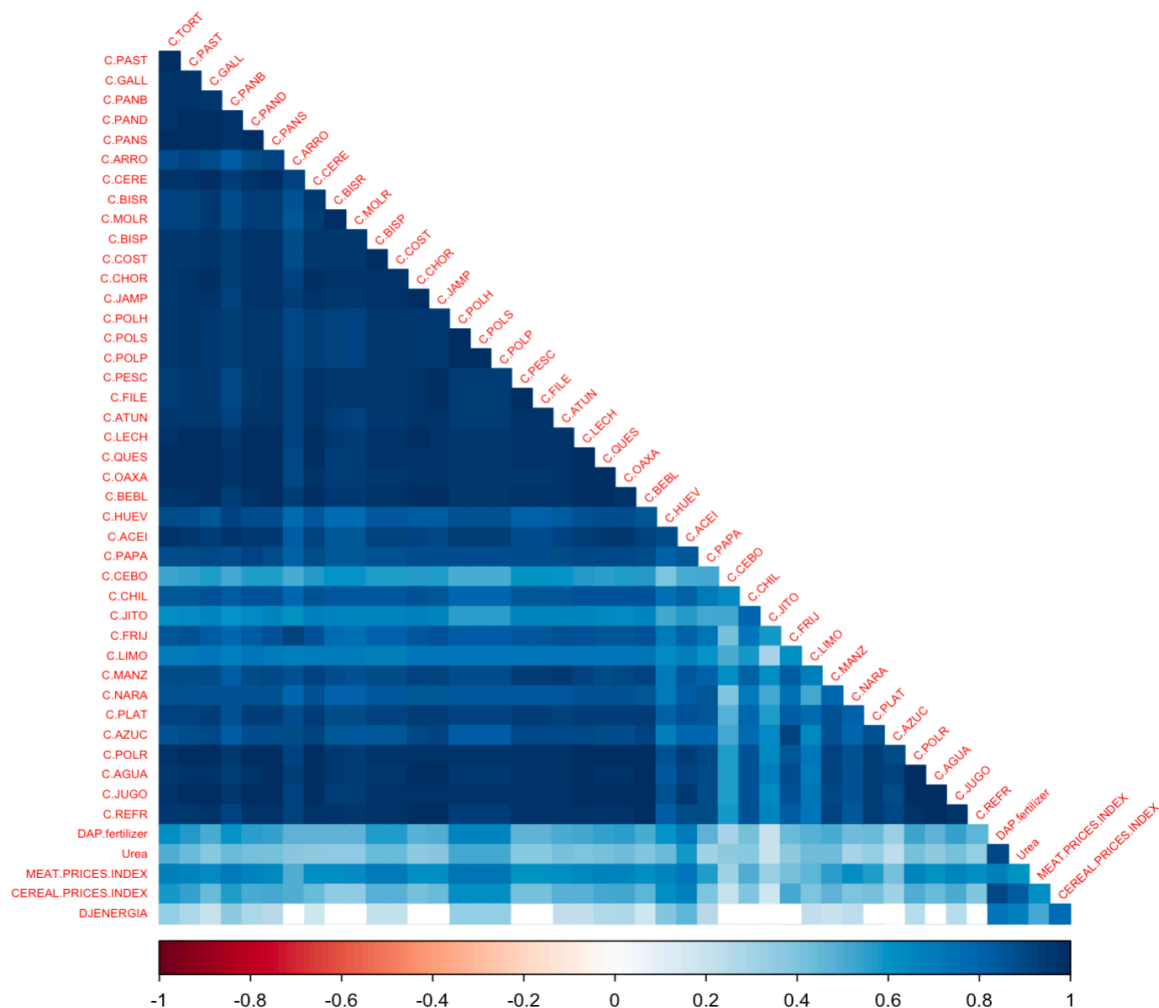
**Figura 24. Boxplots de los precios de bebidas no procesadas de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

- **POLLO ROSTIZADO:** El precio mínimo del pollo rostizado es de 17.94 y su valor máximo es de 36.02. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 20.98, el 50% están por debajo de la mediana (23.73) y el 75% están por debajo de 27.33.

- **AGUA EMBOTELLADA:** El precio mínimo del agua embotellada es de 19.17 y su valor máximo es de 32.71. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 20.76 el 50% están por debajo de la mediana (23.73) y el 75% están por debajo de 32.71.
- **JUGO:** El precio mínimo del pollo rostizado es de 22.50 y su valor máximo es de 41.55. El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 24.92, el 50% están por debajo de la mediana (27.29) y el 75% están por debajo de 32.04.
- **REFRESCOS:** El precio mínimo del pollo rostizado es de 43.37 y su valor máximo es de 93.17 El primer cuartil indica que el 25% de los datos se encuentran por debajo de 53.84, el 50% están por debajo de la mediana (61.59) y el 75% están por debajo de 73.39.

Con la finalidad de analizar la relación lineal de las variables de estudio, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson. Estadístico que permite cuantificar la dirección y la fuerza de la asociación lineal entre dos variables.



**Figura 25. Correlograma- triángulo inferior de Pearson de los índices de precios globales y de los precios de los productos de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

En la figura 25, puede observarse que existe una alta correlación entre productos de la canasta básica, lo que sugiere que los precios tienden a moverse de manera conjunta. Por otro lado, existe una baja correlación con los índices energéticos y los precios de los productos de la canasta básica, lo que podría indicar que sus variaciones en los precios no afectan de manera inmediata a los precios de la canasta básica.



dependencia significativa. Por el otro lado la variable INUREA también muestra una fuerte correlación con la variable INDAP(0.90) e INCEREAL(0.83). En cuanto a la variable INMEAT, se observan correlaciones bajas de 0.40 con todas las variables. La variable INCEREAL, se encuentra fuertemente correlacionada con las variables INDAP(0.84), INUREA(0.84) e INDJENERGIA(0.73), lo que indica que estas variables podrían estar influenciadas por factores comunes. Respecto a la variable INOIL, se encuentra modernamente correlacionada con las variables INDAP (0.69), INUREA(0.64) e INCEREAL(0.73). La variable INDJENERGIA, presenta correlaciones moderadas alta con las variables INDAP(0.71), INUREA(0.77) e INCEREAL(0.73).

En lo que se refiere a los precios de los productos de la canasta básica se observa como la mayoría de las variables presentan una correlación alta. Productos como la tortilla, las pastas, el pan blanco, el pan dulce, el arroz, los productos cárnicos y derivados muestran una relación estrecha, lo que podría indicar que algunos precios de los productos de la canasta básica incrementan en la misma proporción. Por otro lado, productos como la cebolla, el jitomate, el chile, el frijol y el limón presentan una menor correlación con el resto (0.6-0.3) lo que podría ser un indicador de que los productos varían de forma independiente. Por último, puede observarse que los resultados difieren respecto a los obtenidos con Pearson, ya que con Spearman se revelan correlaciones moderadas, lo que sugiere que la relación entre el índice de energía y los precios de los productos de la canasta básica no es lineal.

A partir de los hallazgos previos del análisis exploratorio, se procedió a evaluar formalmente el supuesto de normalidad de las variables. Para ello se utilizaron las pruebas Shapiro-Wilk y de Kolmogórov-Smirnov. En ambas, se evalúa la hipótesis nula de normalidad, la cual se rechaza si el valor de p es menor a 0.05. Este resultado indica que las variables no siguen una distribución normal.

Los resultados, detallados en la tabla 4, confirman que ninguna de las variables se ajusta a una distribución normal.

<b>Tabla 4. Resultados de la prueba de normalidad.</b>				
Variable	Shapiro_Wilk_p	Lilliefors_p	Es_Normal_Shapiro	Es_Normal_Lilliefors
C.TORT	2.39E-12	1.85E-11	No	No
C.PAST	9.65E-11	3.29E-09	No	No
C.GALL	1.66E-07	0.00098304	No	No
C.PANB	8.34E-14	6.33E-17	No	No
C.PAND	4.98E-09	1.37E-07	No	No
C.PANS	1.12E-09	1.03E-06	No	No
C.ARRO	1.31E-11	2.44E-11	No	No
C.CERE	6.66E-07	0.00070464	No	No
C.BISR	2.62E-06	3.29E-05	No	No
C.MOLR	9.98E-07	5.43E-07	No	No
C.BISP	2.96E-07	2.44E-06	No	No
C.COST	2.84E-07	2.89E-06	No	No
C.CHOR	3.78E-06	0.0145384	No	No
C.JAMP	1.04E-06	0.00171778	No	No
C.POLH	3.49E-10	5.99E-14	No	No
C.POLS	3.49E-10	6.24E-14	No	No
C.POLP	3.50E-10	6.42E-14	No	No
C.PESC	3.33E-06	0.00390117	No	No
C.FILE	3.29E-06	0.00413898	No	No
C.ATUN	1.64E-07	1.84E-09	No	No
C.LECH	8.97E-08	5.58E-06	No	No
C.QUES	2.22E-09	8.48E-07	No	No
C.OAXA	7.42E-10	6.34E-08	No	No
C.BEBL	9.91E-07	3.11E-06	No	No
C.HUEV	7.16E-08	1.61E-08	No	No
C.ACEI	4.69E-15	2.48E-27	No	No
C.PAPA	8.71E-07	0.0008552	No	No
C.CEBO	2.70E-06	0.00175712	No	No
C.CHIL	4.56E-06	0.00019902	No	No
C.JITO	0.00087664	0.00018077	No	No
C.FRIJ	2.30E-05	3.95E-06	No	No
C.LIMO	7.86E-10	1.99E-05	No	No
C.MANZ	6.77E-07	0.00037826	No	No
C.NARA	5.34E-09	2.28E-07	No	No
C.PLAT	6.04E-06	1.63E-05	No	No
C.AZUC	2.77E-05	0.00374539	No	No
C.POLR	5.22E-08	2.39E-06	No	No
C.AGUA	5.27E-07	6.05E-05	No	No
C.JUGO	9.54E-09	2.67E-07	No	No
C.REFR	5.03E-05	0.00376341	No	No
INDAP	7.62E-09	5.86E-03	No	No
INUrea	7.66E-14	6.30E-05	No	No
INMEAT	3.20E-05	1.11E-01	No	No
INCEREAL	7.97E-09	1.81E-04	No	No
INOIL	8.06E-11	2.08E-04	No	No
INDJENERGIA	1.45E-03	1.48E-01	No	No

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

## 4.2 Fase II: análisis clúster

Tal y como se indica en los objetivos específicos de este trabajo de investigación, se buscó categorizar los productos que conforman la canasta básica de acuerdo con su comportamiento en lo referente al gasto mensual destinado y la variabilidad de este. Dado que el análisis exploratorio reveló distribuciones sesgadas y la presencia de valores atípicos, se seleccionó la mediana y el coeficiente de variación como medidas robustas para caracterizar el comportamiento de cada producto. Los estadísticos correspondientes a cada uno de los productos conforman la canasta básica se muestran en la tabla 5.

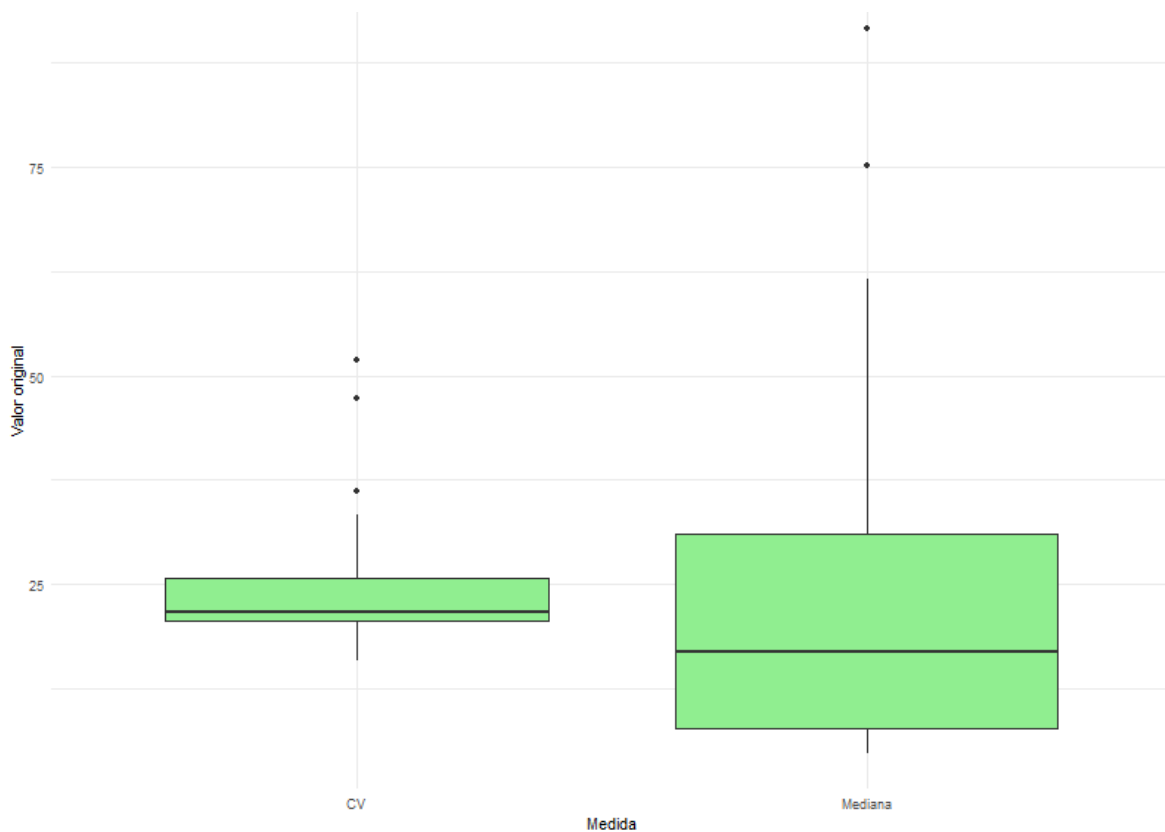
<b>Tabla 5. Caracterización de productos de la canasta básica por mediana y coeficiente de variación.</b>			
Producto	Nombre completo	Mediana	CV
C-PAST	Sopa de pasta	4.81	0.26
C-PESC	Pescado	5.13	0.22
C-NARA	Naranja	6.18	0.47
C-ARRO	Arroz	6.23	0.24
C-BISP	Bistec de pollo	7.03	0.16
C-CERE	Cereal	7.07	0.18
C-AZUC	Azúcar	7.11	0.30
C-FILE	Filete de pescado	7.44	0.23
C-GALL	Galletas	7.71	0.21
C-ATUN	Atún	7.74	0.20
C-BEBL	Bebidas lácteas fermentadas	7.86	0.20
C-JAMP	Jamón de pavo	8.06	0.22
C-ACEI	Aceite comestible	8.10	0.29
C-OAXA	Queso Oaxaca	8.5	0.22
C-CHOR	Chorizo	9.21	0.19
C-PANS	Pan para sándwich	10.38	0.25
C-CHIL	Chile	11.81	0.29
C-QUES	Queso fresco	11.85	0.21
C-PLAT	Plátano	13.09	0.28
C-LIMO	Limón	15.92	0.51
C-POLS	Pollo sin hueso	18.1	0.20
C-POLP	Pollo por pieza	20.16	0.20
C-MANZ	Manzana	22.61	0.22
C-PANB	Pan blanco	23.11	0.20
C-AGUA	Agua embotellada	23.56	0.15
C-POLR	Pollo rallado	23.72	0.20
C-CEBO	Cebolla	26.54	0.36



<b>Tabla 5. Caracterización de productos de la canasta básica por mediana y coeficiente de variación.</b>			
Producto	Nombre completo	Mediana	CV
C-PAPA	Papa	26.71	0.33
C-JUGO	Jugo	27.29	0.18
C-POLH	Pollo con hueso	29.41	0.20
C-FRIJ	Frijol	35.98	0.23
C-HUEV	Huevo	37.62	0.21
C-JITO	Jitomate	38.92	0.31
C-MOLR	Carne molida de res	40.33	0.19
C-COST	Costilla de res	49.29	0.16
C-PAND	Pan dulce	50.41	0.23
C-TORT	Tortilla	60.35	0.20
C-REFR	Refresco	61.58	0.21
C-BISR	Bistec de res	75.17	0.21
C-LECH	Leche	91.56	0.19

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

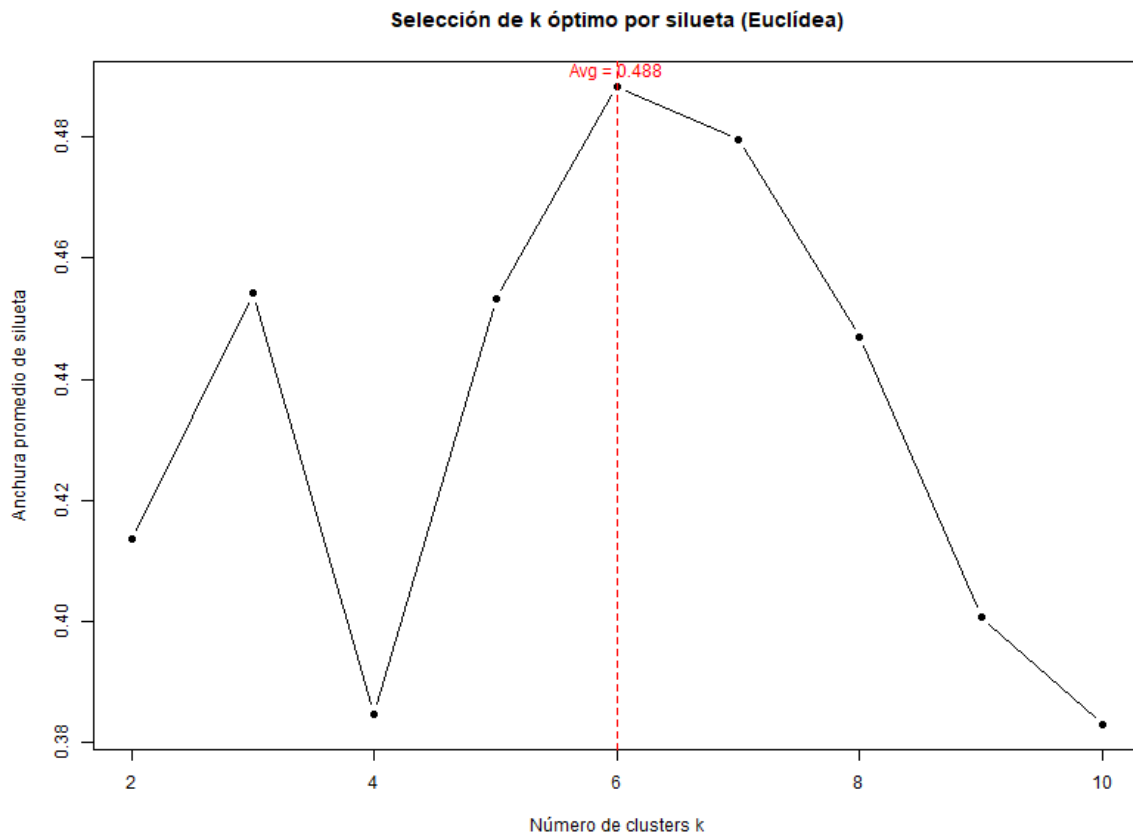
Como puede observarse en la tabla 5, el producto con la mediana más alta es la leche (C-LECH), con una mediana de \$91.56, lo que corresponde a un gasto de 91.56 mensuales por persona a partir del consumo típico de leche en la población mexicana; por otro lado, el producto con la menor mediana es la sopa de pasta (C-PAST) con un gasto promedio mensual de 4.815, por otro lado, en lo referente a variabilidad, el producto con la mayor variabilidad en el gasto fue el limón (C-LIMO) con un coeficiente de variación de 0.51, mientras que el producto con menor variación fue el agua (C-AGUA) con un coeficiente de variación de 0.15, en la Figura 27, se muestra el boxplot correspondiente a la mediana y el CV de los productos que conforman la canasta básica.



**Figura 27. Boxplot de mediana y CV (sin estandarizar) de los productos de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

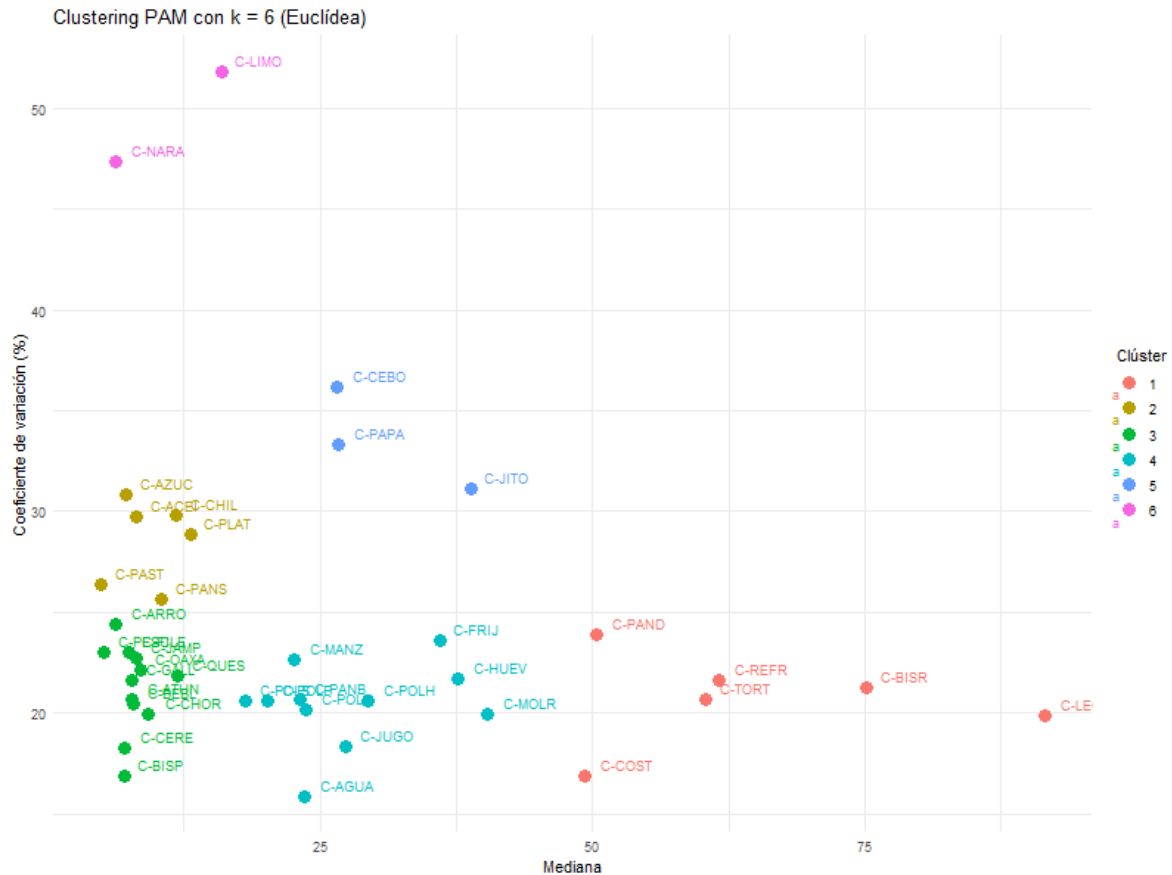
A partir del boxplot de la Figura 27, se observa la presencia de outliers en la mediana y el coeficiente de variación (CV) de los productos de la canasta básica. En ese sentido se selecciona como alternativa metodológica el método K-medoids(PAM) para el análisis clúster, ya que es una técnica robusta y menos sensible a la presencia de datos extremos. Para determinar un número óptimo de clústeres se utilizó el método de la silueta, cuyos resultados se muestran en la figura 28.



**Figura 28. Índice de la silueta para distintos números de clúster, método PAM con distancia euclídea.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

Como se muestra en la figura 28, el análisis del índice de silueta indica que el número óptimo de clústeres es de 6, este valor proporciona la anchura de silueta mayor para los valores de k clústeres evaluados. Con base a este resultado, se procede a realizar el análisis clúster con 6 grupos, utilizando el método PAM con distancia euclídea y datos previamente estandarizados.



**Figura 29. Clustering PAM a partir de la distancia euclídea, de los productos de la canasta básica.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio.

En la figura 29, se observan los clústeres agrupados a partir de su dispersión relativa (coeficiente de variación) y el gasto mensual mediana por persona. A partir de esta visualización, se observa una clara diferenciación entre las características de cada grupo:

- Clúster 1, 3 y 4 (medianas altas, variabilidad baja): Agrupa productos con un gasto mensual promedio elevado, pero muy estable.
- Clúster 5 (medianas medias, variabilidad media): Presenta un gasto promedio entre 25 y 50, con una dispersión moderada.
- Clúster 6 (medianas bajas, variabilidad alta): Incluye a la naranja y el limón, destacándose como el grupo con la mayor variabilidad en el gasto (superior al 45%).

Tabla 6. Asignación de clúster por producto.			
producto	Mediana	CV	clúster
C-TORT	60.35	20.72	1
C-PAND	50.41	23.88	1
C-BISR	75.17	21.26	1
C-COST	49.29	16.88	1
C-LECH	91.56	19.9	1
C-REFR	61.58	21.62	1
C-PAST	4.81	26.37	2
C-PANS	10.38	25.67	2
C-ACEI	8.105	29.72	2
C-CHIL	11.81	29.83	2
C-PLAT	13.09	28.88	2
C-AZUC	7.11	30.84	2
C-GALL	7.71	21.64	3
C-ARRO	6.23	24.4	3
C-CERE	7.075	18.31	3
C-BISP	7.03	16.88	3
C-CHOR	9.21	19.92	3
C-JAMP	8.06	22.75	3
C-PESC	5.13	22.99	3
C-FILE	7.44	23	3
C-ATUN	7.74	20.65	3
C-QUES	11.85	21.86	3
C-OAXA	8.5	22.11	3
C-BEBL	7.86	20.49	3
C-PANB	23.11	20.67	4
C-MOLR	40.33	19.94	4
C-POLH	29.41	20.61	4
C-POLS	18.1	20.61	4
C-POLP	20.16	20.62	4
C-HUEV	37.62	21.71	4
C-FRIJ	35.98	23.61	4
C-MANZ	22.61	22.67	4
C-POLR	23.72	20.16	4
C-AGUA	23.56	15.88	4
C-JUGO	27.29	18.36	4
C-PAPA	26.71	33.28	5
C-CEBO	26.54	36.17	5
C-JITO	38.92	31.12	5
C-LIMO	15.92	51.79	6
C-NARA	6.18	47.32	6

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Los resultados muestran que los productos que poseen la mayor variación son el limón, la naranja, observándose una mayor variación en los cítricos si se comparan con los otros productos, este hecho se vincula directamente con la diversidad de derivados que se

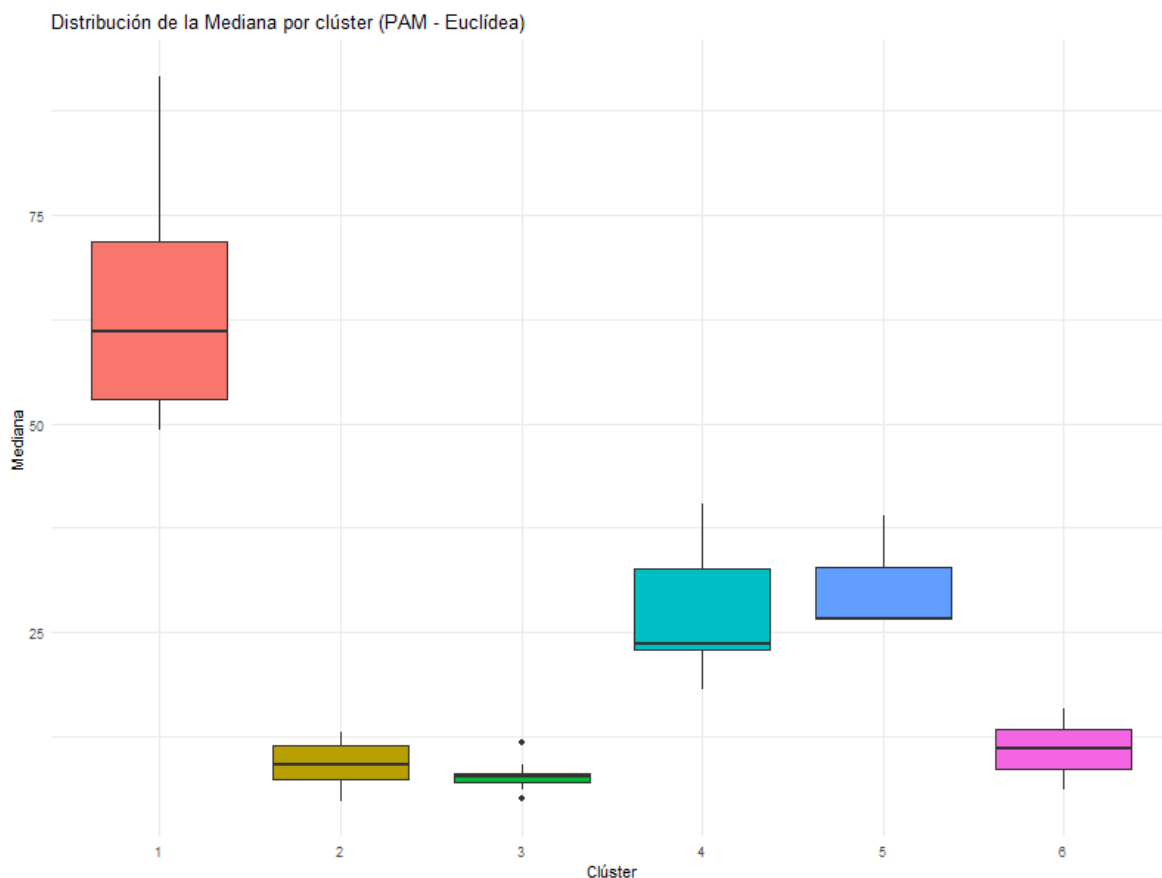
obtienen a partir de los cítricos a nivel industrial y no solamente como productos de consumo directo dentro de la población.

La cantidad de productos de cada clúster y sus estadísticos descriptivos se muestran en la Tabla 7.

<b>Tabla 6. Estadísticos descriptivos por clúster.</b>											
Clúster	n	Media (med)	DE (med)	Min. (med)	Max. (med)	Mediana (med)	Media (CV)	DE (CV)	Min. (CV)	Max. (CV)	Mediana (CV)
1	6	64.73	16.13	49.29	91.56	60.97	20.71	2.30	16.88	23.89	20.99
2	6	9.22	3.10	4.82	13.09	9.25	28.56	2.07	25.68	30.84	29.31
3	12	7.82	1.65	5.13	11.85	7.73	21.25	2.13	16.89	24.40	21.75
4	11	27.45	7.47	18.10	40.33	23.73	20.45	2.06	15.88	23.62	20.62
5	3	30.73	7.10	26.54	38.93	26.71	33.53	2.53	31.12	36.17	33.29
6	2	11.05	6.89	6.18	15.93	11.05	49.56	3.16	47.33	51.80	49.56

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

La tabla 7 presenta las estadísticas descriptivas para cada uno de los clústeres. El Clúster 3 es el más numeroso, con 12 productos que se caracterizan por valores bajos tanto en gasto (mediana de \$7.73) como en variabilidad (media del CV de 21.25%). En contraste, el Clúster 1 agrupa a seis productos con un gasto promedio significativamente alto (mediana de \$60.97) y una baja variabilidad (media del CV de 20.71%). Por su parte, el Clúster 6, que contiene únicamente dos productos, se distingue por su extrema variabilidad (media del CV de 49.56%) a pesar de tener un gasto promedio bajo (mediana de \$11.05). Los Clústeres 2, 4 y 5 muestran comportamientos intermedios en gasto y variabilidad, con el Clúster 5 mostrando el segundo nivel más alto de variabilidad (media del CV de 33.53%). En la figura 30 se muestran los boxplots correspondientes a la mediana y el coeficiente de variación de los clústeres.

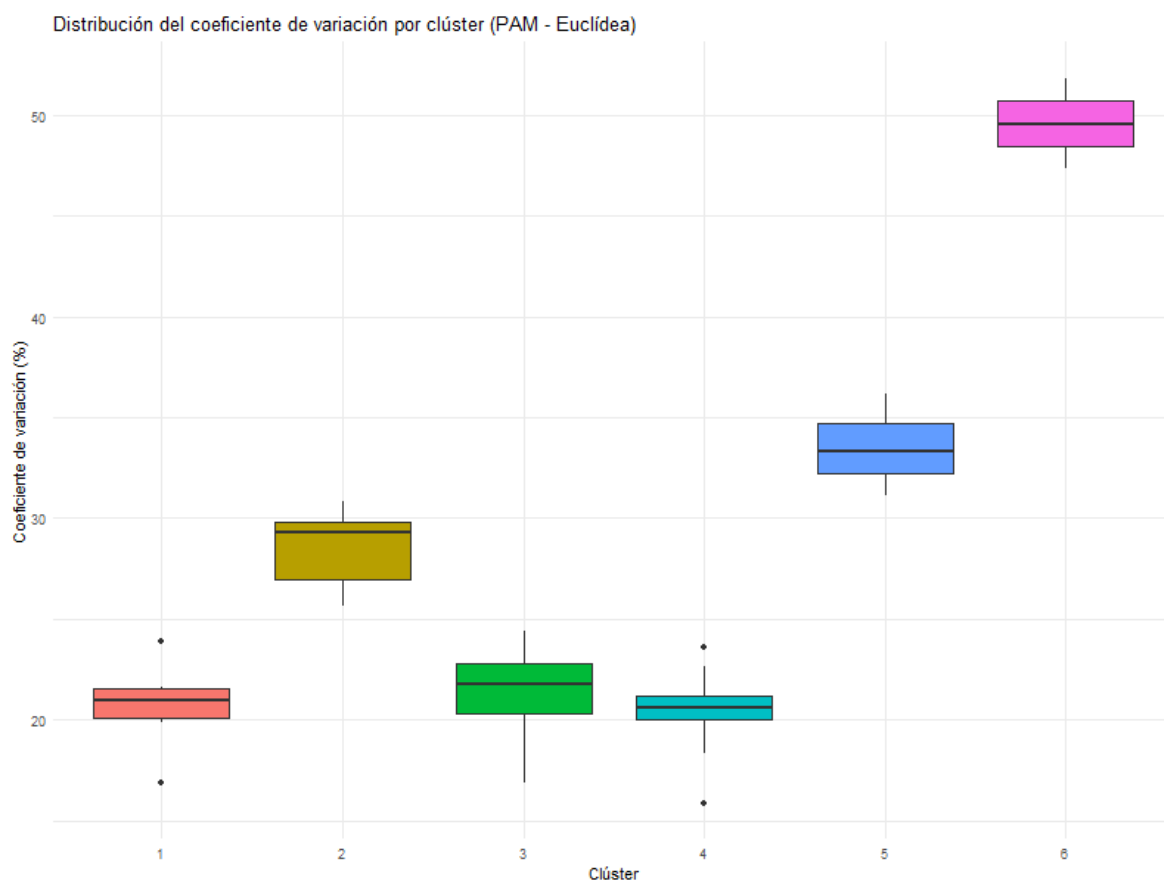


**Figura 30. Boxplot de distribución de la mediana por clúster (PAM-euclídea).**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Como se observa en la figura 30, los clústeres 2, 3 y 6 se caracterizan por medianas bajas en el gasto mensual por persona, mientras que los clústeres 4 y 5 por medianas intermedias, y el clúster 1 por medianas altas, siendo este último clúster el que presenta la mayor variación en el gasto mensual promedio por persona y el clúster 3 el que presenta la menor, es decir los productos del clúster 3 tienen gastos medianos mensuales por persona muy similares entre sí, mientras que en el clúster 1 los productos varían mucho en su gasto.

En la figura 31 se muestra lo referente al coeficiente de variación en términos porcentuales para cada clúster.



**Figura 31. Boxplot de distribución del CV por clúster (PAM-euclídea).**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

En la figura 31 se observa que los clústeres 1, 3 y 4 se caracterizan por una baja variación del gasto, mientras que los clústeres 2 y 5 tienen una variación media, y el clúster 6 tiene a los productos con la mayor variación de la canasta básica. Con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas en la mediana del gasto mensual por persona y el coeficiente de variación entre clústeres, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), incorporando como factor al clúster. Los resultados de esta prueba, tanto para la mediana del gasto como para el coeficiente de variación, se muestran en la tabla 8.



<b>Tabla 7. ANOVA para la mediana por clúster.</b>				
Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
5	15005.66	3001.13	48.93	1.4373E-14
34	2085.39	61.33		

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas lo que indica que al menos uno de los clústeres tiene una mediana del gasto diferentes al resto (véase tabla 9)

<b>Tabla 8. ANOVA para el CV por clúster.</b>				
Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
5	1991.99	398.39	83.14	4.5148E-18
34	162.90	4.7913		

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Los resultados muestran que, en el caso del coeficiente de variación, existen también diferencias estadísticamente significativas, en consecuencia, se procede a llevar a cabo la validación de supuestos para ambos ANOVA. La tabla 10 presenta los resultados de estas pruebas.

<b>Tabla 9. Validación de supuestos para el ANOVA.</b>		
Variable	Prueba	Valor_p
Mediana	Shapiro-Wilk	0.0025
Mediana	Levene	0.0262
Mediana	Durbin-Watson	0.0481
CV	Shapiro-Wilk	0.1541
CV	Levene	0.9758
CV	Durbin-Watson	0.4096

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Observando la tabla 10, para el caso de coeficiente de variación, se cumplen los supuestos del ANOVA, dado que los valores p son mayores que el nivel de significancia del 0.05. En contraste, para la mediana del gasto se violan los supuestos de normalidad, homocedasticidad y ausencia de autocorrelación ( $p < 0.05$  en todos los casos).

Debido a la violación de estos supuestos para la mediana, se optó por una prueba no paramétrica para comparar las tendencias centrales entre los clústeres. En este sentido, se

seleccionó la prueba de Kruskal-Wallis como una alternativa robusta, cuyos resultados se exponen en la Tabla 11.

<b>Tabla 10. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la mediana.</b>		
Variable	Estadístico	Valor_p
Mediana	32.65	0.0000044

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

Como se muestra en la tabla 11, la prueba reveló diferencias estadísticamente significativas entre los clústeres ( $p < 0.001$ ). De este modo, con la finalidad de comparar los clústeres entre sí, se realizó una prueba post hoc de Dunn, con corrección de Holm, cuyos resultados se muestran en la tabla 12.

<b>Tabla 11. Resultados de la prueba de Dunn con corrección de Holm para la mediana.</b>			
Comparación	Z	P sin ajuste	P ajustado
1 - 2	3.7533	0.000174	0.0024
1 - 3	4.7902	0.000001666	0.00002499
2 - 3	0.4562	0.6482	1
1 - 4	1.7697	0.0761	0.6141
2 - 4	-2.5001	0.0124	0.1241
3 - 4	-3.5861	0.0003	0.0043
1 - 5	0.9879	0.3231	1
2 - 5	-2.0766	0.0378	0.3404
3 - 5	-2.6282	0.0085	0.0944
4 - 5	-0.3064	0.7592	1
1 - 6	2.7238	0.0064	0.0774
2 - 6	0.0698	0.9443	0.9443
3 - 6	-0.2239	0.8227	1
4 - 6	1.7248	0.0845	0.5919
5 - 6	1.6710	0.0947	0.5682

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

A partir de los valores P ajustados obtenidos en la Tabla 12, se interpreta lo siguiente:

- El clúster presenta una mediana del gasto significativamente mayor en comparación con los clústeres 2 y 3.
- Los clústeres 2 y 3 no presentan diferencias significativas entre sí
- El clúster 4 solo difiere significativamente del clúster 3

- El clúster 5 no muestra diferencias significativas con ningún otro clúster
- El clúster 6 no muestra diferencias estadísticamente significativas con ningún otro clúster. Sin embargo, la diferencia más cercana al umbral de significancia se observa al compararlo con el clúster 1.
- Los clústeres 2 y 3 representan gasto bajo, los clústeres 1, 4 y 5 presentan un gasto medio a alto.

En el caso de la variación del gasto, se efectuó la prueba LSD de Fisher para comparaciones múltiples .

<b>Tabla 12. Resultados de la prueba LSD para CV por clúster.</b>		
CV	Grupo	clúster
49.56	a	6
33.52	b	5
28.55	c	2
21.25	d	3
20.71	d	1
20.44	d	4

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

La Tabla 13, muestra los resultados de la prueba post-hoc LSD aplicada al coeficiente de variación por clúster. Con esta prueba fue posible identificar que grupos presentan diferencias significativas en sus medias de CV:

- El clúster 6 presenta la media de CV más alto, siendo significativamente distinto a los demás grupos.
- El clúster 5 presenta la media de CV medio alto, distinto del clúster 6 y del resto.
- El clúster 2 tiene una la media de CV media-baja, que es significativamente diferente tanto de los clústeres con CV alto(6 y 5) como de los clústeres con CV bajo (1,3, y 4)
- Los clústeres 1,3 y 4 no presentan diferencias significativas entre si( medias entre 20.44 y 21.25), conformando un grupo homogéneo con media de CV baja.

En la tabla 14 se muestra una interpretación resumida de los clústeres

<b>Tabla 13. Interpretación por clúster.</b>		
Grupo de Clústeres	Descripción	Productos representativos
1, 3 y 4	Medianas que varían ampliamente, pero baja variabilidad, productos con gasto de bajo a alto, pero estable.	Tortilla, pan dulce, bistec de res, costilla de res, leche, refresco, galletas, arroz, cereal, bistec de pollo, chorizo, jamón de pavo, pescado, filete de pescado, atún, queso fresco, queso Oaxaca, bebidas lácteas fermentadas, pan blanco, carne molida de res, pollo con hueso, pollo sin hueso, pollo por pieza, huevo, frijol y manzana.
2	Medianas de gasto medias-bajas y variabilidad media.	Sopa de pasta, pan para sándwich, aceite comestible, chile, plátano y azúcar.
5	Medianas de gasto y variabilidad media.	Papa, cebolla y jitomate.
6	Alta variabilidad en el gasto y medianas bajas.	Limón y naranja

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

De este modo, se observa que los productos con mayores fluctuaciones en el gasto son los que se encuentran en los clústeres 2, 5 y 6. Los clústeres 1, 3 y 4 agrupan productos con niveles de gasto desde bajo hasta alto, pero relativamente estables a lo largo del tiempo, en este grupo se ubican alimentos básicos en la dieta como la tortilla, la leche, arroz, y otros como carnes y productos procesados como jamón y refrescos, los cuales son productos de consumo constante.

A diferencia de los resultados obtenidos por Granados et al. (2022) y González Sánchez (2020) en donde se reporta alta volatilidad del frijol y el maíz, los resultados obtenidos indican estabilidad en estos productos en lo referente al gasto, este hecho podría indicar mecanismos de amortiguación que aíslan al consumidor de la volatilidad global (Granados Sánchez, 2020). En lo referente a la volatilidad del limón y la naranja, Fang y Shao (2022) y Wang et al. (2022) vincularon la volatilidad de las *commodities* agrícolas a crisis geopolíticas y climáticas, por lo que estos fenómenos podrían explicar la variabilidad.

En lo referente a la volatilidad del aceite (clúster 2), González Sánchez y Torres Preciado (2023) mostraron que la urea transmite volatilidad al aceite, aunado a los *commodities* energéticos que elevan los costos de producción, impactando los precios en los mercados locales (Cornejo et al., 2022), por otro lado, Rusia y Ucrania juegan un papel

importante en el comercio de cereales y semillas oleaginosas, insumos para la elaboración de pastas y aceite comestible (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2023).

El desacoplamiento parcial en México para los bienes básicos (clústeres 1, 3 y 4) podría ser resultado de políticas de estabilización en los precios o inelasticidad en la demanda, aunque los productos procesados y las frutas son vulnerables a la transmisión de riesgos desde *commodities* como el petróleo y los cereales (González Sánchez, 2023).

### 4.3 Fase III: análisis de regresión

Dado que las relaciones encontradas mediante el análisis de correlación de la fase exploratoria son de carácter no lineal, se empleó como metodología para encontrar modelos de regresión entre los índices estudiados y los gastos de la canasta básica el algoritmo de machine learning M5P la implementación de dicho algoritmo se realizó mediante la librería RWeka, ajustando para cada producto todos los modelos posibles a partir de los índices estudiados (DAP fertilizer, Urea, MEAT PRICES INDEX, CEREAL PRICES INDEX, OIL Price Index, DJENERGIA) y el tipo de cambio USD/MXN; se seleccionaron los modelos con un coeficiente de determinación mayor a 0.6, cuyo resumen se muestra en la Tabla 15.

Tabla 14. Modelos de regresión para productos de la canasta básica y clúster asignado.				
Producto	DESCRIPTIVO	RMSE	R2	Clúster
AZUC (Azúcar)	OIL.Price.Index, USD.MXN	5.30	0.60	2
NARA (Naranja)	USD.MXN, DJENERGIA	44.08	0.61	6
PLAT (Plátano)	DAP.fertilizer, USD.MXN	6.81	0.62	2
FRIJ (Frijol)	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	27.17	0.64	4
MANZ (Manzana)	OIL.Price.Index, USD.MXN	4.96	0.64	4
BISP (Bistec pollo)	Urea, USD.MXN	2.51	0.65	3
COST (Costilla res)	Urea, USD.MXN	17.56	0.65	1
FILE (Filete pescado)	OIL.Price.Index, USD.MXN	2.33	0.66	3
PESC (Pescado)	OIL.Price.Index, USD.MXN	1.60	0.66	3
OAXA (Queso Oaxaca)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	7.11	0.74	3
PAND (Pan dulce)	USD.MXN, DJENERGIA	132.58	0.76	1
POLS (Pollo sin hueso)	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	8.26	0.76	4
POLP (Pollo por pieza)	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.20	0.76	4

Tabla 14. Modelos de regresión para productos de la canasta básica y clúster asignado.				
Producto	DESCRIPTIVO	RMSE	R2	Clúster
POLH (Pollo con hueso)	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	13.43	0.76	4
AGUA (Agua embotellada)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	13.02	0.78	4
PAST (Sopa de pasta)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	4.39	0.80	2
QUES (Queso fresco)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.99	0.80	3
TORT (Tortilla)	DAP.fertilizer, USD.MXN	22.28	0.80	1
BISR (Bistec res)	OIL.Price.Index, USD.MXN	19.23	0.80	1
JAMP (Jamón pavo)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	7.47	0.81	3
PANS (Pan sándwich)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.52	0.81	2
MOLR (Carne molida)	OIL.Price.Index, USD.MXN	8.63	0.82	4
POLR (Pollo rallado)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	18.61	0.83	4
PANB (Pan blanco)	DAP.fertilizer, USD.MXN	6.01	0.84	4
ACEI (Aceite)	DAP.fertilizer, USD.MXN	2.86	0.84	2
REFR (Refresco)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	53.75	0.85	1
JUGO (Jugo)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	18.12	0.85	4
BEBL (Bebidas lácteas)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	6.15	0.86	3
CERE (Cereal)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	4.53	0.87	3
GALL (Galletas)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	5.86	0.88	3
CHOR (Chorizo)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	6.95	0.88	3
LECH (Leche)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	62.26	0.88	1

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

De acuerdo con los resultados de la Tabla 15, los *commodities* energéticos (OIL.Prices.Index) y agrícolas (CEREAL.PRICES.INDEX) actúan como transmisores primarios de volatilidad (Dai y Wu, 2024); Wang et al., 2022) y el tipo de cambio impulsa la inflación doméstica, lo que se evidencia con que la totalidad de los modelos ajustados con un coeficiente de determinación mayor a 0.6 incluyeron al tipo de cambio como predictor, evidenciando por otro lado el impacto de la depreciación cambiaria (Cornejo et al., 2022).

Por otro lado, se evidenciaron mecanismos de transmisión específicos como en el caso de la leche y el queso, los cuales dependen directamente MEAT.PRICES.INDEX, los cuales se explican a partir de costos compartidos (alimentación del ganado con maíz importado) (Devadoss et al., 2024); o efectos dominó en insumos como el que ocurre entre la tortilla, el DAP y el tipo de cambio, o el bistec de res, el petróleo y el tipo de cambio, que

se explican a partir de la importación de fertilizantes, y costos logísticos o de importación (Álvarez et al., 2023; Huacuja, 2013).

Si bien los coeficientes de determinación de algunos de los modelos indican un buen ajuste (considerando valores superiores a 0.7), también proporcionan errores de predicción elevados, tal como es el caso de la leche, en donde el valor de RMSE es de 62.263819 y el coeficiente de determinación es de 0.889461, este hecho puede explicarse a partir de que las variables empleadas como predictoras no describen por completo la variación en el gasto, por otro lado, para algunos productos no fue posible ajustar algún modelo cuyo coeficiente de determinación fuera mayor al mínimo establecido de 0.6 para este estudio, los mejores modelos para estos productos se muestran en la Tabla 16.

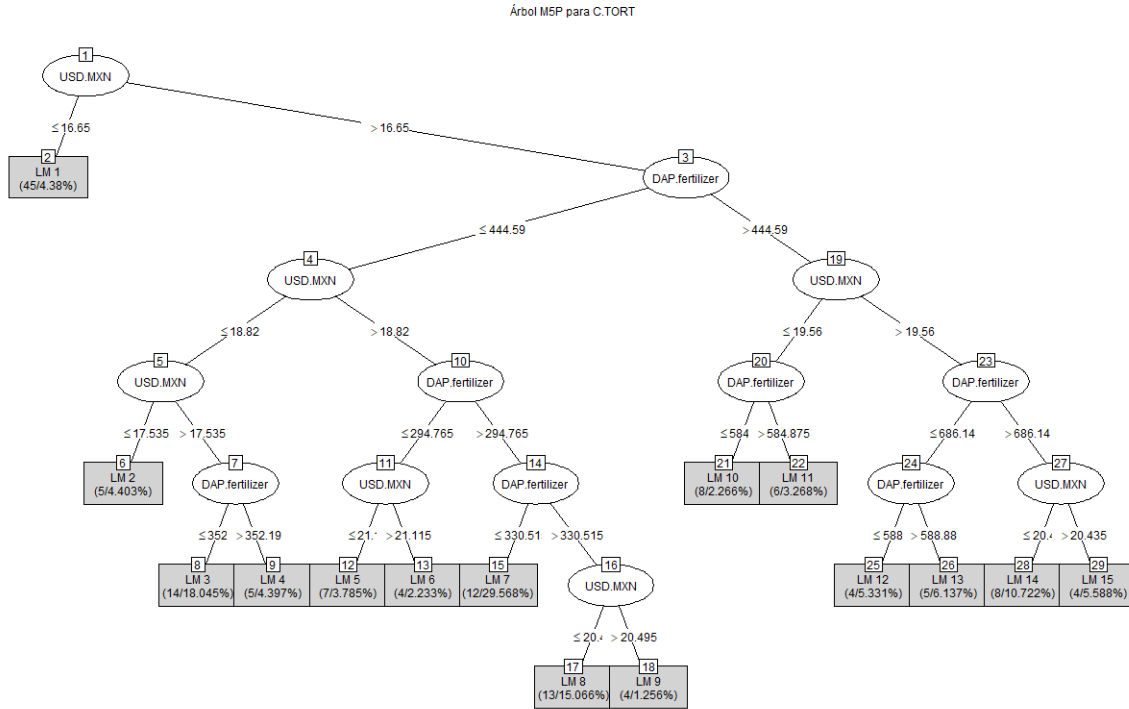
<b>Tabla 15. Modelos de regresión con coeficiente de determinación menor a 0.6</b>				
Producto	Predictores	RMSE	R2	Clúster
CEBO (Cebolla)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	15.506685	0.295522	5
JITO (Jitomate)	DAP.fertilizer, USD.MXN	12.001095	0.38733	5
LIMO (Limón)	Urea, USD.MXN	12.169675	0.442174	6
CHIL (Chile)	DAP.fertilizer, DJENERGIA	3.095429	0.500121	2
PAPA (Papa)	DAP.fertilizer, USD.MXN	18.237875	0.518508	5
HUEV (Huevo)	DAP.fertilizer, DJENERGIA	7.761907	0.55538	4
ARRO (Arroz)	USD.MXN	2.307402	0.55913	3
ATUN (Atún)	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	5.923872	0.566018	3

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 16 es interpreta que, dado que parte de la volatilidad de los precios no es capturada por índice internacionales, son los factores locales como clima, o logística los que rigen la variabilidad en los precios, en ese sentido es evidente que a partir de las variables empleadas como predictores.

Tomando como base el reporte del CONEVAL (2023), referente al gasto por persona en cada uno de los productos de la canasta básica, a continuación, se analizan los modelos obtenidos para los tres productos con mayor gasto mensual promedio por persona: tortilla, la leche y el bistec de res, a partir del uso del algoritmo M5P.

En la Figura 32 se muestra el árbol de modelos correspondiente a la tortilla.



**Figura 32. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para la tortilla.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

El modelo de árbol obtenido para el caso de la tortilla, muestra que el costo mensual por persona depende en primer lugar del tipo de cambio, mostrando que para tipos de cambio menores o iguales a 16.65 MXN/USD, mientras que para tipos de cambio mayores a dicho valor, el costo de la tortilla se vincula a los valores del índice DAP Fertilizer, el cual se asocia con el costo del fosfato diamonio, un fertilizante empleado en la producción agrícola, este hecho se espera dada la dependencia de la tortilla respecto a la producción de maíz y el costo agrícola de la producción de dicho grano (Uçak et al.,2022), los modelos lineales correspondientes al precio de la tortilla se muestran a continuación.

$$LM\ 1: C.TORT = 0.0139 \cdot USD.MXN + 40.7948$$

$$LM\ 2: C.TORT = 0.0254 \cdot USD.MXN + 19.4692$$

$$LM\ 3: C.TORT = 0.0283 \cdot USD.MXN + 27.1916$$

$$LM\ 4: C.TORT = 0.0313 \cdot USD.MXN + 26.5062$$

$$LM\ 5: C.TORT = 0.0737 \cdot USD.MXN + 41.6116$$

$$LM\ 6: C.TORT = 0.0827 \cdot USD.MXN + 41.5168$$



$$LM\ 7: C.TORT = 0.0240 \cdot USD.MXN + 36.4421$$

$$LM\ 8: C.TORT = 0.0228 \cdot USD.MXN + 34.6115$$

$$LM\ 9: C.TORT = 0.0228 \cdot USD.MXN + 33.1322$$

$$LM10: C.TORT = 0.0320 \cdot USD.MXN + 112.9994$$

$$LM11: C.TORT = -0.0857 \cdot USD.MXN + 115.4784$$

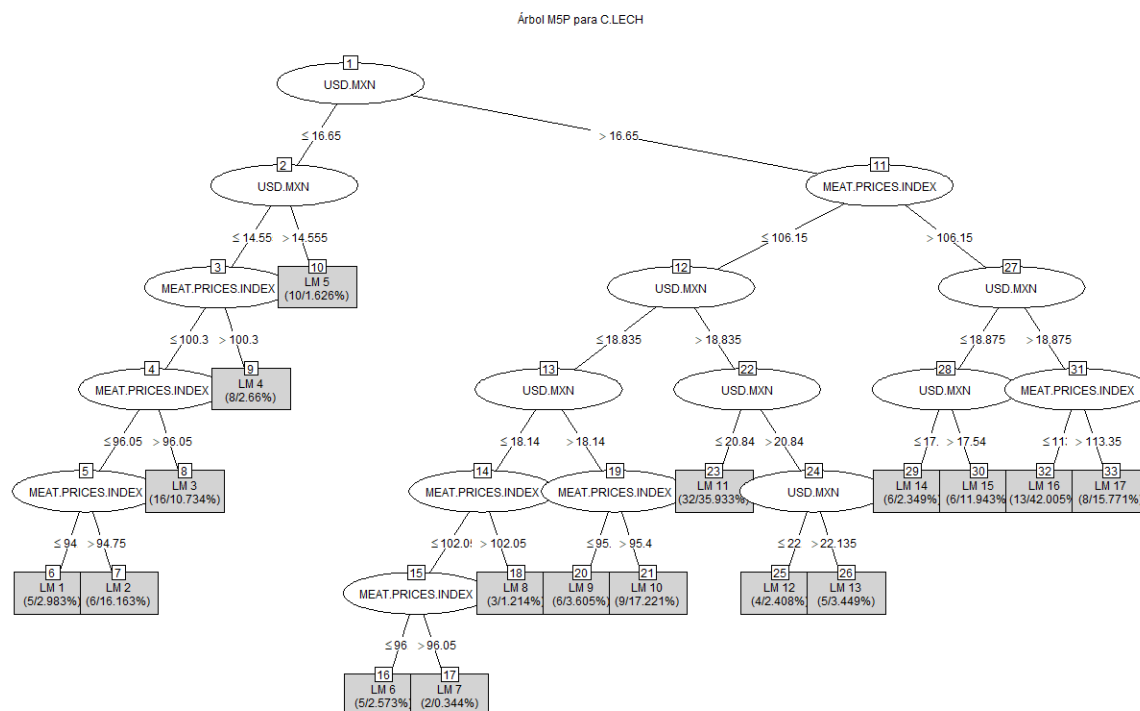
$$LM12: C.TORT = 0.0027 \cdot DAP.fertilizer + 0.0456 \cdot USD.MXN + 88.0343$$

$$LM13: C.TORT = 0.1405 \cdot USD.MXN + 87.7313$$

$$LM14: C.TORT = -0.0016 \cdot DAP.fertilizer + 0.0378 \cdot USD.MXN + 104.4826$$

$$LM15: C.TORT = 0.0378 \cdot USD.MXN + 105.4200$$

Se observa a partir de los modelos ajustados obtenidos la dependencia del precio de la tortilla respecto al tipo de cambio, este hecho puede deberse a la alta dependencia que tiene México de los fertilizantes importados, ya que dicha categoría ha llegado a representar hasta el 75% de los fertilizantes consumidos por el mercado interno en el año 2020 (Álvarez et al., 2023), el hecho de que el precio de los fertilizantes se encuentre establecido en dólares, influye directamente en el costo de producción agrícola.



**Figura 33. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para la leche.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

En la Figura 33, se observa que el árbol de modelos de regresión consta de 17 modelos de regresión, las variables a partir de las cuales es posible predecir el gasto en la leche son el índice precios de carne (MEAT.PRICES.INDEX) y el tipo de cambio USD/MXN, vinculándose directamente el gasto al tipo de cambio para valores menores o iguales a 16.65, y al índice de precios de la carne para tipos de cambio mayores a dicho valor. Los modelos lineales para predecir el gasto en leche se muestran a continuación.

$$LM\ 1: C.LECH = 0.7163 \cdot USD.MXN - 9.8943$$

$$LM\ 2: C.LECH = 0.7121 \cdot USD.MXN - 9.3627$$

$$LM\ 3: C.LECH = 0.6082 \cdot USD.MXN + 0.7489$$

$$LM\ 4: C.LECH = 0.5576 \cdot USD.MXN + 6.1697$$

$$LM\ 5: C.LECH = 0.5016 \cdot USD.MXN + 7.6543$$

$$LM\ 6: C.LECH$$

$$= 0.0459 \cdot MEAT.PRICES.INDEX + 0.4180 \cdot USD.MXN - 0.5758$$

*LM 7: C.LECH*

$$= 0.0446 \cdot MEAT.PRICES.INDEX + 0.4180 \cdot USD.MXN - 0.4732$$

*LM 8: C.LECH*

$$= 0.0650 \cdot MEAT.PRICES.INDEX + 0.4180 \cdot USD.MXN - 2.0971$$

$$LM 9: C.LECH = 0.3088 \cdot USD.MXN + 19.2866$$

$$LM10: C.LECH = 0.3225 \cdot USD.MXN + 17.5034$$

$$LM11: C.LECH = 0.4180 \cdot USD.MXN + 28.3706$$

*LM12: C.LECH*

$$= 0.0227 \cdot MEAT.PRICES.INDEX + 0.4180 \cdot USD.MXN \\ + 27.2479$$

$$LM13: C.LECH = 0.4180 \cdot USD.MXN + 28.9912$$

*LM14: C.LECH*

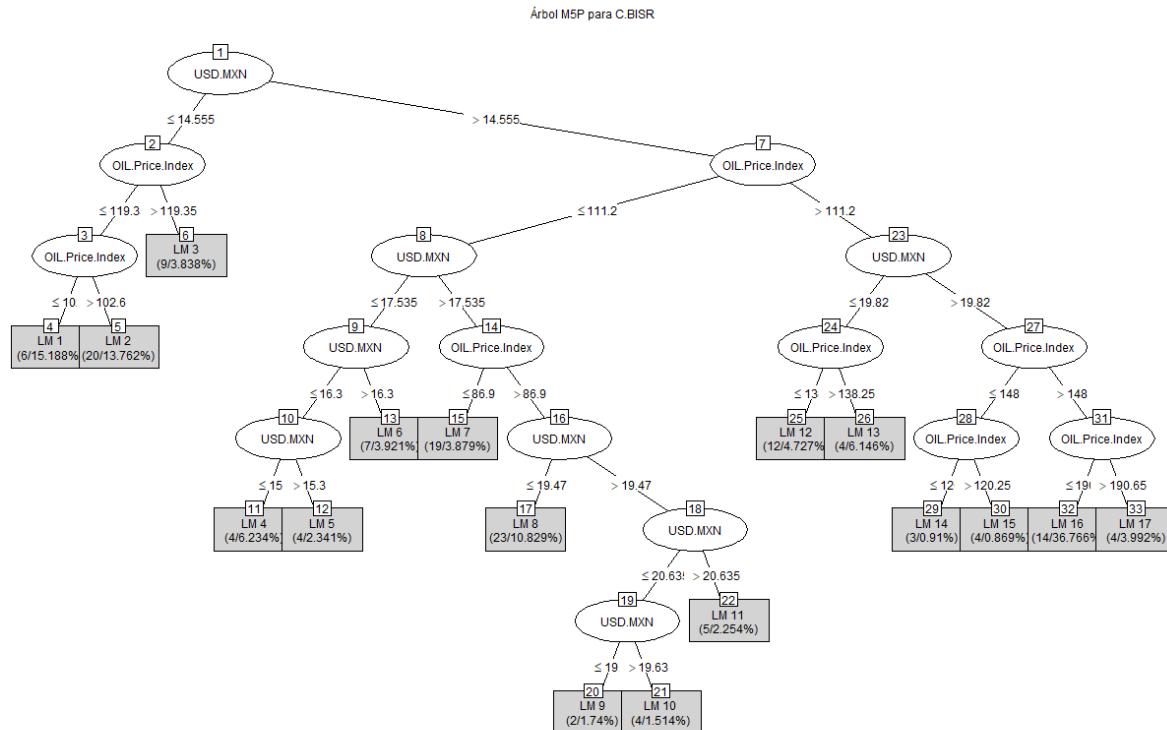
$$= -0.0314 \cdot MEAT.PRICES.INDEX + 0.6976 \cdot USD.MXN \\ + 98.9249$$

$$LM15: C.LECH = 0.6976 \cdot USD.MXN + 95.2201$$

$$LM16: C.LECH = 0.9104 \cdot USD.MXN + 41.6886$$

$$LM17: C.LECH = 0.9501 \cdot USD.MXN + 38.4466$$

Las variables más relevantes son el índice MEAT PRICES INDEX, el cual corresponde a un índice de precios de la carne, dependiente a su vez del precio del ganado, y que influye a productos proteicos como es la leche, y el tipo de cambio, observándose una relación positiva entre el gasto mensual promedio por persona en leche y dichas variables. La importancia de las variables predictoras puede deberse a la importación de insumos para la producción lechera, como lo es el maíz amarillo, importado por México desde los Estados Unidos (Devadoss, et al., 2024). En la Figura 34, se muestra el modelo de regresión obtenido para el bistec de res.



**Figura 34. Árbol de modelos de regresión del gasto mensual promedio por persona para el bistec de res.**

Fuente: Elaboración propia con el software estadístico R-studio

En árbol de modelos de regresión de la Figura 34 se compone de 17 modelos lineales, siendo el principal umbral de división el tipo de cambio, observándose que para tipos de cambio menos o iguales a 14.555 el precio del bistec de res se ve influido por el índice de precios del petróleo (OIL.Price.Index), mientras que para tipos de cambio mayores a 14.555 cobran relevancia el tipo de cambio y el petróleo, los modelos lineales que conforman el árbol se muestran a continuación.

$$LM\ 1: C.BISR = -0.0893 \cdot OIL.Price.Index - 0.1380 \cdot USD.MXN + 46.0452$$

$$LM\ 2: C.BISR = -0.0946 \cdot USD.MXN + 36.7985$$

$$LM\ 3: C.BISR = -0.0221 \cdot OIL.Price.Index - 0.0821 \cdot USD.MXN + 39.6606$$

$$LM\ 4: C.BISR = 0.0673 \cdot USD.MXN + 36.5119$$

$$LM\ 5: C.BISR = 0.0673 \cdot USD.MXN + 36.5705$$

$$LM\ 6: C.BISR = 0.0511 \cdot USD.MXN + 42.3773$$

$$LM\ 7: C.BISR = 0.0408 \cdot USD.MXN + 55.7862$$

$$LM\ 8: C.BISR = 0.0440 \cdot USD.MXN + 52.2295$$

$$LM\ 9: C.BISR = 0.0409 \cdot USD.MXN + 52.3275$$

$$LM10: C.BISR = -0.0010 \cdot OIL.Price.Index + 0.0412 \cdot USD.MXN + 51.9547$$

$$\begin{aligned}
LM11: C.BISR &= 0.0440 \cdot USD.MXN + 47.9966 \\
LM12: C.BISR &= 0.1099 \cdot USD.MXN + 110.2185 \\
LM13: C.BISR &= 0.1074 \cdot USD.MXN + 110.4082 \\
LM14: C.BISR &= 0.0398 \cdot OIL.Price.Index + 0.1607 \cdot USD.MXN + 81.3924 \\
LM15: C.BISR &= 0.0408 \cdot OIL.Price.Index + 0.1607 \cdot USD.MXN + 81.4761 \\
LM16: C.BISR &= 0.1537 \cdot USD.MXN + 89.6265 \\
LM17: C.BISR &= 0.1598 \cdot USD.MXN + 88.9625
\end{aligned}$$

A partir de los modelos que conformar el árbol para el bistec de res se puede inferir que ante tipos de cambio bajos (modelos lineales del 1 al 3), el precio del bistec de res tiende a bajar, mientras que para tipos de cambio altos el bistec de res tiende a aumentar en su costo, existiendo una relación positiva entre el tipo de cambio y el índice de precios del petróleo, este incremento puede deberse a los costos de producción de la carne, tomando en consideración que México importa maíz amarillo principalmente para la alimentación del ganado (Huacuja, 2013; Zahniser et al., 2019), sin excluir que el precio del petróleo es una de variables que afectan directamente a la inflación (Ha et al., 2023).

Del mismo modo, se obtuvieron los árboles de modelos de regresión, compuestos por sus reglas de decisión y los modelos lineales que predicen el gasto mensual promedio por persona de cada uno de los productos que conforman la canasta básica urbana en México, los cuales se incluyen en el anexo a este trabajo.

## Discusión

El presente estudio tuvo por objetivo identificar la relación entre el gasto mensual promedio en los productos de la canasta básica en México y los índices de precios de las *commodities*, durante el periodo 2013-2023. Con base a los análisis realizados, se encontró evidencia estadística suficiente para confirmar la existencia de una relación significativa entre las variables de estudio, por lo que la hipótesis planteada se acepta.

Los precios de las *commodities* y los productos de la canasta básica en el periodo de estudio mostraron una alta volatilidad, en fertilizantes, con un CV de 32.4% para DAP y 47.1% para la urea, y en los cereales con un CV de 16.66%, en lo referente a la canasta básica, los productos con mayor volatilidad fueron los cítricos, con un CV de 51.8% para el limón y 47.3% para la naranja, y algunas hortalizas como la cebolla con un CV de 36.2% y la papa con un 33.3%. Las distribuciones de los índices y los gastos en productos de la canasta básica fueron asimétricas, con valores extremos, exhibiendo ausencia de normalidad.

La clasificación de los productos de la canasta básica mediante un análisis clúster permitió diferenciar seis grupos con diferentes perfiles de gasto y de volatilidad, de los que se identificaron productos con un gasto constante y baja volatilidad, como es el caso de la tortilla, la leche y el arroz, frente aquellos con un gasto más variable y una alta volatilidad, como es el caso de los cítricos y ciertos vegetales.

Mediante el uso del algoritmo m5p fue posible comprobar la relación estadísticamente significativa entre los índices de precios de las *commodities* clave como: los fertilizantes, cereales, petróleo, carne, energía y el tipo de cambio, el gasto mensual promedio por persona en productos de la canasta básica urbana en México. El tipo de cambio y los precios de los fertilizantes (DAP y Urea) explican el 80.7% de la variación de los precios de productos esenciales como es el caso de la tortilla. De esta manera se confirma que las fluctuaciones en los mercados internacionales de las *commodities* tienen un impacto directo sobre los costos de los alimentos básicos.

Finalmente, para contextualizar entre los índices de los precios de las *commodities* el gasto promedio mensual de la canasta básica en México, la base del estudio se encuentra fundamentada en tres ejes teóricos: la volatilidad y transmisión de precios de las

*commodities*, el impacto de la volatilidad en la seguridad alimentaria y los mecanismos de transmisión entre los mercados internacionales y nacionales. Los cuales se encuentra alineados con los resultados obtenidos. Estudios como el de González Sánchez y Torres Preciado (2023) y Dai y Wu (2024) quienes emplearon modelos GARCH y VAR en su artículo documentaron la existencia de una alta sensibilidad en los precios de los fertilizantes (UREA y DAP), cereales a los shocks externos, dicha afirmación es coincidente con los altos CVs del 16.7 y 47.1% encontrados.

De la misma manera investigaciones como la de Granados et al. (2022) y Cornejo et al. (2022) afirman que la volatilidad en los precios de los productos básicos impacta en la seguridad alimentaria especialmente en productos como la tortilla y los críticos, lo cual fue posible comprobar por medio de los patrones diferenciados por clúster.

La relación de los precios del mercado internacional y nacional César y Benítez (2021) afirman que esa relación se encuentra establecida a través del tipo de cambio. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del algoritmo M5P demuestran que variables como el tipo de cambio y los precios de los fertilizantes explican el 80.7% de las variaciones de los precios domésticos de los productos de la canasta básica. Este resultado también lo comparte Wang et al. (2022), quien evidencia como México al ser una economía altamente dependiente de las importaciones de insumos agrícolas y energéticos es vulnerable a la transmisión de volatilidad desde el mercado internacional hacia la canasta básica en México.

Por otro lado, en esta investigación enfrentó desafíos que podrían haber afectado la precisión, representatividad o alcance. Algunos de ellos son:

- El Desfase temporal entre el alza de la *commodity* y el precio final, la transmisión de precios de una *commodity* no siempre se ve reflejada de forma inmediata en los precios domésticos de una economía.
- La falta de variables institucionales o estructurales, el modelo no considera variables de las políticas públicas las cuales pueden alterar la relación entre los precios internacionales y los precios del consumidor.

- Limitación temporal, el periodo de análisis seleccionado para esta investigación incluye eventos globales importantes como lo son la pandemia por COVID-19 y la guerra de Rusia y Ucrania, hechos que en conjunto generaron alteraciones sobre la oferta y la demanda de materias primas del sector agrícola, fertilizantes y energéticos. Lo que modificó los flujos comerciales, los precios de referencia y la decisiones de política pública.

A consecuencia de lo anterior, se puede decir que los efectos observados en esta investigación podrían estar sobredimensionados por las condiciones de mercado, reflejando una reacción coyuntural frente a choques externos que una tendencia estructural o a largo plazo.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos permiten identificar relaciones consistentes entre las variables del contexto internacional y el gasto mensual en los productos de la canasta básica en México. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y para el diseño de políticas públicas orientadas a la seguridad alimentaria del país.



## Conclusión

En función del objetivo principal y los objetivos específicos del presente trabajo, se puede concluir que existe una relación significativa entre los índices de precios de los *commodities* (fertilizantes, cereales, petróleo, carne y energía), el tipo de cambio y el gasto mensual promedio por persona en productos de la canasta básica urbana en México, las variables claves fueron principalmente el tipo de cambio (USD/MXN) y los índices de precios de los fertilizantes (DAP y urea), los cuales explican hasta el 80.7 % de la variación en precios de productos esenciales como la tortilla.

Considerando que el 18.2% de la población en México vive en la línea de pobreza por acceso a la canasta alimentaria (CONEVAL, 2023), los modelos predictivos resultan útiles para focalizar los subsidios en aquellos productos más volátiles, impactando de forma directa en el cumplimiento del ODS 1 (fin de la pobreza). La fuerte correlación entre *commodities*-canasta básica, evidencia que los hogares de bajos ingresos son especialmente vulnerables al impacto de los mercados, siendo este punto importante en el cumplimiento del ODS 2 (hambre cero), por otro lado, se confirma la interconexión global de mercados de Cassel, en donde los precios del mercado de *commodities* impactan los costos locales mediante insumos importados.

En síntesis, este trabajo de investigación confirmó que los precios del mercado de *commodities* son determinantes del acceso a alimentos básicos en México, por lo que ofrece hallazgos que permiten la formulación de políticas focalizadas para reducir la desigualdad (ODS 10) y garantizar la seguridad alimentaria en México (ODS 2).

## Bibliografía

- Ahmadi, M., Bashiri Behmiri, N., & Manera, M. (2016). How is volatility in *commodity* markets linked to oil price shocks? *Energy Economics*, 59, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.07.006>
- Abbott, P. C., Hurt, C., & Tyner, W. E. (2011). *What's driving food prices in 2011?* Farm Foundation. <https://www.farmfoundation.org>
- Arias Guzmán, E. J., & Cruz Díaz, F. (2020). Entre el deber ser y el ser del crecimiento económico en México: 1980-2020. *Revista del Posgrado en Derecho*, 13, 37. <https://doi.org/10.22201/ppd.26831783e.2020.13.152>
- Asai, M., Gupta, R., & McAleer, M. (2020). Forecasting volatility and co-volatility of crude oil and gold futures: Effects of leverage, jumps, spillovers, and geopolitical risks. *International Journal of Forecasting*, 36(3), 933–948. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.10.003>
- Becerra, R. del P. C., & Godoy, S. (2018). Canasta alimentaria de México: Cambios dietarios y problemas de representatividad regional. *Agroalimentaria*, 24(47), 59–75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199260579004>
- Bellemare, M. F. (2015). Rising food prices, food price volatility, and social unrest. *American Journal of Agricultural Economics*, 97(1), 1–21. <https://doi.org/10.1093/ajae/aau038>
- Bouchentouf, A. (2023). *Commodities for dummies* (3ra ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- César, J., & Benítez, A. (2021). *Análisis y predicción de la serie de tiempo del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de México* [Tesis de doctorado]. Colegio de Postgraduados.
- CME Group. (2024). Entendiendo la volatilidad, oferta y demanda de los granos. <https://www.cmegroup.com/es/education/learn-about-trading/courses/introduction-to-grains-and-oilseeds/understanding-grains-volatility-and-supply-and-demand.html>
- CONEVAL. (2023a). Medición de la pobreza. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- CONEVAL. (2023b). Medición de la pobreza. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- Cornejo, G., Florian, D., & Ledesma, A. (2022). La dinámica de la inflación doméstica ante cambios en cotizaciones internacionales de *commodities*, expectativas de inflación y tipo de cambio. *Revista de Economía internacional*, 35(2), 45–67.
- Dai, Z., & Wu, T. (2024). The impact of oil shocks on systemic risk of the *commodity* markets. *Journal of Systems Science and Complexity*. <https://doi.org/10.1007/s11424-024-3224-y>
- Doportó Miguez, I., & Michelena, G. (2011). La volatilidad de los precios de los *commodities*: El caso de los productos agrícolas. <https://hdl.handle.net/10419/74599>
- Fang, Y., & Shao, Z. (2022). The Russia-Ukraine conflict and volatility risk of *commodity* markets. *Finance Research Letters*, 50, 103264. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103264>
- Frush, S. (2008). *Commodities demystified*. McGraw-Hill.
- García-salazar, J. A., Skaggs, R. K., & Crawford, T. L. (2018). Price risk and the adoption of fertilizer technology: Evidence from Mexico. *Agricultural Economics*, 49(3), 369–381. <https://doi.org/10.1111/agec.12425>
- Gong, X., & Xu, J. (2022). Geopolitical risk and dynamic connectedness between *commodity* markets. *Energy Economics*, 110, 106028. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106028>
- González Sánchez, R. F., & Torres Preciado, V. H. (2023). Contagio de volatilidad de precios internacionales de petróleo, urea y maíz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 27(1). <https://doi.org/10.53897/revaia.23.27.08>

- Granados Sánchez, M. D. R., Galán Figueroa, J., & Leos Rodríguez, J. A. (2022). Volatilidad en los precios de los cereales básicos y su impacto en la seguridad alimentaria. México, 1995-2018. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 30(58), 79–105. <https://doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>
- Granados Sánchez, M. del R. (2020). Formación de precios agrícolas en México y su incidencia en la economía, 1980-2017 [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma Chapingo.
- Granados Sánchez, M. del R., Gómez Oliver, L., & Galán Figueroa, J. (2022). La volatilidad del precio de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en México: 2000-2020. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 22(1), 123–148. <https://doi.org/10.7201/earn.2022.01.06>
- INEGI. (2020a). Índice de precios al consumidor de la canasta de consumo mínimo. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- INEGI. (2020b). Índice de precios al consumidor de la canasta de consumo mínimo: Documento metodológico. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Ivanic, M., & Martin, W. (2008). *Implications of higher global food prices for poverty in low-income countries* (Documento de trabajo No. 4594). Banco Mundial. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4594>
- Kang, S. H., McIver, R., & Yoon, S.-M. (2017). Dynamic spillover effects among crude oil, precious metal, and agricultural commodity futures markets. *Energy Economics*, 62, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.12.011>
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053–1069. <https://doi.org/10.1257/aer.99.3.1053>
- Liang, C., Ma, F., Li, Z., & Li, Y. (2020). Which types of commodity price information are more useful for predicting US stock market volatility? *Economic Modelling*, 93, 642–650. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.03.022>
- León-Bonilla, M. A., & Díaz-Bautista, A. (2020). Impacto de la inflación de los precios de los alimentos en el bienestar de los hogares en situación de pobreza en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(56), e123. <https://doi.org/10.24836/es.v30i56.123>
- López Cabrera, B., & Schulz, F. (2016). Volatility linkages between energy and agricultural commodity prices. *Energy Economics*, 54, 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.018>
- Lyu, Y., Yi, H., Hu, Y., & Yang, M. (2021). Economic uncertainty shocks and China's commodity futures returns: A time-varying perspective. *Resources Policy*, 70, 101979. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101979>
- Maxwell, D., Young, H., Jaspars, S., Frize, J., & Burns, J. (2011). Targeting and distribution in complex emergencies: Participatory management of humanitarian food assistance. *Food Policy*, 36(4), 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.03.010>
- Mora Rivera, J. J., Zamudio Carrillo, A., & Fuentes Castro, H. J. (2014). Volatilidad e interdependencia en los precios agrícolas a partir de un modelo GARCH multivariado. *Análisis Económico*, 29(72), 35–56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41337767003>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). La agenda para el desarrollo sostenible. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) & Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2024). Financiamiento para la seguridad alimentaria y la nutrición en América Latina y el Caribe. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/51c9468c-c833-46b1-a815-c50fcdac64cd/content>

- Oropeza Reyes, E. R. (2024). El impacto de la pandemia de Covid-19 en el poder adquisitivo de la canasta básica en la Ciudad de México en el 2020-2021 [Tesis de licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Ortega Allan, I. (2011). Efectos del alza de los precios de los *commodities* de alimentos sobre la población chilena [Tesis para obtener el grado de Ingeniero Comercial]. Universidad de Chile.
- Pearson, R. K. (2018). *Exploratory data analysis using R*. Taylor & Francis, CRC Press.  
<https://www.crcpress.com/Chapman--HallCRC-Data-Mining-and-Knowledge-Discovery-Series/book-series/CHDAMINODIS>
- Real Academia Española (RAE). (2024). *Commodity*. <https://www.rae.es/dpd/commodity>
- Rencher, A. C. (2002). *Methods of multivariate analysis* (2da ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019, 30 de enero). *La canasta básica: ¿Qué es y para qué sirve?*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-canasta-basica-que-es-y-para-que-sirve-189256>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Reporte anual de dependencia alimentaria 2022*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura>
- Seguiel Aguilar, C. I. (2020). *Análisis del funcionamiento del mercado de commodities agroalimentarios: Casos arroz, maíz y trigo* [Tesis de licenciatura]. Universidad de Talca.
- Golovina, N. S., Mosher Valle, E., & Managua, U. (2013). *Teorías motivacionales desde la perspectiva de comportamiento del consumidor*. <https://www.redalyc.org/pdf/782/78228464001.pdf>
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2019). *Introduction to data mining* (2nd ed.). Pearson.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Tecnológico de Monterrey. (2024, Octubre). *Cisne verde: Los riesgos y costos económicos*. EGADE Ideas.  
<https://egade.tec.mx/es/egade-ideas/opinion/cisne-verde#:~:text=El%20%80%9Ccisne%20verde%20%80%9D%2C%20t%C3%A9rmino,provocados%20por%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.>
- Wang, Y., Bouri, E., Fareed, Z., & Dai, Y. (2022). *Geopolitical risk and the systemic risk in the commodity markets under the war in Ukraine*. *Finance Research Letters*, 49, 103066.  
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103066>
- Wei Su, C., Wang, X.-Q., Tao, R., & Oana-Ramona, L. (2019). Do oil prices drive agricultural commodity prices? Further evidence in a global bio-energy context. *Energy*, 172, 691–701.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.028>
- Zamora Baque, J. J., & Arteaga García, M. E. (2023). El impacto de la inflación y su repercusión en la canasta básica mediante el Índice de Precios de Consumo en Ecuador. *ECA Sinergia*, 14(3), 77–90.  
<https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v14i3.5741>
- Abdallah, M. H., Thoeny, Z. A., Henedy, S. N., Al-Abdaly, N. M., Imran, H., Bernardo, L. F. A., & Al-Khafaji, Z. (2023). The Machine-Learning-Based Prediction of the Punching Shear Capacity of Reinforced Concrete Flat Slabs: An Advanced M5P Model Tree Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(14).  
<https://doi.org/10.3390/app13148325>
- Agbangba, C. E., Sacla Aide, E., Honfo, H., & Glèlè Kakai, R. (2024). On the use of post-hoc tests in environmental and biological sciences: A critical review. *Heliyon*, 10\*(3), e25131.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25131>
- Backhaus, K., Erichson, B., Gensler, S., Weiber, R., & Weiber, T. (2023). *Multivariate Analysis*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40411-6>
- Dinno, A. (2015). Nonparametric pairwise multiple comparisons in independent groups using Dunn's test. *En The Stata Journal*, 15(1), 292-300. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500119>

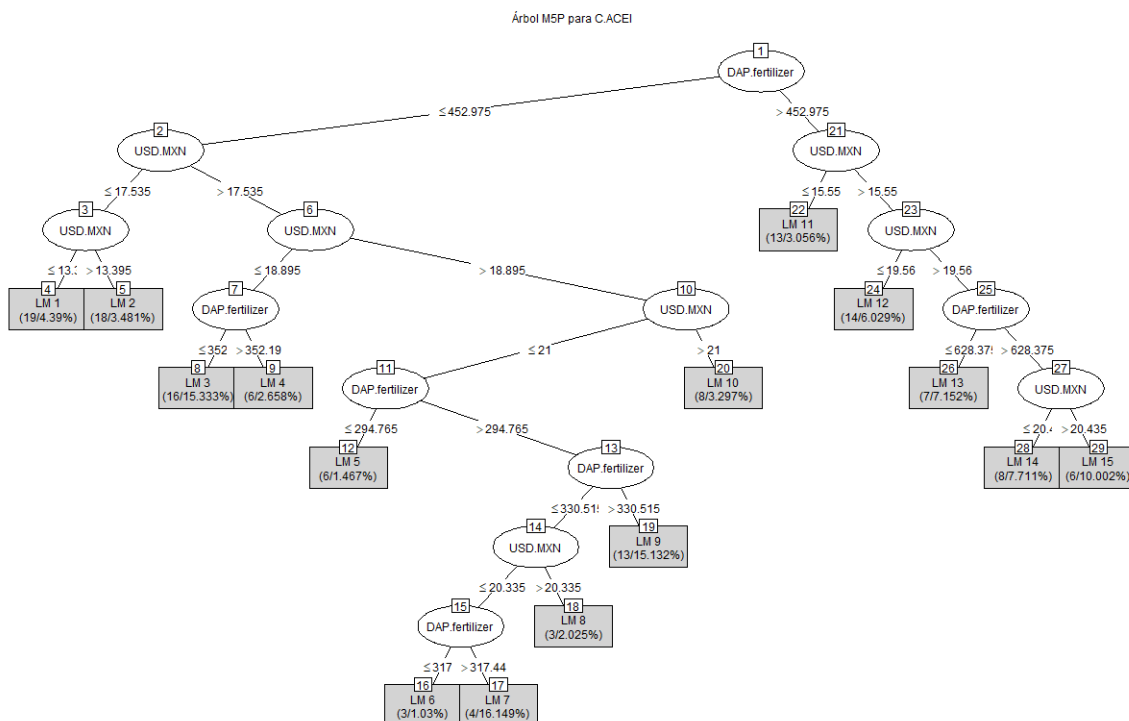
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2a ed.). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES,. [www.FreeLibros.org](http://www.FreeLibros.org)
- Ha, J., Kose, M. A., Ohnsorge, F., & Yilmazkuday, H. (2023). Understanding the global drivers of inflation: How important are oil prices? *Energy Economics*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107096>
- Härdle, W. K., Simar, L., & Fengler, M. R. (2024). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6a ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-63833-6>
- Huacuja, F. E. (2013). Agricultural policy and the feed industry in Mexico. *Mexican Studies - Estudios Mexicanos*, 29(1), 61–84. <https://doi.org/10.1525/msem.2013.29.1.61>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. A. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis* (6a ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Rokach, L. (2025). *Cluster Analysis, A Primer Using R*. World Scientific.
- Shutaywi, M., & Kachouie, N. N. (2021). Silhouette analysis for performance evaluation in machine learning with applications to clustering. *Entropy*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/e23060759>
- Sunge, A. S., Heryadi, Y., Religia, Y., & Lukas. (2020, febrero 1). Comparison of Distance Function to Performance of *K-medoids* Algorithm for Clustering. *Proceeding - ICoSTA 2020: 2020 International Conference on Smart Technology and Applications: Empowering Industrial IoT by Implementing Green Technology for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1109/ICoSTA48221.2020.1570615793>
- Triola, M. F. (2022). *Elementary Statistics* (14a ed.). Pearson.
- Wang, Y., & Witten, I. H. (1996). Induction of model trees for predicting continuous classes. <https://www.researchgate.net/publication/33051395>
- Zahniser, S., Fernando López López, N., Motamed, M., Yazmin Silva Vargas, Z., & Capehart, T. (2019). *The Growing Corn Economies of Mexico and the United States*. [www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov)

## Anexos

Mejores modelos por variable respuesta (según R <sup>2</sup> )			
Respuesta	Predictores	RMSE	R <sup>2</sup>
C.ACEI	DAP.fertilizer, USD.MXN	2.86	0.84
C.AGUA	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	13.02	0.78
C.ARRO	USD.MXN	2.30	0.55
C.ATUN	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	5.92	0.56
C.AZUC	OIL.Price.Index, USD.MXN	5.30	0.60
C.BEBL	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	6.15	0.86
C.BISP	Urea, USD.MXN	2.51	0.65
C.BISR	OIL.Price.Index, USD.MXN	19.23	0.80
C.CEBO	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	15.50	0.29
C.CERE	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	4.53	0.87
C.CHIL	DAP.fertilizer, DJENERGIA	3.09	0.50
C.CHOR	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	6.95	0.88
C.COST	Urea, USD.MXN	17.56	0.65
C.FILE	OIL.Price.Index, USD.MXN	2.33	0.66
C.FRIJ	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	27.17	0.64
C.GALL	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	5.86	0.88
C.HUEV	DAP.fertilizer, DJENERGIA	7.76	0.55
C.JAMP	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	7.47	0.81
C.JITO	DAP.fertilizer, USD.MXN	12.00	0.38
C.JUGO	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	18.12	0.85
C.LECH	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	62.26	0.88
C.LIMO	Urea, USD.MXN	12.16	0.44
C.MANZ	OIL.Price.Index, USD.MXN	4.96	0.64
C.MOLR	OIL.Price.Index, USD.MXN	8.63	0.82
C.NARA	USD.MXN, DJENERGIA	44.08	0.61
C.OAXA	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	7.11	0.74
C.PANB	DAP.fertilizer, USD.MXN	6.01	0.84
C.PAND	USD.MXN, DJENERGIA	132.58	0.76
C.PANS	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.52	0.81
C.PAPA	DAP.fertilizer, USD.MXN	18.23	0.51
C.PAST	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	4.39	0.80
C.PESC	OIL.Price.Index, USD.MXN	1.60	0.66
C.PLAT	DAP.fertilizer, USD.MXN	6.81	0.62
C.POLH	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	13.43	0.76
C.POLP	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.20	0.76
C.POLR	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	18.61	0.83
C.POLS	CEREAL.PRICES.INDEX, USD.MXN	8.26	0.76
C.QUES	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	9.99	0.80
C.REFR	MEAT.PRICES.INDEX, USD.MXN	53.75	0.85
C.TORT	DAP.fertilizer, USD.MXN	22.28	0.80

Fuente: Elaboración propia

## Árbol M5P para C.ACEI



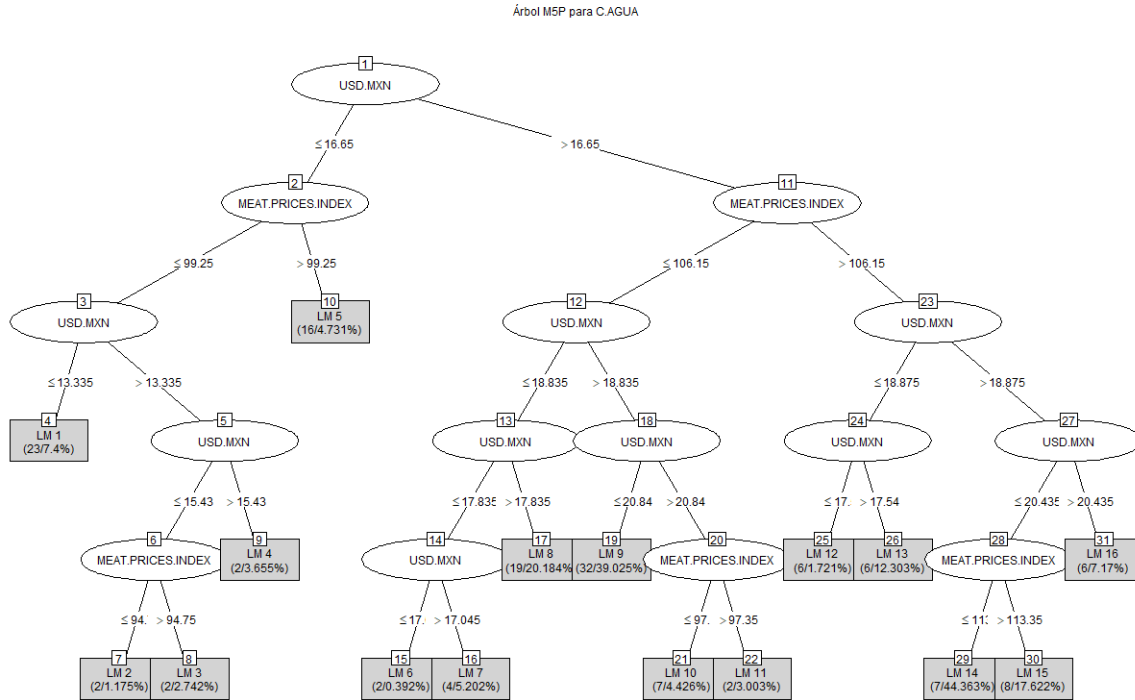
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.844

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) DAP.fertilizer  $\leq 452.975$  : |  
 USD.MXN  $\leq 17.535$  : | | USD.MXN  $\leq 13.395$  : LM1 (19/4.39%) | | USD.MXN  $> 13.395$  : LM2 (18/3.481%) | | USD.MXN  $> 17.535$  : | | USD.MXN  $\leq 18.895$  : | | |  
 DAP.fertilizer  $\leq 352.19$  : LM3 (16/15.333%) | | | DAP.fertilizer  $> 352.19$  : LM4 (6/2.658%) | | | USD.MXN  $> 18.895$  : | | | USD.MXN  $\leq 21$  : | | | |  
 DAP.fertilizer  $\leq 294.765$  : LM5 (6/1.467%) | | | | DAP.fertilizer  $> 294.765$  : | | | | |  
 | DAP.fertilizer  $\leq 330.515$  : | | | | | USD.MXN  $\leq 20.335$  : | | | | | |  
 DAP.fertilizer  $\leq 317.44$  : LM6 (3/1.03%) | | | | | DAP.fertilizer  $> 317.44$  : LM7 (4/16.149%) | | | | | USD.MXN  $> 20.335$  : LM8 (3/2.025%) | | | | |  
 DAP.fertilizer  $> 330.515$  : LM9 (13/15.132%) | | | USD.MXN  $> 21$  : LM10 (8/3.297%) DAP.fertilizer  $> 452.975$  : | USD.MXN  $\leq 15.55$  : LM11 (13/3.056%) |  
 USD.MXN  $> 15.55$  : | | USD.MXN  $\leq 19.56$  : LM12 (14/6.029%) | | USD.MXN  $> 19.56$  : | | | DAP.fertilizer  $\leq 628.375$  : LM13 (7/7.152%) | | | DAP.fertilizer  $> 628.375$  : | | | | USD.MXN  $\leq 20.435$  : LM14 (8/7.711%) | | | | USD.MXN  $> 20.435$  : LM15 (6/10.002%) LM num: 1 C.ACEI = -0.0234 \* USD.MXN + 5.8519 LM num: 2 C.ACEI = -0.0242 \* USD.MXN + 5.7552 LM num: 3 C.ACEI = 0.0036 \* USD.MXN + 4.1449 LM num: 4 C.ACEI = 0.0041 \* USD.MXN + 4.0603 LM num: 5 C.ACEI = 0.003 \* USD.MXN + 6.0235 LM num: 6 C.ACEI = 0.0026 \* USD.MXN + 6.7202 LM num: 7 C.ACEI = 0.0027 \* USD.MXN + 6.7007 LM num: 8 C.ACEI = 0.0036 \* USD.MXN + 6.5411 LM num: 9 C.ACEI = 0.0035 \* USD.MXN + 5.7729 LM num: 10 C.ACEI = 0.0007 \* DAP.fertilizer + 0.0023 \* USD.MXN + 4.3453 LM num: 11 C.ACEI =

$0.0031 * \text{USD.MXN} + 2.1224$  LM num: 12 C.ACEI =  $0.0058 * \text{USD.MXN} +$   
 $13.5579$  LM num: 13 C.ACEI =  $0.0018 * \text{DAP.fertilizer} + 0.0078 * \text{USD.MXN}$   
 $+ 8.5251$  LM num: 14 C.ACEI =  $-0.0004 * \text{DAP.fertilizer} + 0.0072 *$   
 $\text{USD.MXN} + 13.7382$  LM num: 15 C.ACEI =  $0.0004 * \text{DAP.fertilizer} + 0.0072$   
 $* \text{USD.MXN} + 13.361$  Number of Rules : 15

## Árbol M5P para C.AGUA



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7895

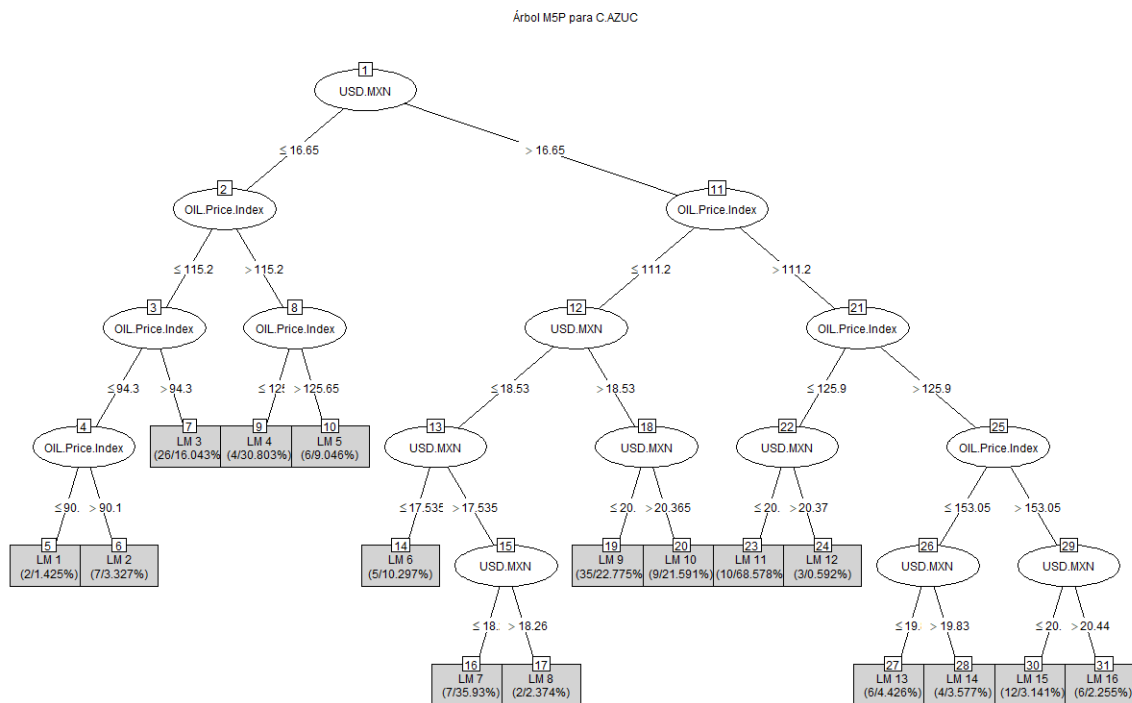
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 99.25$  : | | USD.MXN  $\leq 13.335$  : LM1 (23/7.4%) | |  
 USD.MXN  $> 13.335$  : | | | USD.MXN  $\leq 15.43$  : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 $\leq 94.75$  : LM2 (2/1.175%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 94.75$  : LM3 (2/2.742%) |  
 | | USD.MXN  $> 15.43$  : LM4 (2/3.655%) | MEAT.PRICES.INDEX  $> 99.25$  : LM5  
 (16/4.731%) USD.MXN  $> 16.65$  : | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 106.15$  : | |  
 USD.MXN  $\leq 18.835$  : | | | USD.MXN  $\leq 17.835$  : | | | USD.MXN  $\leq 17.045$  :  
 LM6 (2/0.392%) | | | USD.MXN  $> 17.045$  : LM7 (4/5.202%) | | | USD.MXN  $>$   
 $17.835$  : LM8 (19/20.184%) | | USD.MXN  $> 18.835$  : | | | USD.MXN  $\leq 20.84$  :  
 LM9 (32/39.025%) | | | USD.MXN  $> 20.84$  : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$   
 $97.35$  : LM10 (7/4.426%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 97.35$  : LM11 (2/3.003%) |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $> 106.15$  : | | USD.MXN  $\leq 18.875$  : | | | USD.MXN  $\leq$   
 $17.54$  : LM12 (6/1.721%) | | | USD.MXN  $> 17.54$  : LM13 (6/12.303%) | |  
 USD.MXN  $> 18.875$  : | | | USD.MXN  $\leq 20.435$  : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 $\leq 113.35$  : LM14 (7/44.363%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 113.35$  : LM15  
 (8/17.622%) | | | USD.MXN  $> 20.435$  : LM16 (6/7.17%) LM num: 1 C.AGUA =  
 $0.0964 * \text{USD.MXN} + 5.5881$  LM num: 2 C.AGUA =  $0.004 *$



$\text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1098 * \text{USD.MXN} + 2.1323$  LM num: 3 C.AGUA  
 $= 0.004 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1098 * \text{USD.MXN} + 2.1346$  LM  
 num: 4 C.AGUA  $= 0.1098 * \text{USD.MXN} + 2.4499$  LM num: 5 C.AGUA  $= 0.0865 * \text{USD.MXN} + 7.7048$  LM num: 6 C.AGUA  $= 0.0795 * \text{USD.MXN} + 0.9171$  LM  
 num: 7 C.AGUA  $= 0.0026 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0793 * \text{USD.MXN} + 1.0719$  LM num: 8 C.AGUA  $= 0.0773 * \text{USD.MXN} + 6.7736$  LM num: 9 C.AGUA  
 $= 0.0773 * \text{USD.MXN} + 10.2626$  LM num: 10 C.AGUA  $= -0.0106 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0773 * \text{USD.MXN} + 9.99$  LM num: 11 C.AGUA  
 $= -0.0137 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0773 * \text{USD.MXN} + 10.2653$  LM  
 num: 12 C.AGUA  $= -0.0067 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.117 * \text{USD.MXN} + 26.7735$  LM num: 13 C.AGUA  $= 0.117 * \text{USD.MXN} + 25.9757$  LM num: 14  
 C.AGUA  $= 0.1725 * \text{USD.MXN} + 13.8196$  LM num: 15 C.AGUA  $= 0.1718 * \text{USD.MXN} + 13.9846$  LM num: 16 C.AGUA  $= 0.167 * \text{USD.MXN} + 14.3983$   
 Number of Rules : 16

### Árbol M5P para C.AZUC



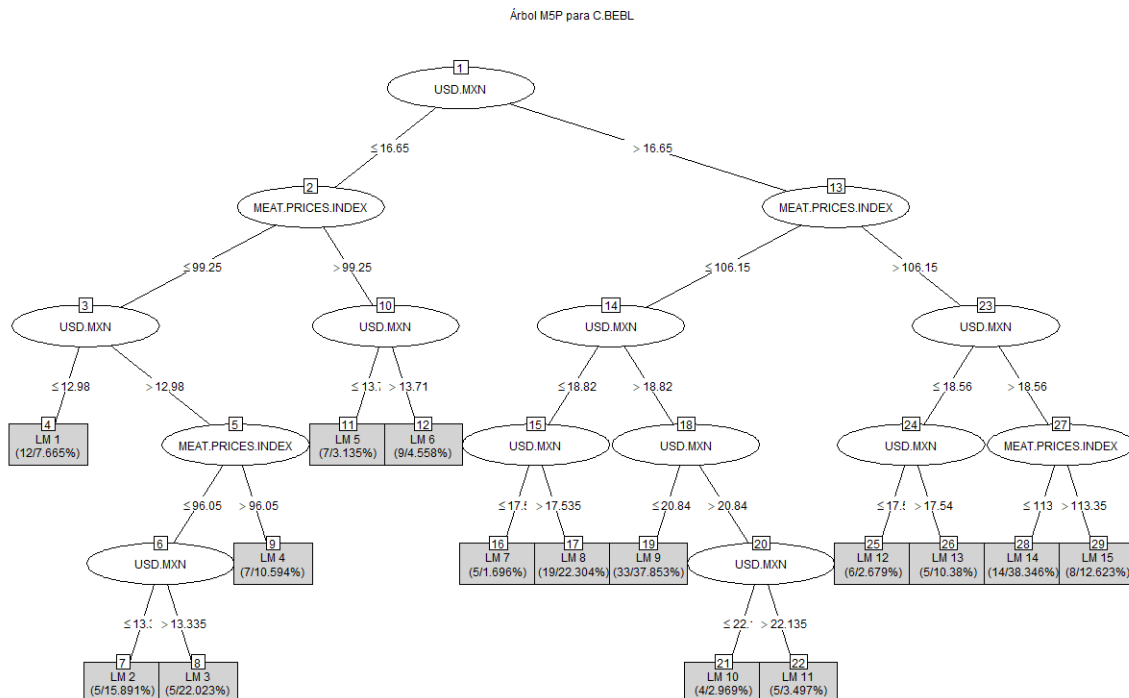
Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6061

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : |  
 OIL.Price.Index  $\leq 115.2$  : | | OIL.Price.Index  $\leq 94.3$  : | | | OIL.Price.Index  $\leq 90.1$  : LM1 (2/1.425%) | | | OIL.Price.Index  $> 90.1$  : LM2 (7/3.327%) | |  
 OIL.Price.Index  $> 94.3$  : LM3 (26/16.043%) | OIL.Price.Index  $> 115.2$  : | |  
 OIL.Price.Index  $\leq 125.65$  : LM4 (4/30.803%) | | OIL.Price.Index  $> 125.65$  : LM5  
 (6/9.046%) USD.MXN  $> 16.65$  : | OIL.Price.Index  $\leq 111.2$  : | | USD.MXN  $\leq 18.53$   
 : | | | USD.MXN  $\leq 17.535$  : LM6 (5/10.297%) | | | USD.MXN  $> 17.535$  : | | |  
 USD.MXN  $\leq 18.26$  : LM7 (7/35.93%) | | | | USD.MXN  $> 18.26$  : LM8 (2/2.374%) |

| USD.MXN > 18.53 : | | | USD.MXN <= 20.365 : LM9 (35/22.775%) | | |  
 USD.MXN > 20.365 : LM10 (9/21.591%) | OIL.Price.Index > 111.2 : | |  
 OIL.Price.Index <= 125.9 : | | | USD.MXN <= 20.37 : LM11 (10/68.578%) | | |  
 USD.MXN > 20.37 : LM12 (3/0.592%) | | OIL.Price.Index > 125.9 : | | |  
 OIL.Price.Index <= 153.05 : | | | | USD.MXN <= 19.83 : LM13 (6/4.426%) | | | |  
 USD.MXN > 19.83 : LM14 (4/3.577%) | | | OIL.Price.Index > 153.05 : | | | |  
 USD.MXN <= 20.44 : LM15 (12/3.141%) | | | | USD.MXN > 20.44 : LM16  
 (6/2.255%) LM num: 1 C.AZUC = -0.0226 \* OIL.Price.Index + 0.0143 \* USD.MXN  
 + 1.9853 LM num: 2 C.AZUC = -0.0174 \* OIL.Price.Index + 0.0143 \*  
 USD.MXN + 1.4919 LM num: 3 C.AZUC = 0.0143 \* USD.MXN + 0.0399 LM  
 num: 4 C.AZUC = 0.038 \* USD.MXN - 3.1105 LM num: 5 C.AZUC = 0.0368 \*  
 USD.MXN - 2.889 LM num: 6 C.AZUC = 0.0028 \* OIL.Price.Index + 0.0047  
 \* USD.MXN - 3.485 LM num: 7 C.AZUC = 0.0047 \* OIL.Price.Index + 0.0047  
 \* USD.MXN + 1.209 LM num: 8 C.AZUC = 0.0047 \* USD.MXN + 2.7959 LM  
 num: 9 C.AZUC = 0.0047 \* USD.MXN + 2.9377 LM num: 10 C.AZUC = 0.0079 \*  
 OIL.Price.Index + 0.0047 \* USD.MXN + 1.3439 LM num: 11 C.AZUC =  
 0.0056 \* USD.MXN + 17.7866 LM num: 12 C.AZUC = 0.0056 \* USD.MXN +  
 19.1107 LM num: 13 C.AZUC = -0.0306 \* USD.MXN + 13.5187 LM num: 14  
 C.AZUC = -0.0343 \* USD.MXN + 13.5672 LM num: 15 C.AZUC = -0.0204  
 \* USD.MXN + 12.7466 LM num: 16 C.AZUC = -0.0276 \* USD.MXN +  
 12.8725 Number of Rules : 16

### Árbol MSP para C.BEBL



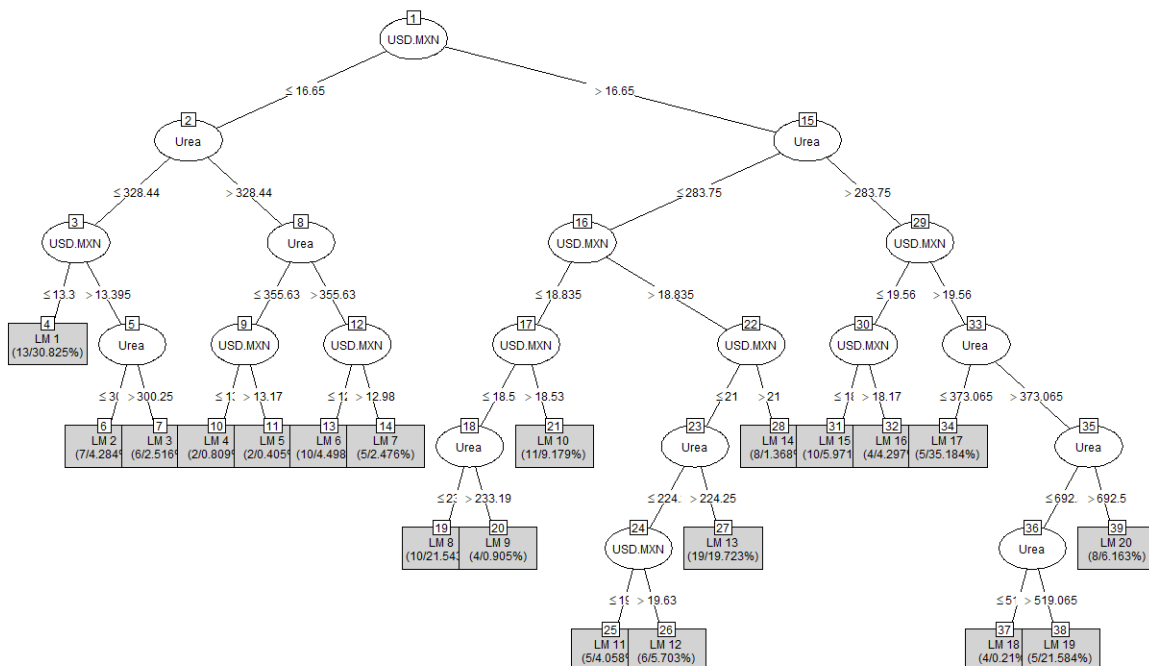
Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8643

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN <= 16.65 : |  
MEAT.PRICES.INDEX <= 99.25 : | | USD.MXN <= 12.98 : LM1 (12/7.665%) | |  
USD.MXN > 12.98 : | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 96.05 : | | | USD.MXN <= 13.335 : LM2 (5/15.891%) | | | USD.MXN > 13.335 : LM3 (5/22.023%) | | |  
MEAT.PRICES.INDEX > 96.05 : LM4 (7/10.594%) | MEAT.PRICES.INDEX > 99.25 : | |  
USD.MXN <= 13.71 : LM5 (7/3.135%) | | USD.MXN > 13.71 : LM6 (9/4.558%)  
USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX <= 106.15 : | | USD.MXN <= 18.82 : | | |  
USD.MXN <= 17.535 : LM7 (5/1.696%) | | | USD.MXN > 17.535 : LM8 (19/22.304%) | |  
USD.MXN > 18.82 : | | | USD.MXN <= 20.84 : LM9 (33/37.853%) | | |  
USD.MXN > 20.84 : | | | USD.MXN <= 22.135 : LM10 (4/2.969%) | | |  
USD.MXN > 22.135 : LM11 (5/3.497%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | |  
USD.MXN <= 18.56 : | | | USD.MXN <= 17.54 : LM12 (6/2.679%) | | | USD.MXN > 17.54 : LM13 (5/10.38%) | |  
USD.MXN > 18.56 : | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 113.35 : LM14 (14/38.346%) | | |  
MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 : LM15 (8/12.623%) LM num: 1 C.BEBL = 0.0563 \* USD.MXN - 1.7986 LM num: 2  
C.BEBL = 0.0661 \* USD.MXN - 3.3314 LM num: 3 C.BEBL = 0.0722 \*  
USD.MXN - 3.4101 LM num: 4 C.BEBL = 0.0679 \* USD.MXN - 3.2984 LM  
num: 5 C.BEBL = 0.0619 \* USD.MXN + 0.1373 LM num: 6 C.BEBL = 0.0602 \*  
USD.MXN + 0.1857 LM num: 7 C.BEBL = -0.0027 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
0.0352 \* USD.MXN - 0.2315 LM num: 8 C.BEBL = 0.0352 \* USD.MXN + 0.5156  
LM num: 9 C.BEBL = 0.0352 \* USD.MXN + 2.0428 LM num: 10 C.BEBL =  
0.0014 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0352 \* USD.MXN + 1.8302 LM  
num: 11 C.BEBL = 0.0352 \* USD.MXN + 1.9304 LM num: 12 C.BEBL = 0.0664 \*  
USD.MXN + 6.6901 LM num: 13 C.BEBL = 0.0664 \* USD.MXN + 6.7119 LM  
num: 14 C.BEBL = 0.0716 \* USD.MXN + 3.8418 LM num: 15 C.BEBL = 0.0744 \*  
USD.MXN + 3.6221 Number of Rules : 15

## Árbol M5P para C.BISP

Árbol M5P para C.BISP



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6533

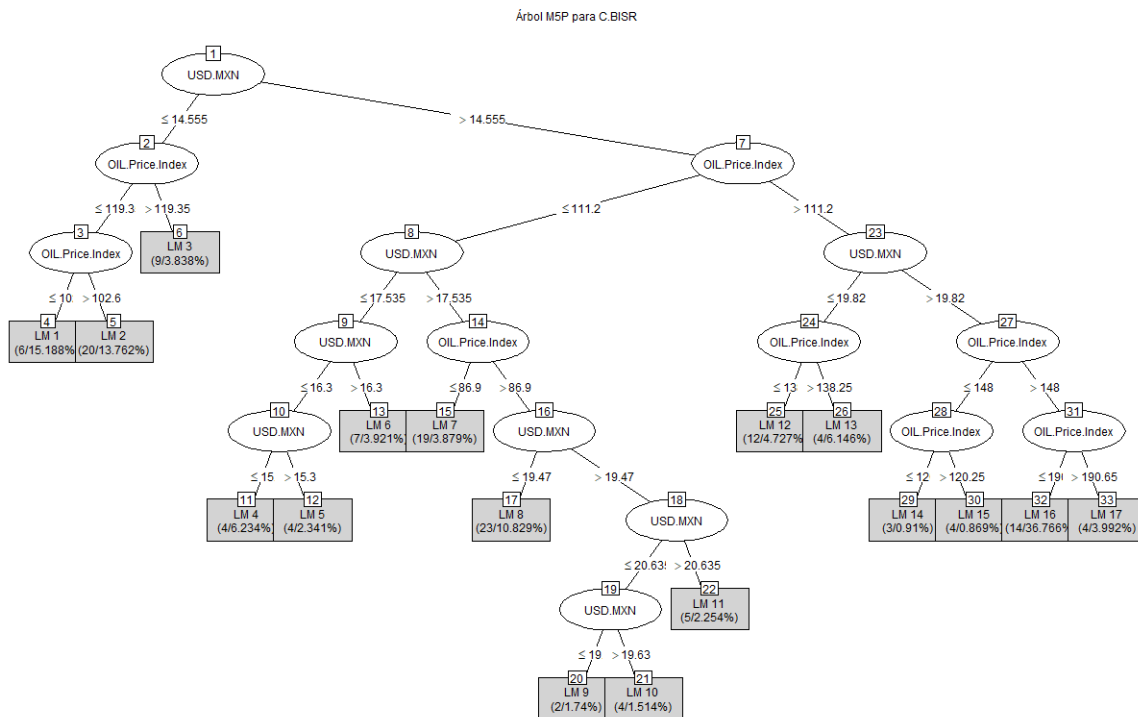
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : | Urea  $\leq$  328.44 : | | USD.MXN  $\leq$  13.395 : LM1 (13/30.825%) | | USD.MXN > 13.395 : | | Urea  $\leq$  300.25 : LM2 (7/4.284%) | | Urea > 300.25 : LM3 (6/2.516%) | Urea > 328.44 : | | Urea  $\leq$  355.63 : | | USD.MXN  $\leq$  13.17 : LM4 (2/0.809%) | | USD.MXN > 13.17 : LM5 (2/0.405%) | | Urea > 355.63 : | | USD.MXN  $\leq$  12.98 : LM6 (10/4.498%) | | USD.MXN > 12.98 : LM7 (5/2.476%) USD.MXN > 16.65 : | Urea  $\leq$  283.75 : | | USD.MXN  $\leq$  18.835 : | | USD.MXN  $\leq$  18.53 : | | Urea  $\leq$  233.19 : LM8 (10/21.543%) | | Urea > 233.19 : LM9 (4/0.905%) | | USD.MXN > 18.53 : LM10 (11/9.179%) | | USD.MXN > 18.835 : | | USD.MXN  $\leq$  21 : | | Urea  $\leq$  224.25 : | | USD.MXN  $\leq$  19.63 : LM11 (5/4.058%) | | USD.MXN > 19.63 : LM12 (6/5.703%) | | Urea > 224.25 : LM13 (19/19.723%) | | USD.MXN > 21 : LM14 (8/1.368%) | Urea > 283.75 : | | USD.MXN  $\leq$  19.56 : | | USD.MXN  $\leq$  18.17 : LM15 (10/5.971%) | | USD.MXN > 18.17 : LM16 (4/4.297%) | | USD.MXN > 19.56 : | | Urea  $\leq$  373.065 : LM17 (5/35.184%) | | Urea > 373.065 : | | Urea  $\leq$  692.5 : | | Urea  $\leq$  519.065 : LM18 (4/0.21%) | | Urea > 519.065 : LM19 (5/21.584%) | | Urea > 692.5 : LM20 (8/6.163%)

LM num: 1 C.BISP = 0.0014 \* USD.MXN + 3.8323  
 LM num: 2 C.BISP = 0.0084 \* USD.MXN + 3.4913  
 LM num: 3 C.BISP = -0.0052 \* USD.MXN + 3.7041  
 LM num: 4 C.BISP = 0.0439 \* USD.MXN + 4.286  
 LM num: 5 C.BISP = 0.0439 \* USD.MXN + 4.2881  
 LM num: 6 C.BISP = -0.0124 \* USD.MXN + 4.9439  
 LM num: 7 C.BISP = -0.0153 \* USD.MXN + 4.9741  
 LM num: 8 C.BISP = 0.0027 \* USD.MXN + 3.7603

LM num: 9 C.BISP =  $0.0027 * \text{USD.MXN} + 3.6157$  LM num: 10 C.BISP =  $0.0006 * \text{Urea} + 0.0027 * \text{USD.MXN} + 3.9434$   
 =  $0.0012 * \text{Urea} + 0.0057 * \text{USD.MXN} + 5.2673$  LM num: 11 C.BISP =  $0.0056 * \text{USD.MXN} + 5.489$   
 =  $0.0036 * \text{USD.MXN} + 5.0908$  LM num: 12 C.BISP =  $0.0036 * \text{USD.MXN} + 5.0908$   
 =  $0.0021 * \text{USD.MXN} + 9.8293$  LM num: 13 C.BISP =  $0.0036 * \text{USD.MXN} + 5.0908$   
 =  $0.0021 * \text{USD.MXN} + 9.8293$  LM num: 14 C.BISP =  $0.0036 * \text{USD.MXN} + 5.0908$   
 =  $0.0021 * \text{USD.MXN} + 9.8293$  LM num: 15 C.BISP =  $0.0021 * \text{USD.MXN} + 9.8293$   
 LM num: 16 C.BISP =  $0.0023 * \text{USD.MXN} + 12.8934$  LM num: 17 C.BISP =  $0.0023 * \text{USD.MXN} + 12.8934$   
 C.BISP =  $0 * \text{Urea} + 0.0023 * \text{USD.MXN} + 12.4004$  LM num: 18 C.BISP =  $0.0023 * \text{USD.MXN} + 12.4004$   
 C.BISP =  $0.0023 * \text{USD.MXN} + 12.4348$  LM num: 19 C.BISP =  $0.0021 * \text{USD.MXN} + 12.5119$   
 USD.MXN + 12.5119 Number of Rules : 20

## Árbol M5P para C.BISR



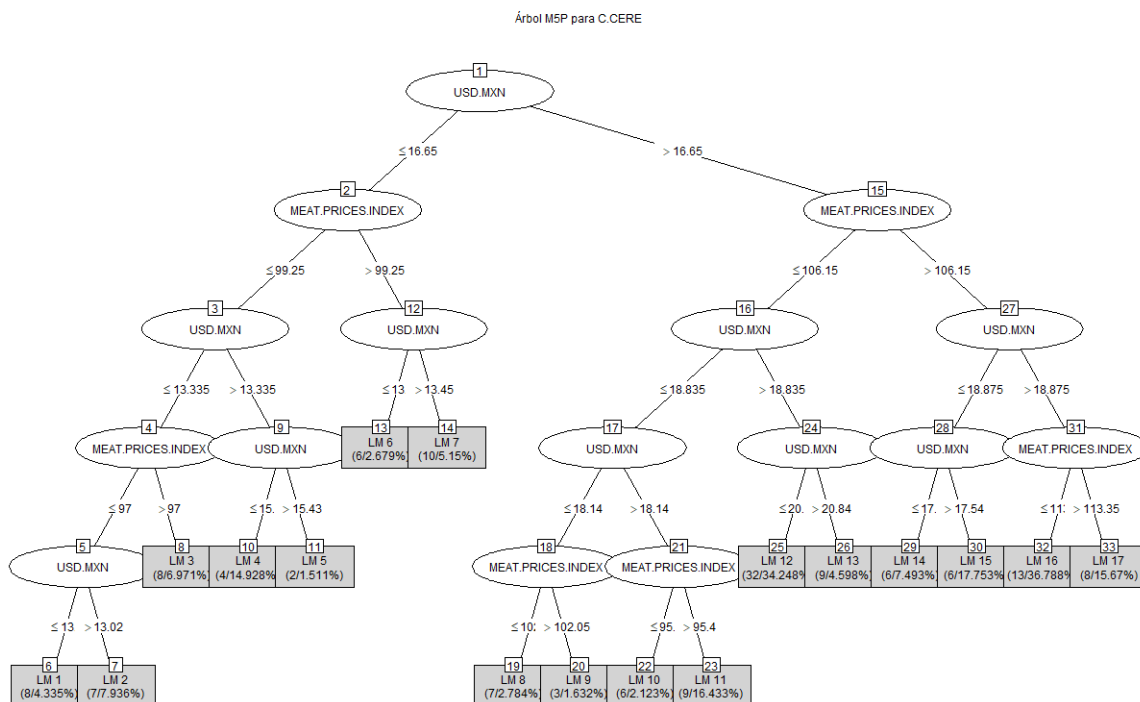
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8094

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN <= 14.555 : |  
 OIL.Price.Index <= 119.35 : | | OIL.Price.Index <= 102.6 : LM1 (6/15.188%) | |  
 OIL.Price.Index > 102.6 : LM2 (20/13.762%) | OIL.Price.Index > 119.35 : LM3  
 (9/3.838%) USD.MXN > 14.555 : | OIL.Price.Index <= 111.2 : | | USD.MXN <= 17.535 : | | |  
 USD.MXN <= 16.3 : | | | | USD.MXN <= 15.3 : LM4 (4/6.234%) | | |  
 | | USD.MXN > 15.3 : LM5 (4/2.341%) | | | USD.MXN > 16.3 : LM6 (7/3.921%) | | |  
 USD.MXN > 17.535 : | | | OIL.Price.Index <= 86.9 : LM7 (19/3.879%) | | |  
 OIL.Price.Index > 86.9 : | | | | USD.MXN <= 19.47 : LM8 (23/10.829%) | | | |  
 USD.MXN > 19.47 : | | | | | USD.MXN <= 20.635 : | | | | | USD.MXN <= 19.63 : LM9 (2/1.74%) | | | | |  
 USD.MXN > 19.63 : LM10 (4/1.514%) | | | | | USD.MXN > 20.635 : LM11 (5/2.254%) | OIL.Price.Index > 111.2 : | |  
 USD.MXN <= 19.82 : | | | OIL.Price.Index <= 138.25 : LM12 (12/4.727%) | | | OIL.Price.Index

$> 138.25 : \text{LM13 (4/6.146\%)} \mid \mid \text{USD.MXN} > 19.82 : \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} \leq 148 :$   
 $\mid \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} \leq 120.25 : \text{LM14 (3/0.91\%)} \mid \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} >$   
 $120.25 : \text{LM15 (4/0.869\%)} \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} > 148 : \mid \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} \leq$   
 $190.65 : \text{LM16 (14/36.766\%)} \mid \mid \mid \mid \text{OIL.Price.Index} > 190.65 : \text{LM17 (4/3.992\%)} \text{ LM}$   
 $\text{num: 1 C.BISR} = -0.0893 * \text{OIL.Price.Index} - 0.138 * \text{USD.MXN} + 46.0452 \text{ LM}$   
 $\text{num: 2 C.BISR} = -0.0946 * \text{USD.MXN} + 36.7985 \text{ LM num: 3 C.BISR} = -$   
 $0.0221 * \text{OIL.Price.Index} - 0.0821 * \text{USD.MXN} + 39.6606 \text{ LM num: 4 C.BISR}$   
 $= 0.0673 * \text{USD.MXN} + 36.5119 \text{ LM num: 5 C.BISR} = 0.0673 * \text{USD.MXN} +$   
 $36.5705 \text{ LM num: 6 C.BISR} = 0.0511 * \text{USD.MXN} + 42.3773 \text{ LM num: 7 C.BISR}$   
 $= 0.0408 * \text{USD.MXN} + 55.7862 \text{ LM num: 8 C.BISR} = 0.044 * \text{USD.MXN} +$   
 $52.2295 \text{ LM num: 9 C.BISR} = 0.0409 * \text{USD.MXN} + 52.3275 \text{ LM num: 10}$   
 $\text{C.BISR} = -0.001 * \text{OIL.Price.Index} + 0.0412 * \text{USD.MXN} + 51.9547 \text{ LM}$   
 $\text{num: 11 C.BISR} = 0.044 * \text{USD.MXN} + 47.9966 \text{ LM num: 12 C.BISR} = 0.1099 * \text{USD.MXN}$   
 $+ 110.2185 \text{ LM num: 13 C.BISR} = 0.1074 * \text{USD.MXN} + 110.4082 \text{ LM}$   
 $\text{num: 14 C.BISR} = 0.0398 * \text{OIL.Price.Index} + 0.1607 * \text{USD.MXN} +$   
 $81.3924 \text{ LM num: 15 C.BISR} = 0.0408 * \text{OIL.Price.Index} + 0.1607 * \text{USD.MXN}$   
 $+ 81.4761 \text{ LM num: 16 C.BISR} = 0.1537 * \text{USD.MXN} + 89.6265 \text{ LM num: 17}$   
 $\text{C.BISR} = 0.1598 * \text{USD.MXN} + 88.9625 \text{ Number of Rules : 17}$

### Árbol M5P para C.CERE



Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8794

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models)  $\text{USD.MXN} \leq 16.65 :$  |

$\text{MEAT.PRICES.INDEX} \leq 99.25 : \mid \mid \text{USD.MXN} \leq 13.335 : \mid \mid \mid$

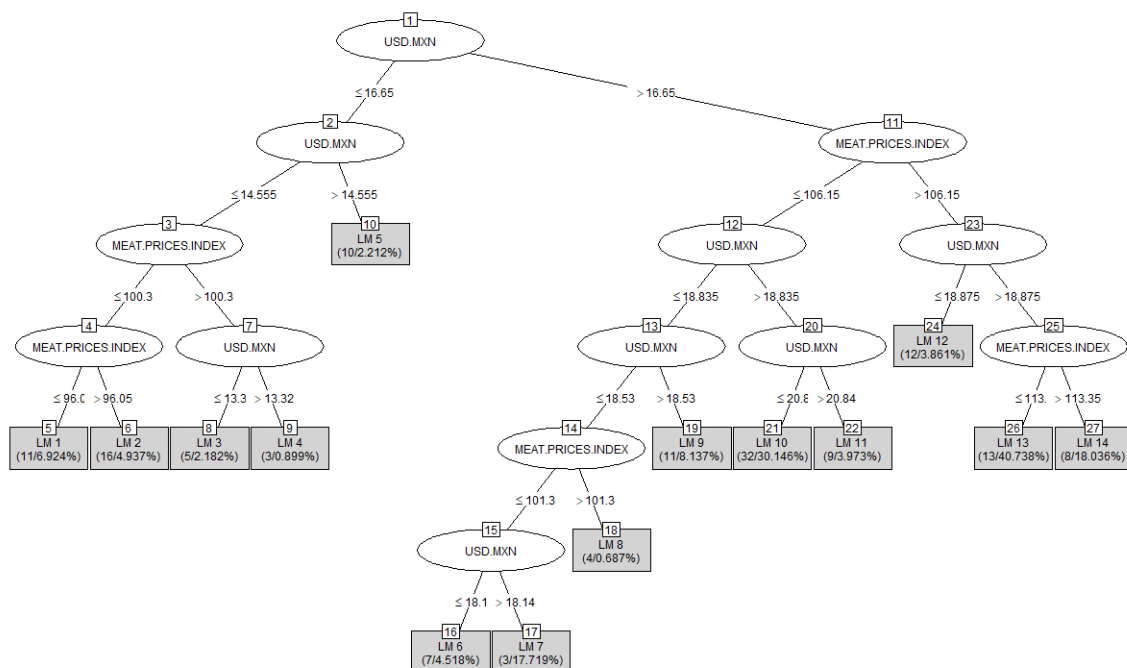
$\text{MEAT.PRICES.INDEX} \leq 97 : \mid \mid \mid \mid \text{USD.MXN} \leq 13.02 : \text{LM1 (8/4.335\%)} \mid \mid \mid \mid$

$\text{USD.MXN} > 13.02 : \text{LM2 (7/7.936\%)} \mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} > 97 : \text{LM3}$

(8/6.971%) | | USD.MXN > 13.335 : | | | USD.MXN <= 15.43 : LM4 (4/14.928%) |  
 | | USD.MXN > 15.43 : LM5 (2/1.511%) | MEAT.PRICES.INDEX > 99.25 : | |  
 USD.MXN <= 13.45 : LM6 (6/2.679%) | | USD.MXN > 13.45 : LM7 (10/5.15%)  
 USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX <= 106.15 : | | USD.MXN <= 18.835 :  
 | | | USD.MXN <= 18.14 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 102.05 : LM8  
 (7/2.784%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX > 102.05 : LM9 (3/1.632%) | | |  
 USD.MXN > 18.14 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 95.4 : LM10 (6/2.123%) | | |  
 | MEAT.PRICES.INDEX > 95.4 : LM11 (9/16.433%) | | USD.MXN > 18.835 : | | |  
 USD.MXN <= 20.84 : LM12 (32/34.248%) | | | USD.MXN > 20.84 : LM13 (9/4.598%)  
 | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | | USD.MXN <= 18.875 : | | | USD.MXN <=  
 17.54 : LM14 (6/7.493%) | | | USD.MXN > 17.54 : LM15 (6/17.753%) | |  
 USD.MXN > 18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 113.35 : LM16 (13/36.788%) |  
 | | MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 : LM17 (8/15.67%) LM num: 1 C.CERE =  
 0.045 \* USD.MXN - 0.8038 LM num: 2 C.CERE = 0.0451 \* USD.MXN -  
 0.8256 LM num: 3 C.CERE = 0.0443 \* USD.MXN - 0.4891 LM num: 4 C.CERE  
 = 0.0435 \* USD.MXN - 0.6647 LM num: 5 C.CERE = 0.0435 \* USD.MXN -  
 0.6844 LM num: 6 C.CERE = 0.0333 \* USD.MXN + 1.228 LM num: 7 C.CERE =  
 0.0333 \* USD.MXN + 1.2516 LM num: 8 C.CERE = 0.0029 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.0272 \* USD.MXN + 0.5144 LM num: 9 C.CERE  
 = 0.0046 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0272 \* USD.MXN + 0.3742 LM  
 num: 10 C.CERE = -0.0033 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.02 \* USD.MXN + 2.1577  
 LM num: 11 C.CERE = 0.0209 \* USD.MXN + 1.7305 LM num: 12 C.CERE =  
 0.0272 \* USD.MXN + 2.5538 LM num: 13 C.CERE = -0.0032 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.0272 \* USD.MXN + 2.4679 LM num: 14  
 C.CERE = -0.0037 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0358 \* USD.MXN +  
 10.2111 LM num: 15 C.CERE = 0.0358 \* USD.MXN + 9.7709 LM num: 16  
 C.CERE = 0.0547 \* USD.MXN + 4.6218 LM num: 17 C.CERE = 0.0568 \*  
 USD.MXN + 4.448 Number of Rules : 17

## Árbol M5P para C.CHOR

Árbol M5P para C.CHOR



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8837

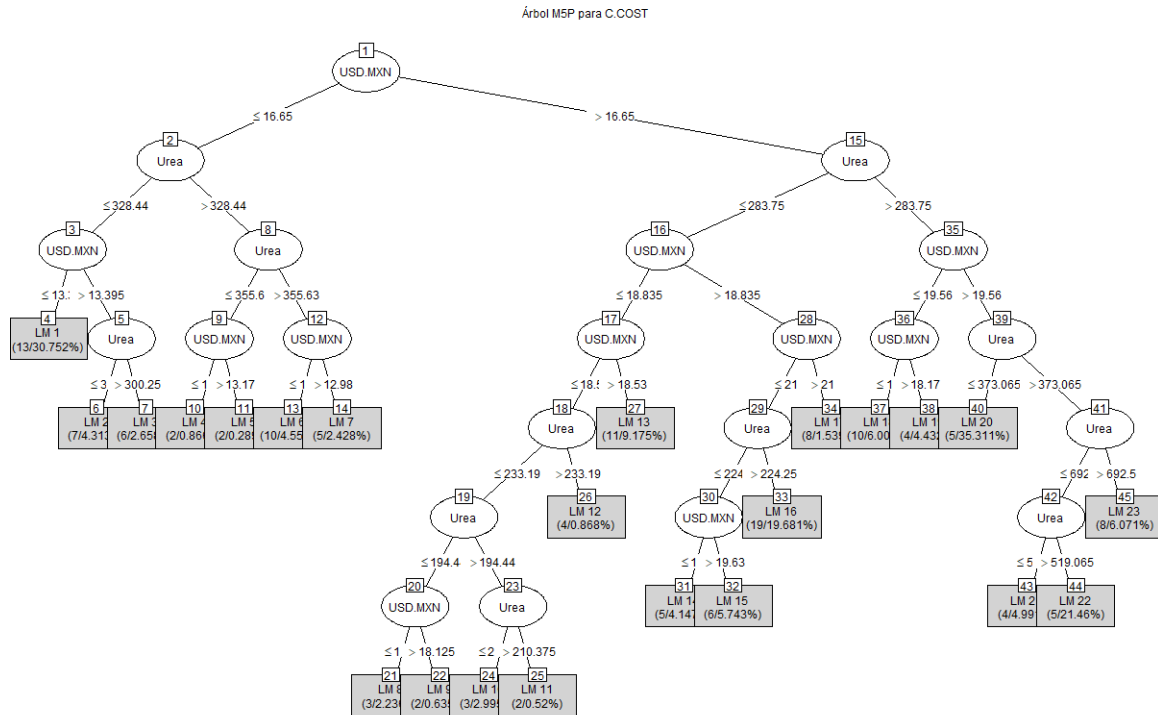
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 USD.MXN  $\leq$  14.555 : | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  100.3 : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  96.05 : LM1 (11/6.924%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 96.05 : LM2 (16/4.937%) | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  100.3 : | | | USD.MXN  $\leq$   
 13.32 : LM3 (5/2.182%) | | | USD.MXN  $>$  13.32 : LM4 (3/0.899%) | USD.MXN  $>$   
 14.555 : LM5 (10/2.212%) USD.MXN  $>$  16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  106.15 : |  
 | USD.MXN  $\leq$  18.835 : | | | USD.MXN  $\leq$  18.53 : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  101.3 : | | | | | USD.MXN  $\leq$  18.14 : LM6 (7/4.518%) |  
 | | | | | USD.MXN  $>$  18.14 : LM7 (3/17.719%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 101.3 : LM8 (4/0.687%) | | | USD.MXN  $>$  18.53 : LM9 (11/8.137%) | | USD.MXN  $>$   
 18.835 : | | | USD.MXN  $\leq$  20.84 : LM10 (32/30.146%) | | | USD.MXN  $>$  20.84 :  
 LM11 (9/3.973%) | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  106.15 : | | USD.MXN  $\leq$  18.875 :  
 LM12 (12/3.861%) | | USD.MXN  $>$  18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  113.35  
 : LM13 (13/40.738%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  113.35 : LM14 (8/18.036%) LM  
 num: 1 C.CHOR = 0.0617 \* USD.MXN - 1.4391 LM num: 2 C.CHOR = 0.0609 \*  
 USD.MXN - 1.3422 LM num: 3 C.CHOR = 0.0019 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
 0.0715 \* USD.MXN - 3.3306 LM num: 4 C.CHOR = 0.0721 \* USD.MXN - 3.2439  
 LM num: 5 C.CHOR = 0.1085 \* USD.MXN - 2.0554 LM num: 6 C.CHOR = -  
 0.0005 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0424 \* USD.MXN + 0.2296 LM num: 7  
 C.CHOR = 0.0424 \* USD.MXN + 0.1413 LM num: 8 C.CHOR = 0.0434 \*  
 USD.MXN + 0.1271 LM num: 9 C.CHOR = -0.0104 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
 0.0391 \* USD.MXN + 2.3184 LM num: 10 C.CHOR = 0.0391 \* USD.MXN + 3.1798



LM num: 11 C.CHOR =  $0.0391 * \text{USD.MXN} + 2.7452$  LM num: 12 C.CHOR =  $0.0688 * \text{USD.MXN} + 7.4513$  LM num: 13 C.CHOR =  $0.0798 * \text{USD.MXN} + 4.745$  LM num: 14 C.CHOR =  $0.0831 * \text{USD.MXN} + 4.4834$  Number of Rules : 14

### Árbol M5P para C.COST



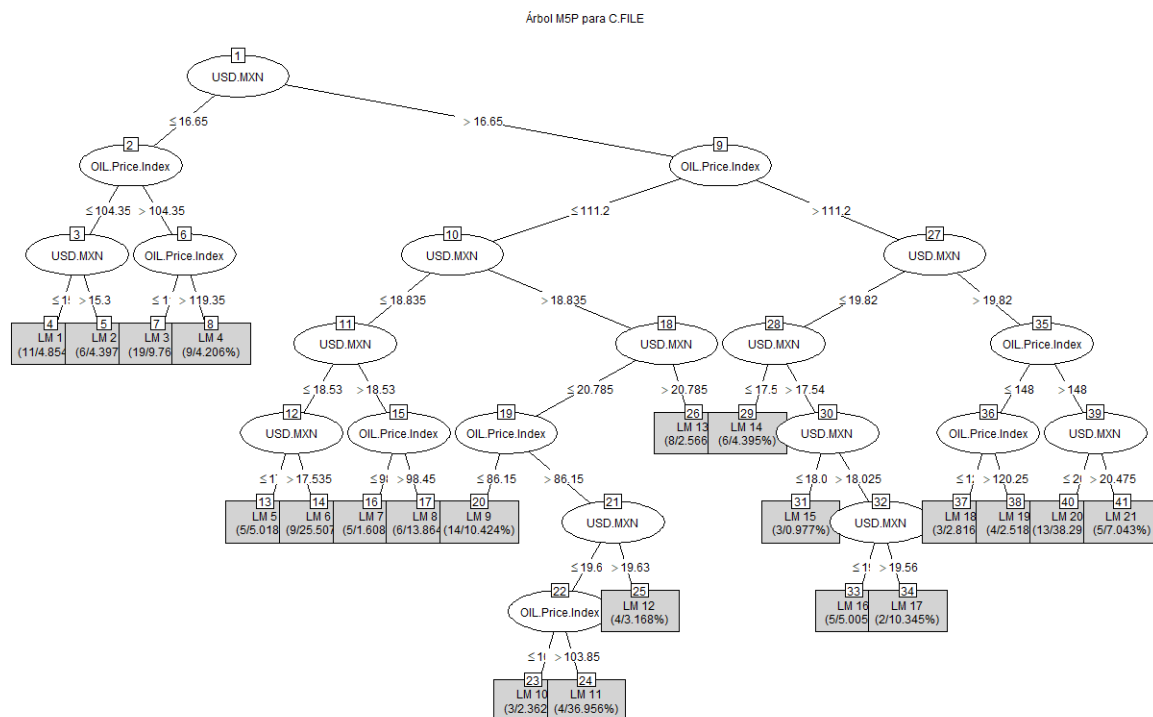
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6546

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : | Urea  $\leq 328.44$  : | | USD.MXN  $\leq 13.395$  : LM1 (13/30.752%) | | USD.MXN  $> 13.395$  : | | Urea  $\leq 300.25$  : LM2 (7/4.313%) | | Urea  $> 300.25$  : LM3 (6/2.658%) | Urea  $> 328.44$  : | | Urea  $\leq 355.63$  : | | USD.MXN  $\leq 13.17$  : LM4 (2/0.866%) | | USD.MXN  $> 13.17$  : LM5 (2/0.289%) | | Urea  $> 355.63$  : | | USD.MXN  $\leq 12.98$  : LM6 (10/4.552%) | | USD.MXN  $> 12.98$  : LM7 (5/2.428%) USD.MXN  $> 16.65$  : | Urea  $\leq 283.75$  : | | USD.MXN  $\leq 18.835$  : | | USD.MXN  $\leq 18.53$  : | | Urea  $\leq 233.19$  : | | Urea  $\leq 194.4$  : | | USD.MXN  $\leq 18.125$  : LM8 (3/2.236%) | | USD.MXN  $> 18.125$  : LM9 (2/0.635%) | | Urea  $> 194.4$  : | | Urea  $\leq 210.375$  : LM10 (3/2.995%) | | Urea  $> 210.375$  : LM11 (2/0.52%) | | Urea  $> 233.19$  : LM12 (4/0.868%) | | USD.MXN  $> 18.53$  : LM13 (11/9.175%) | | USD.MXN  $> 18.835$  : | | USD.MXN  $\leq 21$  : | | Urea  $\leq 224.25$  : | | USD.MXN  $\leq 19.63$  : LM14 (5/4.147%) | | USD.MXN  $> 19.63$  : LM15 (6/5.743%) | | Urea  $> 224.25$  : LM16 (19/19.681%) | | USD.MXN  $> 21$  : LM17 (8/1.539%) | Urea  $> 283.75$  : | | USD.MXN  $\leq 19.56$  : | | USD.MXN  $\leq 18.17$  : LM18 (10/6.009%) | | USD.MXN  $> 18.17$  : LM19 (4/4.432%) | | USD.MXN  $> 19.56$  : | | Urea  $\leq 373.065$  : LM20 (5/35.311%) | | Urea  $> 373.065$  : | | Urea  $\leq 692.5$  : | | Urea  $\leq 519.065$  : LM21 (4/4.991%) | | Urea  $> 519.065$  : LM22 (5/21.46%) | | Urea  $> 692.5$  :

LM23 (8/6.071%) LM num: 1 C.COST =  $0.01 * \text{USD.MXN} + 26.8347$  LM num: 2 C.COST =  $0.0583 * \text{USD.MXN} + 24.4454$  LM num: 3 C.COST =  $-0.0366 * \text{USD.MXN} + 25.9338$  LM num: 4 C.COST =  $0.2971 * \text{USD.MXN} + 30.1393$  LM num: 5 C.COST =  $0.2971 * \text{USD.MXN} + 30.1537$  LM num: 6 C.COST =  $-0.085 * \text{USD.MXN} + 34.6048$  LM num: 7 C.COST =  $-0.1052 * \text{USD.MXN} + 34.8127$  LM num: 8 C.COST =  $-0.1107 * \text{USD.MXN} + 28.7418$  LM num: 9 C.COST =  $-0.1183 * \text{USD.MXN} + 28.8695$  LM num: 10 C.COST =  $0.0023 * \text{Urea} + 0.0186 * \text{USD.MXN} + 25.8868$  LM num: 11 C.COST =  $0.0025 * \text{Urea} + 0.0186 * \text{USD.MXN} + 25.8695$  LM num: 12 C.COST =  $0.0186 * \text{USD.MXN} + 25.3856$  LM num: 13 C.COST =  $0.0045 * \text{Urea} + 0.019 * \text{USD.MXN} + 27.6689$  LM num: 14 C.COST =  $0.0086 * \text{Urea} + 0.0397 * \text{USD.MXN} + 36.9714$  LM num: 15 C.COST =  $0.0391 * \text{USD.MXN} + 38.5162$  LM num: 16 C.COST =  $0.0254 * \text{USD.MXN} + 37.0615$  LM num: 17 C.COST =  $0.0249 * \text{USD.MXN} + 35.7072$  LM num: 18 C.COST =  $0.0146 * \text{USD.MXN} + 68.9082$  LM num: 19 C.COST =  $0.015 * \text{USD.MXN} + 68.0178$  LM num: 20 C.COST =  $0.016 * \text{USD.MXN} + 90.2851$  LM num: 21 C.COST =  $0.0159 * \text{USD.MXN} + 86.9514$  LM num: 22 C.COST =  $0.0159 * \text{USD.MXN} + 87.057$  LM num: 23 C.COST =  $0.0149 * \text{USD.MXN} + 87.5926$  Number of Rules : 23

## Árbol MSP para C.FILE



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6668

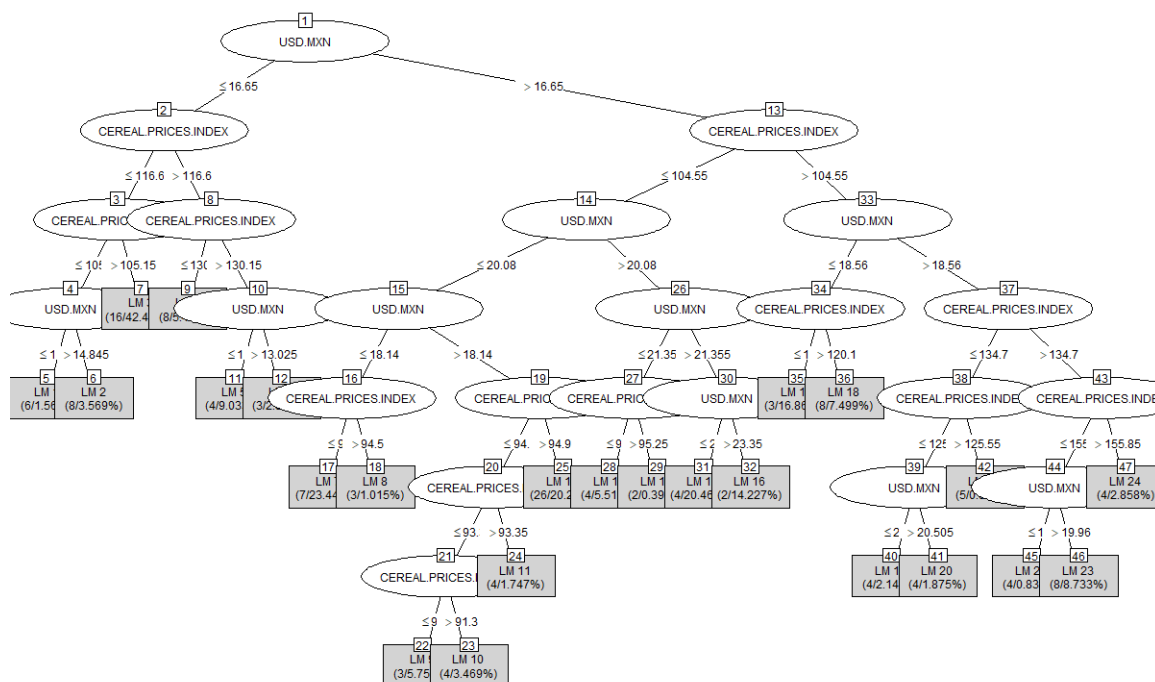
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 OIL.Price.Index ≤ 104.35 : | | USD.MXN ≤ 15.3 : LM1 (11/4.854%) | | USD.MXN  
 > 15.3 : LM2 (6/4.397%) | OIL.Price.Index > 104.35 : | | OIL.Price.Index ≤ 119.35 :  
 LM3 (19/9.76%) | | OIL.Price.Index > 119.35 : LM4 (9/4.206%) USD.MXN > 16.65 : |

OIL.Price.Index <= 111.2 : | | USD.MXN <= 18.835 : | | | USD.MXN <= 18.53 : | |  
 | | USD.MXN <= 17.535 : LM5 (5/5.018%) | | | USD.MXN > 17.535 : LM6  
 (9/25.507%) | | | USD.MXN > 18.53 : | | | OIL.Price.Index <= 98.45 : LM7  
 (5/1.608%) | | | OIL.Price.Index > 98.45 : LM8 (6/13.864%) | | USD.MXN >  
 18.835 : | | | USD.MXN <= 20.785 : | | | OIL.Price.Index <= 86.15 : LM9  
 (14/10.424%) | | | OIL.Price.Index > 86.15 : | | | | USD.MXN <= 19.63 : | |  
 | | | OIL.Price.Index <= 103.85 : LM10 (3/2.362%) | | | | OIL.Price.Index >  
 103.85 : LM11 (4/36.956%) | | | | USD.MXN > 19.63 : LM12 (4/3.168%) | | |  
 USD.MXN > 20.785 : LM13 (8/2.566%) | OIL.Price.Index > 111.2 : | | USD.MXN  
 <= 19.82 : | | | USD.MXN <= 17.54 : LM14 (6/4.395%) | | | USD.MXN > 17.54 : |  
 | | | USD.MXN <= 18.025 : LM15 (3/0.977%) | | | USD.MXN > 18.025 : | | |  
 | USD.MXN <= 19.56 : LM16 (5/5.005%) | | | | USD.MXN > 19.56 : LM17  
 (2/10.345%) | | USD.MXN > 19.82 : | | | OIL.Price.Index <= 148 : | | | |  
 OIL.Price.Index <= 120.25 : LM18 (3/2.816%) | | | | OIL.Price.Index > 120.25 : LM19  
 (4/2.518%) | | | OIL.Price.Index > 148 : | | | | USD.MXN <= 20.475 : LM20  
 (13/38.291%) | | | | USD.MXN > 20.475 : LM21 (5/7.043%) LM num: 1 C.FILE =  
 0.0326 \* USD.MXN + 3.4927 LM num: 2 C.FILE = 0.0581 \* USD.MXN +  
 3.1481 LM num: 3 C.FILE = -0.0024 \* USD.MXN + 4.0672 LM num: 4  
 C.FILE = -0.0035 \* USD.MXN + 4.1332 LM num: 5 C.FILE = -0.0021  
 \* USD.MXN + 2.1015 LM num: 6 C.FILE = -0.0021 \* USD.MXN + 2.2939  
 LM num: 7 C.FILE = -0.0014 \* OIL.Price.Index - 0.0069 \* USD.MXN +  
 3.5606 LM num: 8 C.FILE = -0.0067 \* USD.MXN + 3.3895 LM num: 9  
 C.FILE = -0.0039 \* USD.MXN + 6.4077 LM num: 10 C.FILE = -0.0108  
 \* USD.MXN + 8.3368 LM num: 11 C.FILE = -0.0107 \* USD.MXN + 8.3157  
 LM num: 12 C.FILE = -0.0007 \* OIL.Price.Index - 0.009 \* USD.MXN + 8.3799  
 LM num: 13 C.FILE = -0.002 \* USD.MXN + 5.0224 LM num: 14 C.FILE =  
 0.0111 \* USD.MXN + 10.8628 LM num: 15 C.FILE = 0.0109 \* USD.MXN +  
 11.0032 LM num: 16 C.FILE = 0.0109 \* USD.MXN + 11.0058 LM num: 17  
 C.FILE = 0.0109 \* USD.MXN + 11.0073 LM num: 18 C.FILE = 0.0067 \*  
 OIL.Price.Index + 0.0173 \* USD.MXN + 7.9388 LM num: 19 C.FILE =  
 0.0063 \* OIL.Price.Index + 0.0173 \* USD.MXN + 8.025 LM num: 20  
 C.FILE = 0.0162 \* USD.MXN + 9.2283 LM num: 21 C.FILE = 0.0166 \*  
 USD.MXN + 9.1401 Number of Rules : 21

## Árbol M5P para C.FRIJ

Árbol M5P para C.FRIJ



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6436

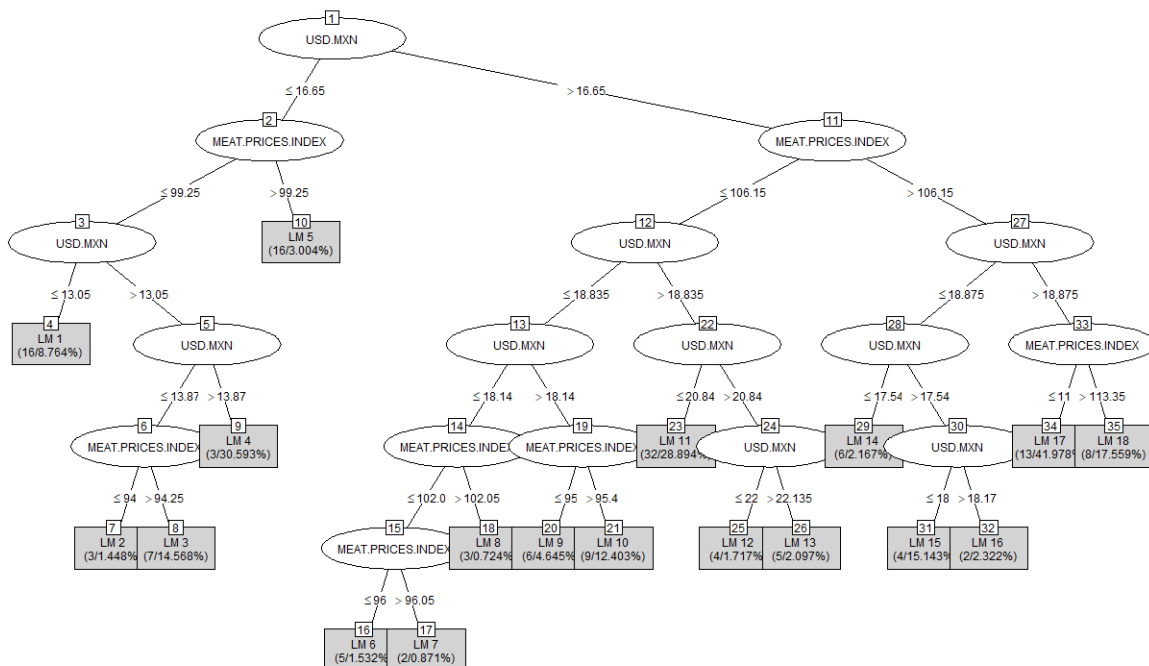
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  116.6 : | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  105.15 : | | |  
 USD.MXN  $\leq$  14.845 : LM1 (6/1.56%) | | | USD.MXN  $>$  14.845 : LM2 (8/3.569%) | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  105.15 : LM3 (16/42.465%) | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$   
 116.6 : | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  130.15 : LM4 (8/5.429%) | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  130.15 : | | | USD.MXN  $\leq$  13.025 : LM5 (4/9.033%) | |  
 | USD.MXN  $>$  13.025 : LM6 (3/2.597%) USD.MXN  $>$  16.65 : |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  104.55 : | | USD.MXN  $\leq$  20.08 : | | | USD.MXN  $\leq$   
 18.14 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  94.5 : LM7 (7/23.446%) | | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  94.5 : LM8 (3/1.015%) | | | USD.MXN  $>$  18.14 : | | |  
 | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  94.9 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  93.35 :  
 | | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  91.3 : LM9 (3/5.752%) | | | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  91.3 : LM10 (4/3.469%) | | | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  93.35 : LM11 (4/1.747%) | | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  94.9 : LM12 (26/20.29%) | | USD.MXN  $>$  20.08 : | | |  
 USD.MXN  $\leq$  21.355 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  95.25 : LM13 (4/5.519%)  
 | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  95.25 : LM14 (2/0.391%) | | | USD.MXN  $>$   
 21.355 : | | | | USD.MXN  $\leq$  23.35 : LM15 (4/20.463%) | | | | USD.MXN  $>$  23.35  
 : LM16 (2/14.227%) | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  104.55 : | | USD.MXN  $\leq$  18.56 :  
 | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  120.1 : LM17 (3/16.869%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  120.1 : LM18 (8/7.499%) | | USD.MXN  $>$  18.56 : | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  134.7 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  125.55 : |

| | | | USD.MXN <= 20.505 : LM19 (4/2.143%) | | | | USD.MXN > 20.505 :  
 LM20 (4/1.875%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 125.55 : LM21 (5/0.954%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 134.7 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 155.85 : | |  
 | | | | USD.MXN <= 19.96 : LM22 (4/0.838%) | | | | USD.MXN > 19.96 : LM23  
 (8/8.733%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 155.85 : LM24 (4/2.858%) LM num: 1  
 C.FRIJ = 0.1893 \* USD.MXN - 1.1234 LM num: 2 C.FRIJ = -0.0148 \*  
 CEREAL.PRICES.INDEX + 0.1906 \* USD.MXN + 0.521 LM num: 3 C.FRIJ =  
 0.2004 \* USD.MXN + 0.8819 LM num: 4 C.FRIJ = 0.2165 \* USD.MXN -  
 5.1864 LM num: 5 C.FRIJ = 0.2182 \* USD.MXN - 8.3731 LM num: 6 C.FRIJ =  
 0.2182 \* USD.MXN - 8.5191 LM num: 7 C.FRIJ = 0.2728 \* USD.MXN -  
 25.0509 LM num: 8 C.FRIJ = 0.3158 \* USD.MXN - 30.8077 LM num: 9 C.FRIJ =  
 -0.0338 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0513 \* USD.MXN +  
 17.0536 LM num: 10 C.FRIJ = -0.032 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0513 \*  
 USD.MXN + 16.8696 LM num: 11 C.FRIJ = 0.0513 \* USD.MXN + 14.0438 LM  
 num: 12 C.FRIJ = 0.0615 \* USD.MXN + 12.7182 LM num: 13 C.FRIJ = 0.0602 \*  
 USD.MXN + 0.465 LM num: 14 C.FRIJ = 0.0579 \* USD.MXN + 0.889 LM  
 num: 15 C.FRIJ = 0.0792 \* USD.MXN + 2.6585 LM num: 16 C.FRIJ = 0.0792 \*  
 USD.MXN + 3.1746 LM num: 17 C.FRIJ = -0.0584 \* CEREAL.PRICES.INDEX  
 + 0.0508 \* USD.MXN + 55.1344 LM num: 18 C.FRIJ = -0.0533 \*  
 CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0508 \* USD.MXN + 54.1759 LM num: 19 C.FRIJ  
 = -0.0015 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0359 \* USD.MXN +  
 48.9462 LM num: 20 C.FRIJ = 0.0359 \* USD.MXN + 48.7803 LM num: 21 C.FRIJ  
 = 0.0344 \* USD.MXN + 48.8707 LM num: 22 C.FRIJ = -0.004 \*  
 CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0347 \* USD.MXN + 55.2502 LM num: 23 C.FRIJ  
 = 0.0347 \* USD.MXN + 54.2204 LM num: 24 C.FRIJ = 0.0292 \* USD.MXN +  
 54.7807 Number of Rules : 24

## Árbol M5P para C.GALL

Árbol M5P para C.GALL



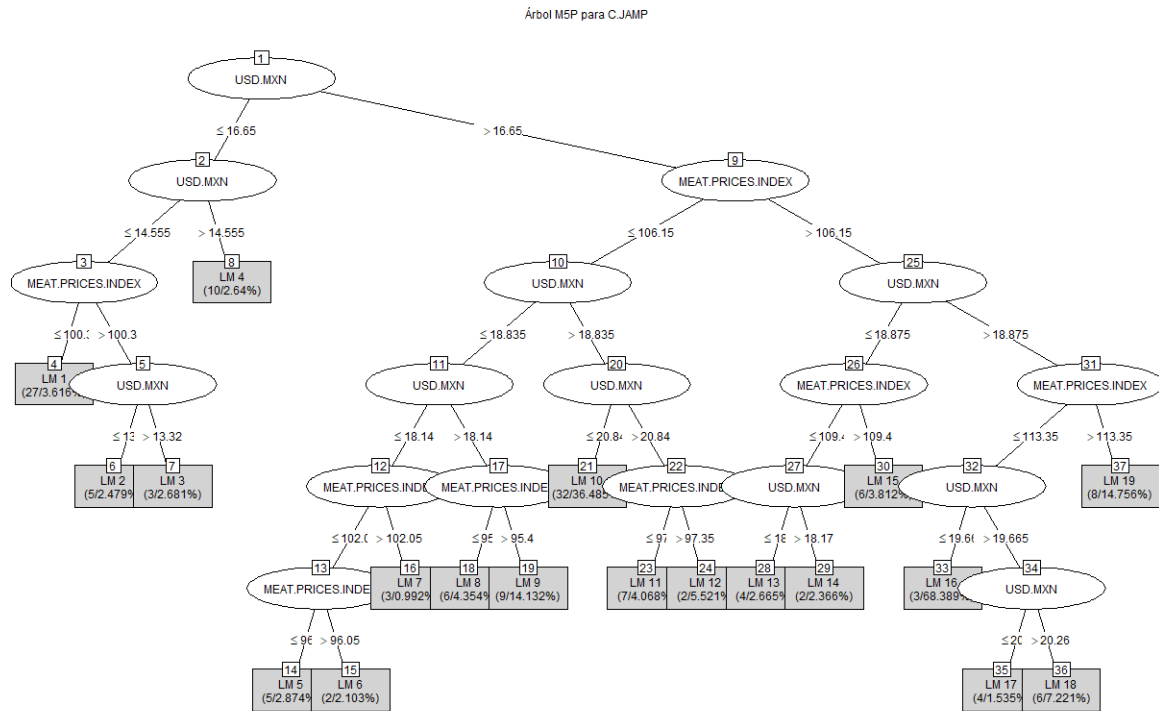
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8825

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 99.25 : | | USD.MXN ≤ 13.05 : LM1 (16/8.764%) | |  
 USD.MXN > 13.05 : | | | USD.MXN ≤ 13.87 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤  
 94.25 : LM2 (3/1.448%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 94.25 : LM3 (7/14.568%) | |  
 | USD.MXN > 13.87 : LM4 (3/30.593%) | MEAT.PRICES.INDEX > 99.25 : LM5  
 (16/3.004%) USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 ≤ 102.05 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 96.05 : LM6 (5/1.532%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX > 96.05 : LM7 (2/0.871%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX >  
 102.05 : LM8 (3/0.724%) | | | USD.MXN > 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 ≤ 95.4 : LM9 (6/4.645%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 95.4 : LM10 (9/12.403%) |  
 | USD.MXN > 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 20.84 : LM11 (32/28.894%) | | |  
 USD.MXN > 20.84 : | | | | USD.MXN ≤ 22.135 : LM12 (4/1.717%) | | | |  
 USD.MXN > 22.135 : LM13 (5/2.097%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.875 : | | | USD.MXN ≤ 17.54 : LM14 (6/2.167%) | | |  
 USD.MXN > 17.54 : | | | | USD.MXN ≤ 18.17 : LM15 (4/15.143%) | | | |  
 USD.MXN > 18.17 : LM16 (2/2.322%) | | USD.MXN > 18.875 : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 113.35 : LM17 (13/41.978%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 > 113.35 : LM18 (8/17.559%) LM num: 1 C.GALL = 0.0566 \* USD.MXN - 2.0321  
 LM num: 2 C.GALL = 0.0724 \* USD.MXN - 4.085 LM num: 3 C.GALL =  
 0.0715 \* USD.MXN - 3.9921 LM num: 4 C.GALL = 0.0712 \* USD.MXN -  
 4.1396 LM num: 5 C.GALL = 0.0846 \* USD.MXN - 0.8486 LM num: 6 C.GALL

$= 0.0026 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0375 * \text{USD.MXN} - 0.0358$  LM num: 7 C.GALL =  $0.0024 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0375 * \text{USD.MXN} - 0.0237$  LM num: 8 C.GALL =  $0.0042 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0375 * \text{USD.MXN} - 0.1665$  LM num: 9 C.GALL =  $0.029 * \text{USD.MXN} + 1.4418$  LM num: 10 C.GALL =  $0.0301 * \text{USD.MXN} + 1.3038$  LM num: 11 C.GALL =  $0.0375 * \text{USD.MXN} + 2.2777$  LM num: 12 C.GALL =  $0.0019 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0375 * \text{USD.MXN} + 2.2449$  LM num: 13 C.GALL =  $0.0375 * \text{USD.MXN} + 2.3917$  LM num: 14 C.GALL =  $-0.0033 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0583 * \text{USD.MXN} + 10.3599$  LM num: 15 C.GALL =  $0.0502 * \text{USD.MXN} + 12.2465$  LM num: 16 C.GALL =  $0.0492 * \text{USD.MXN} + 12.5102$  LM num: 17 C.GALL =  $0.0802 * \text{USD.MXN} + 4.0121$  LM num: 18 C.GALL =  $0.0837 * \text{USD.MXN} + 3.7286$   
 Number of Rules : 18

### Árbol M5P para C.JAMP



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8154

Modelos lineales del árbol:

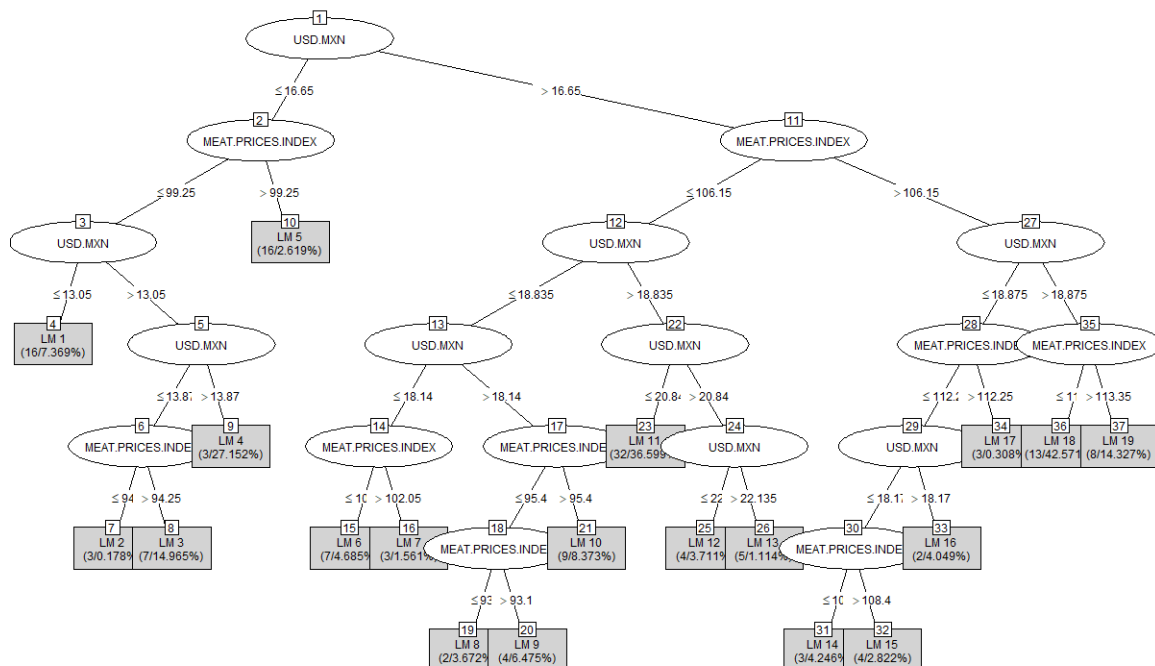
M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : |  
 USD.MXN  $\leq 14.555$  : | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 100.3$  : LM1 (27/3.616%) | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $> 100.3$  : | | | USD.MXN  $\leq 13.32$  : LM2 (5/2.479%) | | |  
 USD.MXN  $> 13.32$  : LM3 (3/2.681%) | USD.MXN  $> 14.555$  : LM4 (10/2.64%)  
 USD.MXN  $> 16.65$  : | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 106.15$  : | | USD.MXN  $\leq 18.835$  :  
 | | | USD.MXN  $\leq 18.14$  : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 102.05$  : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 96.05$  : LM5 (5/2.874%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 $> 96.05$  : LM6 (2/2.103%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 102.05$  : LM7 (3/0.992%) |  
 | | USD.MXN  $> 18.14$  : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 95.4$  : LM8 (6/4.354%) |  
 | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 95.4$  : LM9 (9/14.132%) | | USD.MXN  $> 18.835$  : | |

| USD.MXN <= 20.84 : LM10 (32/36.485%) | | | USD.MXN > 20.84 : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX <= 97.35 : LM11 (7/4.068%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX >  
 97.35 : LM12 (2/5.521%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | | USD.MXN <=  
 18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX <= 109.4 : | | | | USD.MXN <= 18.17 :  
 LM13 (4/2.665%) | | | | USD.MXN > 18.17 : LM14 (2/2.366%) | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX > 109.4 : LM15 (6/3.812%) | | | USD.MXN > 18.875 : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX <= 113.35 : | | | | USD.MXN <= 19.665 : LM16 (3/68.389%)  
 | | | | USD.MXN > 19.665 : | | | | | USD.MXN <= 20.26 : LM17 (4/1.535%) | |  
 | | | USD.MXN > 20.26 : LM18 (6/7.221%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 :  
 LM19 (8/14.756%) LM num: 1 C.JAMP = 0.0522 \* USD.MXN - 1.3995 LM num: 2  
 C.JAMP = 0.0014 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0638 \* USD.MXN - 3.4772  
 LM num: 3 C.JAMP = 0.0642 \* USD.MXN - 3.4319 LM num: 4 C.JAMP =  
 0.0531 \* USD.MXN - 1.6447 LM num: 5 C.JAMP = 0.0059 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.0389 \* USD.MXN - 1.9891 LM num: 6 C.JAMP  
 = 0.0047 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0389 \* USD.MXN - 1.8811 LM  
 num: 7 C.JAMP = 0.0058 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0389 \* USD.MXN -  
 1.9515 LM num: 8 C.JAMP = -0.0032 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0282 \*  
 USD.MXN + 0.4463 LM num: 9 C.JAMP = 0.0295 \* USD.MXN - 0.0282 LM  
 num: 10 C.JAMP = 0.0389 \* USD.MXN + 1.083 LM num: 11 C.JAMP = -0.005 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.0389 \* USD.MXN + 0.9555 LM num: 12  
 C.JAMP = -0.0065 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0389 \* USD.MXN + 1.0842  
 LM num: 13 C.JAMP = 0.0863 \* USD.MXN + 3.066 LM num: 14 C.JAMP =  
 0.0875 \* USD.MXN + 3.0489 LM num: 15 C.JAMP = 0.0764 \* USD.MXN +  
 3.254 LM num: 16 C.JAMP = 0.1009 \* USD.MXN - 0.0553 LM num: 17 C.JAMP  
 = 0.0006 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0951 \* USD.MXN + 0.2326 LM  
 num: 18 C.JAMP = 0.0951 \* USD.MXN + 0.3327 LM num: 19 C.JAMP = 0.0832 \*  
 USD.MXN + 1.968 Number of Rules : 19



## Árbol M5P para C.JUGO

Árbol M5P para C.JUGO



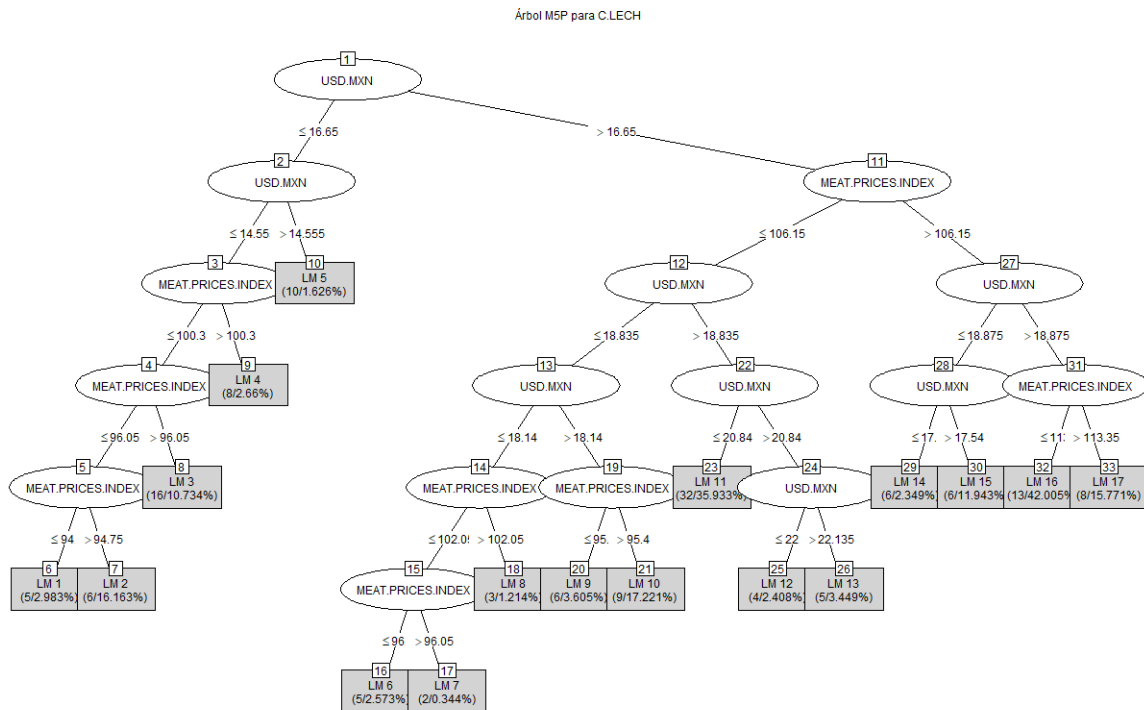
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8591

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 99.25 : | | USD.MXN ≤ 13.05 : LM1 (16/7.369%) | |  
 USD.MXN > 13.05 : | | | USD.MXN ≤ 13.87 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 94.25 : LM2 (3/0.178%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 94.25 : LM3 (7/14.965%) | |  
 | USD.MXN > 13.87 : LM4 (3/27.152%) | MEAT.PRICES.INDEX > 99.25 : LM5 (16/2.619%)  
 USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 102.05 : LM6 (7/4.685%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 102.05 : LM7 (3/1.561%) | | |  
 USD.MXN > 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 95.4 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 93.1 : LM8 (2/3.672%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX > 93.1 : LM9 (4/6.475%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 95.4 : LM10 (9/8.373%) | | USD.MXN > 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 20.84 : LM11 (32/36.599%) | | |  
 USD.MXN > 20.84 : | | | USD.MXN ≤ 22.135 : LM12 (4/3.711%) | | | USD.MXN > 22.135 : LM13 (5/1.114%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 112.25 : | | | USD.MXN ≤ 18.17 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 108.4 : LM14 (3/4.246%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX > 108.4 : LM15 (4/2.822%) | | | | USD.MXN > 18.17 : LM16 (2/4.049%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 112.25 : LM17 (3/0.308%) | |  
 USD.MXN > 18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 113.35 : LM18 (13/42.571%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 : LM19 (8/14.327%)  
 LM num: 1 C.JUGO = 0.1606 \* USD.MXN + 1.3558 LM num: 2 C.JUGO = 0.1995 \*  
 USD.MXN - 3.6583 LM num: 3 C.JUGO = 0.1973 \* USD.MXN - 3.428 LM

num: 4 C.JUGO =  $0.1964 * \text{USD.MXN} - 3.7789$  LM num: 5 C.JUGO =  $0.1369 * \text{USD.MXN} + 5.7927$  LM num: 6 C.JUGO =  $0.0113 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1219 * \text{USD.MXN} + 2.9625$  LM num: 7 C.JUGO =  $0.0138 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1219 * \text{USD.MXN} + 2.7875$  LM num: 8 C.JUGO =  $0.0847 * \text{USD.MXN} + 8.6795$  LM num: 9 C.JUGO =  $0.0863 * \text{USD.MXN} + 8.5291$  LM num: 10 C.JUGO =  $0.1022 * \text{USD.MXN} + 6.9391$  LM num: 11 C.JUGO =  $0.1219 * \text{USD.MXN} + 9.2734$  LM num: 12 C.JUGO =  $0.1219 * \text{USD.MXN} + 9.4498$  LM num: 13 C.JUGO =  $-0.0051 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1219 * \text{USD.MXN} + 9.8184$  LM num: 14 C.JUGO =  $0.2028 * \text{USD.MXN} + 29.1462$  LM num: 15 C.JUGO =  $0.1991 * \text{USD.MXN} + 29.1709$  LM num: 16 C.JUGO =  $0.2084 * \text{USD.MXN} + 28.6834$  LM num: 17 C.JUGO =  $0.2027 * \text{USD.MXN} + 28.6441$  LM num: 18 C.JUGO =  $0.2638 * \text{USD.MXN} + 13.3573$  LM num: 19 C.JUGO =  $0.2752 * \text{USD.MXN} + 12.421$  Number of Rules : 19

### Árbol M5P para C.LECH



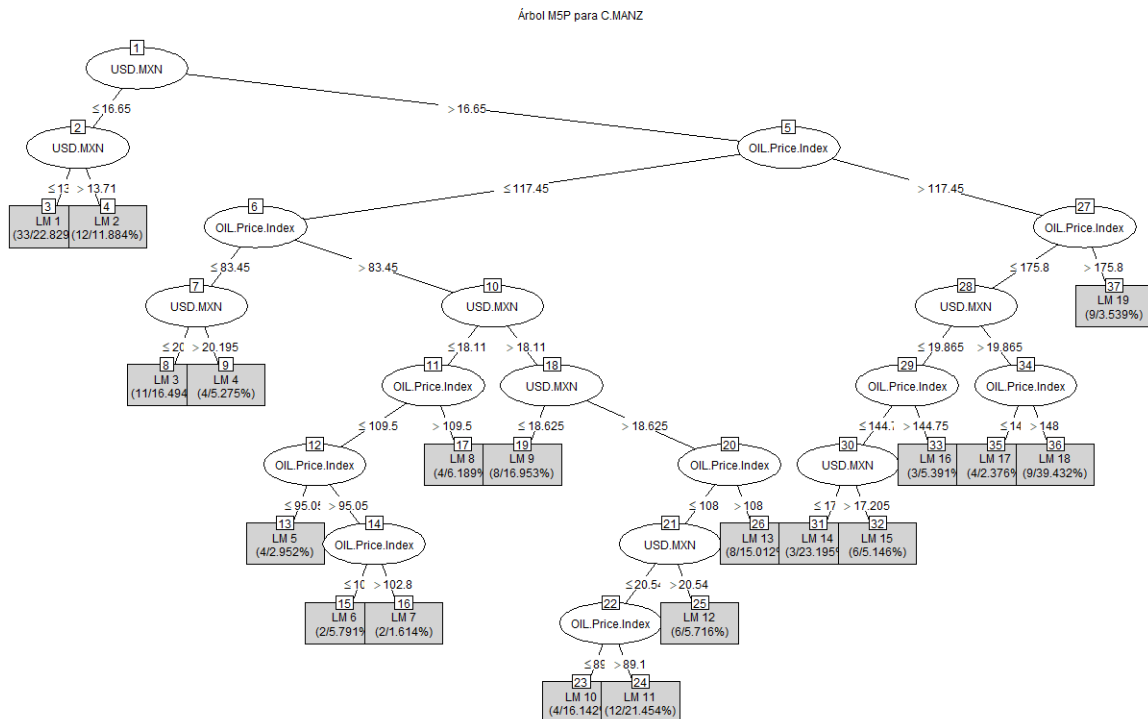
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8895

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : |  
 USD.MXN  $\leq 14.555$  : | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 100.3$  : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 96.05$  : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 94.75$  : LM1  
 (5/2.983%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $> 94.75$  : LM2 (6/16.163%) | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $> 96.05$  : LM3 (16/10.734%) | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 100.3 : LM4 (8/2.66%) | USD.MXN  $> 14.555$  : LM5 (10/1.626%) USD.MXN  $> 16.65$  :  
 | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 106.15$  : | | USD.MXN  $\leq 18.835$  : | | | USD.MXN  
 $\leq 18.14$  : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 102.05$  : | | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq 96$  : LM6 (5/2.573%) | | | | | MEAT.PRICES.INDEX

$> 96.05 : \text{LM7 (2/0.344\%)} \mid \mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} > 102.05 : \text{LM8 (3/1.214\%)} \mid$   
 $\mid \mid \text{USD.MXN} > 18.14 : \mid \mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} \leq 95.4 : \text{LM9 (6/3.605\%)} \mid$   
 $\mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} > 95.4 : \text{LM10 (9/17.221\%)} \mid \mid \text{USD.MXN} > 18.835 : \mid$   
 $\mid \mid \text{USD.MXN} \leq 20.84 : \text{LM11 (32/35.933\%)} \mid \mid \mid \text{USD.MXN} > 20.84 : \mid \mid \mid \mid$   
 $\text{USD.MXN} \leq 22.135 : \text{LM12 (4/2.408\%)} \mid \mid \mid \mid \text{USD.MXN} > 22.135 : \text{LM13}$   
 $(5/3.449\%) \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} > 106.15 : \mid \mid \text{USD.MXN} \leq 18.875 : \mid \mid \mid$   
 $\text{USD.MXN} \leq 17.54 : \text{LM14 (6/2.349\%)} \mid \mid \mid \text{USD.MXN} > 17.54 : \text{LM15 (6/11.943\%)} \mid$   
 $\mid \text{USD.MXN} > 18.875 : \mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} \leq 113.35 : \text{LM16 (13/42.005\%)} \mid$   
 $\mid \mid \mid \text{MEAT.PRICES.INDEX} > 113.35 : \text{LM17 (8/15.771\%)} \text{ LM num: 1 C.LECH =}$   
 $0.7163 * \text{USD.MXN} - 9.8943 \text{ LM num: 2 C.LECH = } 0.7121 * \text{USD.MXN} -$   
 $9.3627 \text{ LM num: 3 C.LECH = } 0.6082 * \text{USD.MXN} + 0.7489 \text{ LM num: 4 C.LECH}$   
 $= 0.5576 * \text{USD.MXN} + 6.1697 \text{ LM num: 5 C.LECH = } 0.5016 * \text{USD.MXN} +$   
 $7.6543 \text{ LM num: 6 C.LECH = } 0.0459 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.418 * \text{USD.MXN}$   
 $- 0.5758 \text{ LM num: 7 C.LECH = } 0.0446 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} +$   
 $0.418 * \text{USD.MXN} - 0.4732 \text{ LM num: 8 C.LECH = } 0.065 * \text{MEAT.PRICES.INDEX}$   
 $+ 0.418 * \text{USD.MXN} - 2.0971 \text{ LM num: 9 C.LECH = } 0.3088 * \text{USD.MXN} + 19.2866$   
 $\text{LM num: 10 C.LECH = } 0.3225 * \text{USD.MXN} + 17.5034 \text{ LM num: 11 C.LECH = } 0.418 * \text{USD.MXN} + 28.3706$   
 $\text{LM num: 12 C.LECH = } 0.0227 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.418 * \text{USD.MXN} +$   
 $27.2479 \text{ LM num: 13 C.LECH = } 0.418 * \text{USD.MXN} + 28.9912 \text{ LM num: 14 C.LECH =}$   
 $-0.0314 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.6976 * \text{USD.MXN} + 98.9249 \text{ LM num: 15 C.LECH =}$   
 $0.6976 * \text{USD.MXN} + 95.2201 \text{ LM num: 16 C.LECH = } 0.9104 * \text{USD.MXN} + 41.6886$   
 $\text{LM num: 17 C.LECH = } 0.9501 * \text{USD.MXN} + 38.4466 \text{ Number of Rules : 17}$

## Árbol M5P para C.MANZ



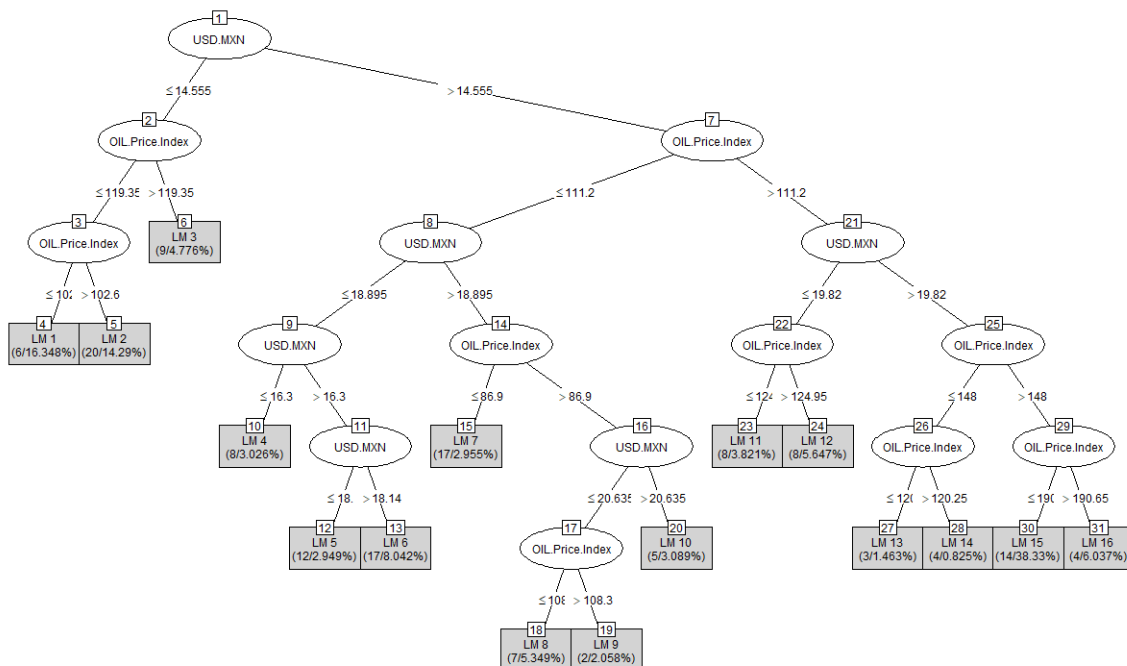
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6442

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
USD.MXN  $\leq$  13.71 : LM1 (33/22.829%) | USD.MXN  $>$  13.71 : LM2 (12/11.884%)  
USD.MXN  $>$  16.65 : | OIL.Price.Index  $\leq$  117.45 : | | OIL.Price.Index  $\leq$  83.45 : | |  
| USD.MXN  $\leq$  20.195 : LM3 (11/16.494%) | | | USD.MXN  $>$  20.195 : LM4  
(4/5.275%) | | OIL.Price.Index  $>$  83.45 : | | | USD.MXN  $\leq$  18.11 : | | | |  
OIL.Price.Index  $\leq$  109.5 : | | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  95.05 : LM5 (4/2.952%) | | | |  
| | | | | OIL.Price.Index  $>$  95.05 : | | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  102.8 : LM6 (2/5.791%)  
| | | | | OIL.Price.Index  $>$  102.8 : LM7 (2/1.614%) | | | | | OIL.Price.Index  $>$   
109.5 : LM8 (4/6.189%) | | | USD.MXN  $>$  18.11 : | | | | USD.MXN  $\leq$  18.625 :  
LM9 (8/16.953%) | | | | USD.MXN  $>$  18.625 : | | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  108 : |  
| | | | | USD.MXN  $\leq$  20.54 : | | | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  89.1 : LM10  
(4/16.142%) | | | | | | | OIL.Price.Index  $>$  89.1 : LM11 (12/21.454%) | | | | | |  
USD.MXN  $>$  20.54 : LM12 (6/5.716%) | | | | | OIL.Price.Index  $>$  108 : LM13  
(8/15.012%) | OIL.Price.Index  $>$  117.45 : | | OIL.Price.Index  $\leq$  175.8 : | | |  
USD.MXN  $\leq$  19.865 : | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  144.75 : | | | | | USD.MXN  $\leq$   
17.205 : LM14 (3/23.195%) | | | | | USD.MXN  $>$  17.205 : LM15 (6/5.146%) | | | |  
OIL.Price.Index  $>$  144.75 : LM16 (3/5.391%) | | | USD.MXN  $>$  19.865 : | | | |  
OIL.Price.Index  $\leq$  148 : LM17 (4/2.376%) | | | | OIL.Price.Index  $>$  148 : LM18  
(9/39.432%) | | OIL.Price.Index  $>$  175.8 : LM19 (9/3.539%) LM num: 1 C.MANZ =  
0.0149 \* USD.MXN + 14.4652 LM num: 2 C.MANZ = 0.0149 \* USD.MXN +  
15.327 LM num: 3 C.MANZ = -0.0019 \* USD.MXN + 25.5425 LM num: 4  
C.MANZ = -0.0436 \* USD.MXN + 27.3132 LM num: 5 C.MANZ = 0.0174 \*  
OIL.Price.Index + 0.1072 \* USD.MXN + 8.0637 LM num: 6 C.MANZ =  
0.0096 \* OIL.Price.Index + 0.1072 \* USD.MXN + 8.8711 LM num: 7  
C.MANZ = 0.0096 \* OIL.Price.Index + 0.1072 \* USD.MXN + 8.8673 LM  
num: 8 C.MANZ = 0.1219 \* USD.MXN + 8.9367 LM num: 9 C.MANZ = 0.0026 \*  
USD.MXN + 18.0755 LM num: 10 C.MANZ = -0.0072 \* USD.MXN +  
19.3928 LM num: 11 C.MANZ = -0.0051 \* USD.MXN + 19.145 LM num: 12  
C.MANZ = -0.0022 \* USD.MXN + 18.7179 LM num: 13 C.MANZ = -  
0.0014 \* USD.MXN + 18.8167 LM num: 14 C.MANZ = 0.0632 \* USD.MXN +  
32.5179 LM num: 15 C.MANZ = 0.0622 \* USD.MXN + 32.489 LM num: 16  
C.MANZ = 0.0564 \* USD.MXN + 32.5589 LM num: 17 C.MANZ = 0.0017 \*  
OIL.Price.Index + 0.0725 \* USD.MXN + 28.0218 LM num: 18 C.MANZ =  
0.069 \* USD.MXN + 28.9881 LM num: 19 C.MANZ = -0.056 \*  
USD.MXN + 31.2077 Number of Rules : 19

## Árbol M5P para C.MOLR

Árbol M5P para C.MOLR



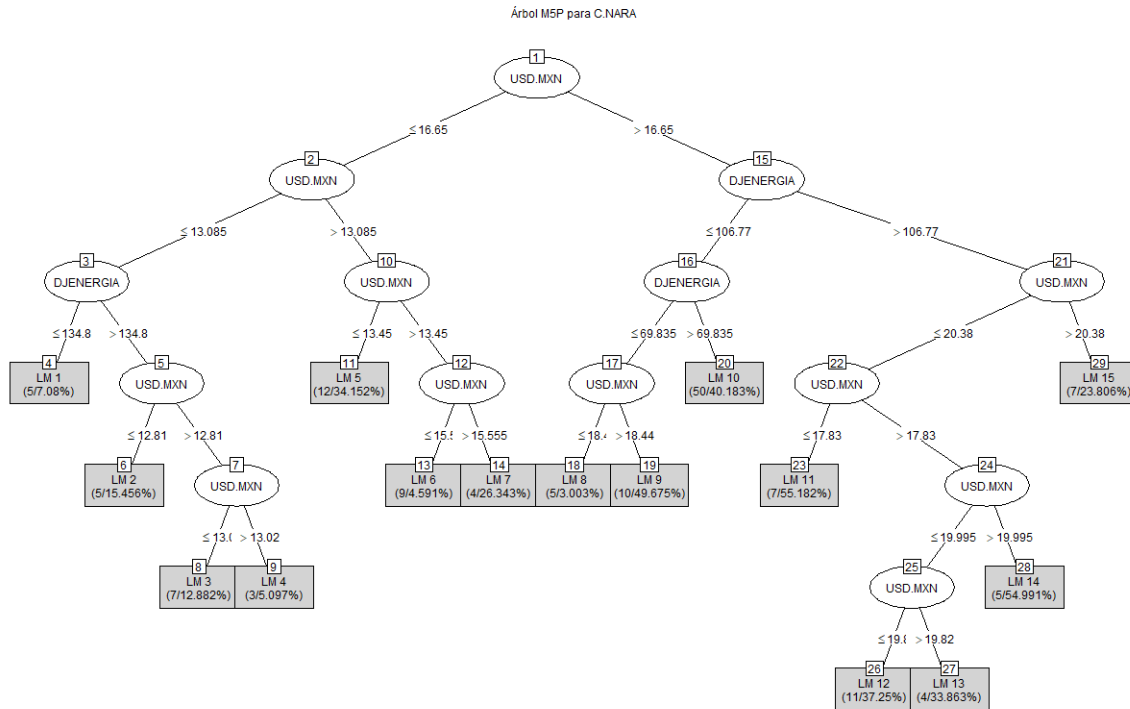
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8257

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  14.555 : |  
OIL.Price.Index  $\leq$  119.35 : | | OIL.Price.Index  $\leq$  102.6 : LM1 (6/16.348%) | |  
OIL.Price.Index  $>$  102.6 : LM2 (20/14.29%) | OIL.Price.Index  $>$  119.35 : LM3  
(9/4.776%) USD.MXN  $>$  14.555 : | OIL.Price.Index  $\leq$  111.2 : | | USD.MXN  $\leq$   
18.895 : | | | USD.MXN  $\leq$  16.3 : LM4 (8/3.026%) | | | USD.MXN  $>$  16.3 : | | |  
| USD.MXN  $\leq$  18.14 : LM5 (12/2.949%) | | | | USD.MXN  $>$  18.14 : LM6  
(17/8.042%) | | | USD.MXN  $>$  18.895 : | | | OIL.Price.Index  $\leq$  86.9 : LM7  
(17/2.955%) | | | OIL.Price.Index  $>$  86.9 : | | | | USD.MXN  $\leq$  20.635 : | | | |  
OIL.Price.Index  $\leq$  108.3 : LM8 (7/5.349%) | | | | OIL.Price.Index  $>$  108.3 : LM9  
(2/2.058%) | | | | USD.MXN  $>$  20.635 : LM10 (5/3.089%) | OIL.Price.Index  $>$  111.2  
: | | | USD.MXN  $\leq$  19.82 : | | | OIL.Price.Index  $\leq$  124.95 : LM11 (8/3.821%) | | |  
OIL.Price.Index  $>$  124.95 : LM12 (8/5.647%) | | | USD.MXN  $>$  19.82 : | | |  
OIL.Price.Index  $\leq$  148 : | | | | OIL.Price.Index  $\leq$  120.25 : LM13 (3/1.463%) | | | |  
OIL.Price.Index  $>$  120.25 : LM14 (4/0.825%) | | | | OIL.Price.Index  $>$  148 : | | | |  
OIL.Price.Index  $\leq$  190.65 : LM15 (14/38.33%) | | | | OIL.Price.Index  $>$  190.65 :  
LM16 (4/6.037%) LM num: 1 C.MOLR =  $-0.0496 * \text{OIL.Price.Index} - 0.0835 * \text{USD.MXN}$   
 $+ 27.5932$  LM num: 2 C.MOLR =  $-0.058 * \text{USD.MXN} + 22.154$  LM  
num: 3 C.MOLR =  $-0.0147 * \text{OIL.Price.Index} - 0.0499 * \text{USD.MXN} + 23.764$   
LM num: 4 C.MOLR =  $0.2262 * \text{USD.MXN} + 25.2163$  LM num: 5 C.MOLR =  
 $0.013 * \text{USD.MXN} + 29.058$  LM num: 6 C.MOLR =  $-0.0073 * \text{OIL.Price.Index}$   
 $+ 0.0137 * \text{USD.MXN} + 30.0863$  LM num: 7 C.MOLR =  
 $0.0216 * \text{USD.MXN} + 31.3055$  LM num: 8 C.MOLR =  $-0.0041 * \text{OIL.Price.Index}$

$OIL.Price.Index + 0.0216 * USD.MXN + 29.8232$  LM num: 9 C.MOLR = -  
 $0.0053 * OIL.Price.Index + 0.0216 * USD.MXN + 29.9206$  LM num: 10  
 $C.MOLR = 0.0216 * USD.MXN + 29.1785$  LM num: 11 C.MOLR =  $0.0551 * USD.MXN + 59.5778$  LM num: 12  
 $C.MOLR = 0.0551 * USD.MXN + 59.4882$  LM num: 13 C.MOLR =  $0.0184 * OIL.Price.Index + 0.0821 * USD.MXN + 44.6354$  LM num: 14  
 $C.MOLR = 0.0188 * OIL.Price.Index + 0.0821 * USD.MXN + 44.6838$  LM num: 15 C.MOLR =  $0.0781 * USD.MXN + 48.6961$  LM num: 16  
 $C.MOLR = 0.0811 * USD.MXN + 48.3814$  Number of Rules : 16

## Árbol M5P para C.NARA



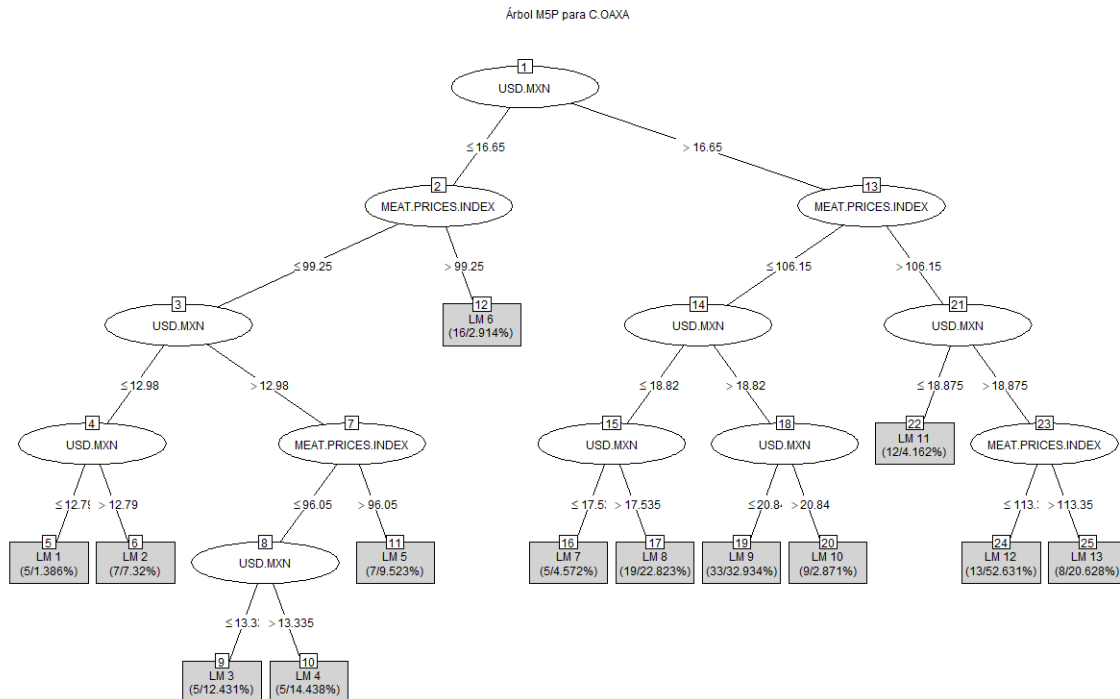
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6176

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq 16.65$  : |  
 USD.MXN  $\leq 13.085$  : | | DJENERGIA  $\leq 134.8$  : LM1 (5/7.08%) | | DJENERGIA  $> 134.8$  : | | | USD.MXN  $\leq 12.81$  : LM2 (5/15.456%) | | | USD.MXN  $> 12.81$  : | |  
 | | USD.MXN  $\leq 13.02$  : LM3 (7/12.882%) | | | USD.MXN  $> 13.02$  : LM4  
 (3/5.097%) | USD.MXN  $> 13.085$  : | | USD.MXN  $\leq 13.45$  : LM5 (12/34.152%) | |  
 USD.MXN  $> 13.45$  : | | | USD.MXN  $\leq 15.555$  : LM6 (9/4.591%) | | | USD.MXN  
 $> 15.555$  : LM7 (4/26.343%) USD.MXN  $> 16.65$  : | DJENERGIA  $\leq 106.77$  : | |  
 DJENERGIA  $\leq 69.835$  : | | | USD.MXN  $\leq 18.44$  : LM8 (5/3.003%) | | |  
 USD.MXN  $> 18.44$  : LM9 (10/49.675%) | | DJENERGIA  $> 106.77$  : | | | USD.MXN  
 $\leq 20.38$  : | | | USD.MXN  $\leq 17.83$  : LM11 (7/55.182%) | | | USD.MXN  $> 17.83$  : | | |  
 USD.MXN  $\leq 19.995$  : | | | | USD.MXN  $\leq 19.82$  : LM12 (11/37.25%) | | | | USD.MXN  $> 19.82$  : LM13 (4/33.863%) | | |  
 USD.MXN  $> 19.995$  : LM14 (5/54.991%) | | | USD.MXN  $> 20.38$  : LM15 (7/23.806%) LM num: 1 C.NARA = 0.6759 \*

DJENERGIA - 7.7722 LM num: 2 C.NARA = 0.7416 \* DJENERGIA - 8.5966  
 LM num: 3 C.NARA = 0.5275 \* DJENERGIA - 5.7774 LM num: 4 C.NARA  
 = 0.4864 \* DJENERGIA - 5.2588 LM num: 5 C.NARA = 0.4009 \*  
 DJENERGIA - 3.9763 LM num: 6 C.NARA = 0.5258 \* DJENERGIA - 6.6525  
 LM num: 7 C.NARA = 0.5566 \* DJENERGIA - 7.0415 LM num: 8 C.NARA  
 = 0.599 \* DJENERGIA - 9.8756 LM num: 9 C.NARA = 0.5367 \*  
 DJENERGIA - 7.2619 LM num: 10 C.NARA = 0.1979 \* DJENERGIA + 1.2845  
 LM num: 11 C.NARA = -0.4571 \* DJENERGIA + 14.7491 LM num: 12  
 C.NARA = -0.4135 \* DJENERGIA + 13.4958 LM num: 13 C.NARA = -0.4342  
 \* DJENERGIA + 13.841 LM num: 14 C.NARA = -0.3571 \* DJENERGIA +  
 12.4049 LM num: 15 C.NARA = -0.4521 \* DJENERGIA + 14.0533 Number of  
 Rules : 15

### Árbol M5P para C.OAXA



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7482

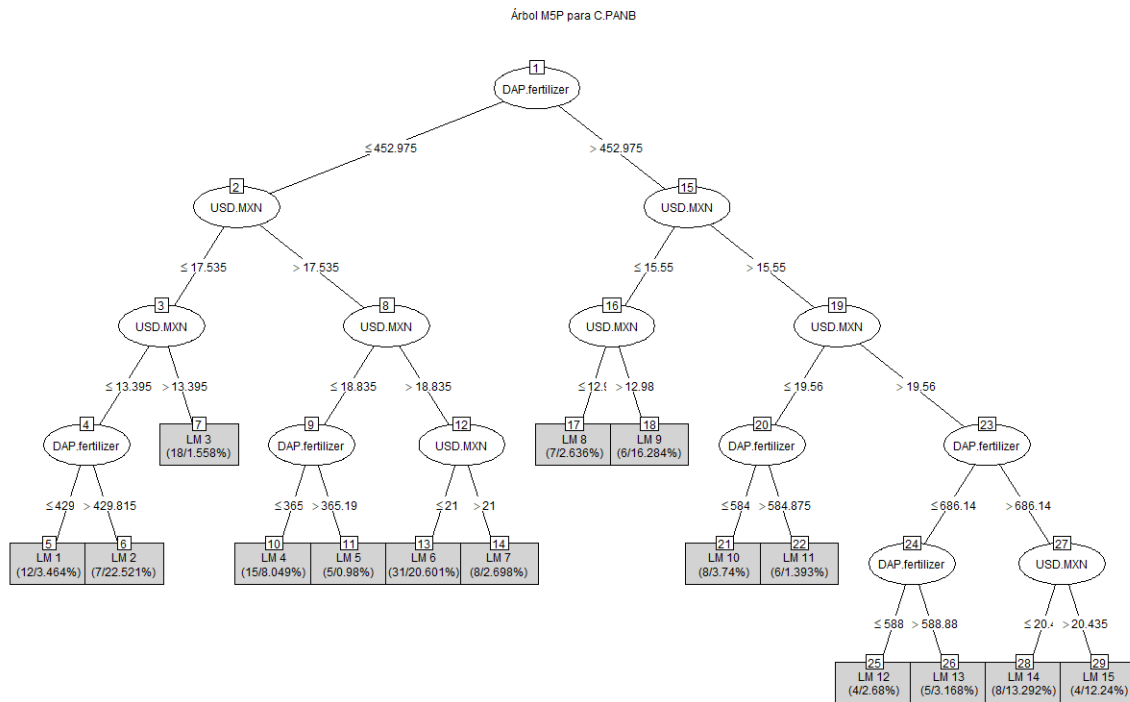
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  99.25 : | | USD.MXN  $\leq$  12.98 : | | | USD.MXN  $\leq$   
 12.79 : LM1 (5/1.386%) | | | USD.MXN  $>$  12.79 : LM2 (7/7.32%) | | USD.MXN  $>$   
 12.98 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  96.05 : | | | | USD.MXN  $\leq$  13.335 : LM3  
 (5/12.431%) | | | | USD.MXN  $>$  13.335 : LM4 (5/14.438%) | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  96.05 : LM5 (7/9.523%) | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  99.25 :  
 LM6 (16/2.914%) USD.MXN  $>$  16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  106.15 : | |  
 USD.MXN  $\leq$  18.82 : | | | USD.MXN  $\leq$  17.535 : LM7 (5/4.572%) | | | USD.MXN  
 $>$  17.535 : LM8 (19/22.823%) | | USD.MXN  $>$  18.82 : | | | USD.MXN  $\leq$  20.84 :  
 LM9 (33/32.934%) | | | USD.MXN  $>$  20.84 : LM10 (9/2.871%) |



MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | | USD.MXN <= 18.875 : LM11 (12/4.162%) | |  
 USD.MXN > 18.875 : | | MEAT.PRICES.INDEX <= 113.35 : LM12 (13/52.631%) | |  
 | | MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 : LM13 (8/20.628%) LM num: 1 C.OAXA =  
 0.0657 \* USD.MXN - 0.9092 LM num: 2 C.OAXA = 0.0657 \* USD.MXN -  
 0.9749 LM num: 3 C.OAXA = 0.0762 \* USD.MXN - 2.9667 LM num: 4 C.OAXA =  
 0.0807 \* USD.MXN - 3.0255 LM num: 5 C.OAXA = 0.0781 \* USD.MXN -  
 2.9837 LM num: 6 C.OAXA = 0.0488 \* USD.MXN + 0.8193 LM num: 7 C.OAXA =  
 -0.0019 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0459 \* USD.MXN - 1.0615 LM  
 num: 8 C.OAXA = 0.0459 \* USD.MXN - 0.0536 LM num: 9 C.OAXA = 0.0459 \*  
 USD.MXN + 1.8216 LM num: 10 C.OAXA = 0.0221 \* USD.MXN + 1.9185 LM  
 num: 11 C.OAXA = 0.0966 \* USD.MXN + 5.4796 LM num: 12 C.OAXA = 0.116 \*  
 USD.MXN + 1.341 LM num: 13 C.OAXA = 0.122 \* USD.MXN + 0.8581  
 Number of Rules : 13

### Árbol M5P para C.PANB



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8433

Modelos lineales del árbol:

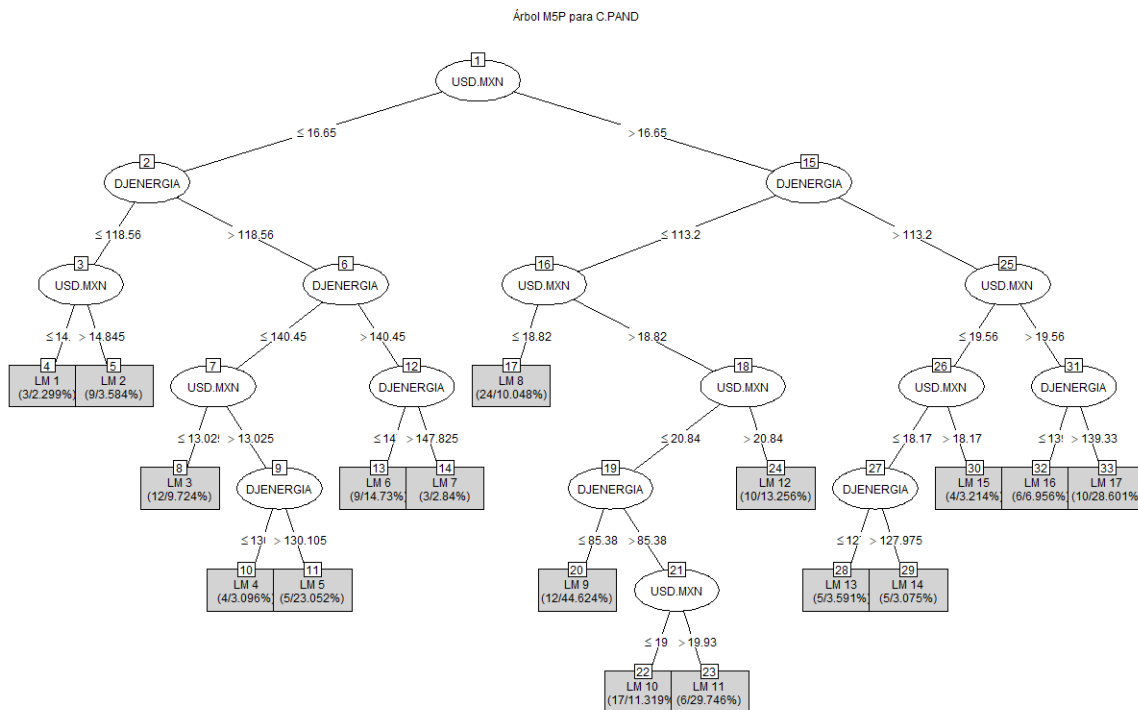
M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) DAP.fertilizer <= 452.975 : |  
 USD.MXN <= 17.535 : | | USD.MXN <= 13.395 : | | | DAP.fertilizer <= 429.815 :  
 LM1 (12/3.464%) | | | DAP.fertilizer > 429.815 : LM2 (7/22.521%) | | USD.MXN >  
 13.395 : LM3 (18/1.558%) | USD.MXN > 17.535 : | | USD.MXN <= 18.835 : | | |  
 DAP.fertilizer <= 365.19 : LM4 (15/8.049%) | | | DAP.fertilizer > 365.19 : LM5  
 (5/0.98%) | | USD.MXN > 18.835 : | | | USD.MXN <= 21 : LM6 (31/20.601%) | | |  
 USD.MXN > 21 : LM7 (8/2.698%) DAP.fertilizer > 452.975 : | USD.MXN <= 15.55 : |  
 | USD.MXN <= 12.98 : LM8 (7/2.636%) | | USD.MXN > 12.98 : LM9 (6/16.284%) |  
 USD.MXN > 15.55 : | | USD.MXN <= 19.56 : | | | DAP.fertilizer <= 584.875 :



LM10 (8/3.74%) | | DAP.fertilizer > 584.875 : LM11 (6/1.393%) | | USD.MXN > 19.56 : | | DAP.fertilizer <= 686.14 : | | DAP.fertilizer <= 588.88 : LM12 (4/2.68%) | | DAP.fertilizer > 588.88 : LM13 (5/3.168%) | | DAP.fertilizer > 686.14 : | | USD.MXN <= 20.435 : LM14 (8/13.292%) | | USD.MXN > 20.435 : LM15 (4/12.24%) LM num: 1 C.PANB = 0.0011 \* USD.MXN + 17.3644 LM num: 2 C.PANB = 0.0007 \* USD.MXN + 17.3919 LM num: 3 C.PANB = 0.0028 \* USD.MXN + 16.855 LM num: 4 C.PANB = 0.0047 \* USD.MXN + 15.7521 LM num: 5 C.PANB = 0.0056 \* USD.MXN + 15.5287 LM num: 6 C.PANB = 0.0028 \* USD.MXN + 16.745 LM num: 7 C.PANB = 0.0014 \* DAP.fertilizer + 0.0028 \* USD.MXN + 15.4692 LM num: 8 C.PANB = 0.005 \* USD.MXN + 15.0094 LM num: 9 C.PANB = 0.005 \* USD.MXN + 15.052 LM num: 10 C.PANB = 0.0006 \* DAP.fertilizer + 0.0091 \* USD.MXN + 39.4609 LM num: 11 C.PANB = -0.0363 \* USD.MXN + 40.689 LM num: 12 C.PANB = 0.0129 \* USD.MXN + 29.0028 LM num: 13 C.PANB = 0.0391 \* USD.MXN + 28.5283 LM num: 14 C.PANB = -0.0011 \* DAP.fertilizer + 0.0115 \* USD.MXN + 38.6229 LM num: 15 C.PANB = 0.0115 \* USD.MXN + 39.0214

Number of Rules : 15

### Árbol M5P para C.PAND



Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7663

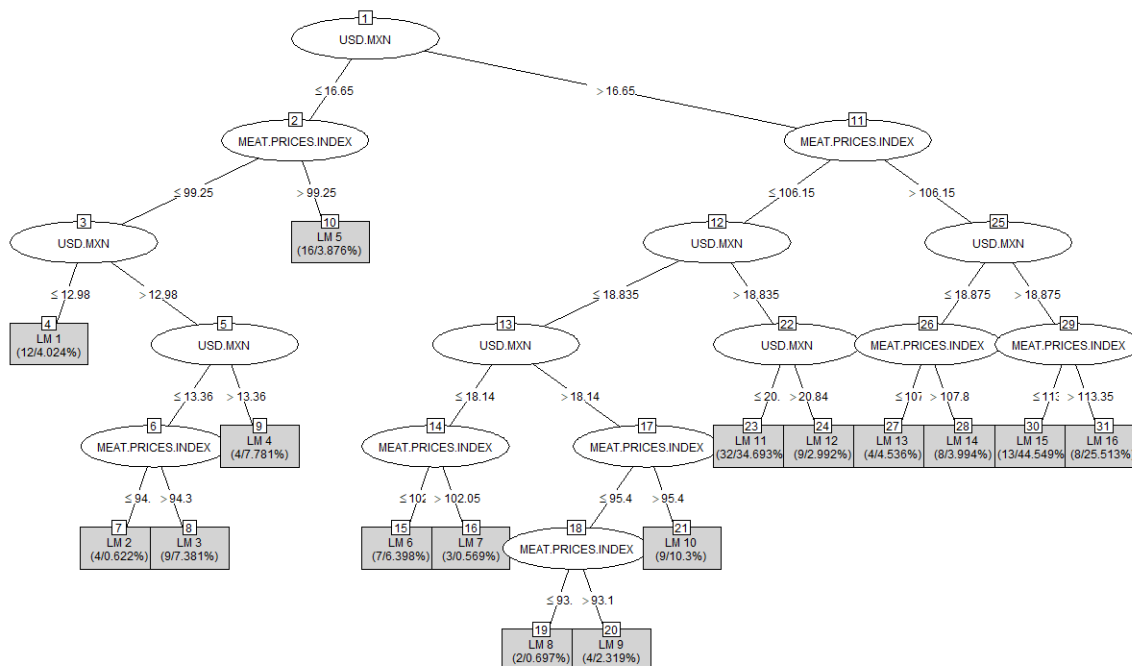
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN <= 16.65 : | DJENERGIA <= 118.56 : | | USD.MXN <= 14.845 : LM1 (3/2.299%) | | USD.MXN > 14.845 : LM2 (9/3.584%) | DJENERGIA > 118.56 : | | DJENERGIA <= 140.45 : | | USD.MXN <= 13.025 : LM3 (12/9.724%) | | USD.MXN > 13.025 : | | | DJENERGIA <= 130.105 : LM4 (4/3.096%) | | | DJENERGIA > 130.105 : LM5

(5/23.052%) | | DJENERGIA > 140.45 : | | | DJENERGIA <= 147.825 : LM6  
 (9/14.73%) | | | DJENERGIA > 147.825 : LM7 (3/2.84%) USD.MXN > 16.65 : |  
 DJENERGIA <= 113.2 : | | USD.MXN <= 18.82 : LM8 (24/10.048%) | | USD.MXN  
 > 18.82 : | | | USD.MXN <= 20.84 : | | | DJENERGIA <= 85.38 : LM9  
 (12/44.624%) | | | | DJENERGIA > 85.38 : | | | | USD.MXN <= 19.93 : LM10  
 (17/11.319%) | | | | | USD.MXN > 19.93 : LM11 (6/29.746%) | | | USD.MXN >  
 20.84 : LM12 (10/13.256%) | DJENERGIA > 113.2 : | | USD.MXN <= 19.56 : | | |  
 USD.MXN <= 18.17 : | | | | DJENERGIA <= 127.975 : LM13 (5/3.591%) | | | |  
 DJENERGIA > 127.975 : LM14 (5/3.075%) | | | USD.MXN > 18.17 : LM15  
 (4/3.214%) | | USD.MXN > 19.56 : | | | DJENERGIA <= 139.33 : LM16 (6/6.956%)  
 | | | DJENERGIA > 139.33 : LM17 (10/28.601%) LM num: 1 C.PAND = -0.1069  
 \* USD.MXN + 1.2815 \* DJENERGIA + 19.7308 LM num: 2 C.PAND = -0.0802  
 \* USD.MXN + 1.2815 \* DJENERGIA + 19.2422 LM num: 3 C.PAND = 1.4975 \*  
 DJENERGIA + 3.1486 LM num: 4 C.PAND = 1.4975 \* DJENERGIA - 0.3991  
 LM num: 5 C.PAND = 1.4975 \* DJENERGIA - 0.1286 LM num: 6 C.PAND  
 = 1.634 \* DJENERGIA - 2.7664 LM num: 7 C.PAND = 1.634 \*  
 DJENERGIA - 4.4559 LM num: 8 C.PAND = 1.168 \* DJENERGIA +  
 14.6759 LM num: 9 C.PAND = 1.1926 \* DJENERGIA + 18.1024 LM num: 10  
 C.PAND = 1.4445 \* DJENERGIA + 14.1254 LM num: 11 C.PAND = 1.5764 \*  
 DJENERGIA + 11.8543 LM num: 12 C.PAND = -0.2899 \* USD.MXN + 1.5161  
 \* DJENERGIA + 20.11 LM num: 13 C.PAND = -0.0672 \* USD.MXN -  
 1.5846 \* DJENERGIA + 84.3189 LM num: 14 C.PAND = -1.5846 \* DJENERGIA  
 + 83.1681 LM num: 15 C.PAND = -0.1265 \* USD.MXN - 1.5959 \*  
 DJENERGIA + 85.5387 LM num: 16 C.PAND = 0.1809 \* USD.MXN - 1.0471 \*  
 DJENERGIA + 61.2228 LM num: 17 C.PAND = -1.0471 \* DJENERGIA +  
 66.5494 Number of Rules : 17

## Árbol M5P para C.PANS

Árbol M5P para C.PANS



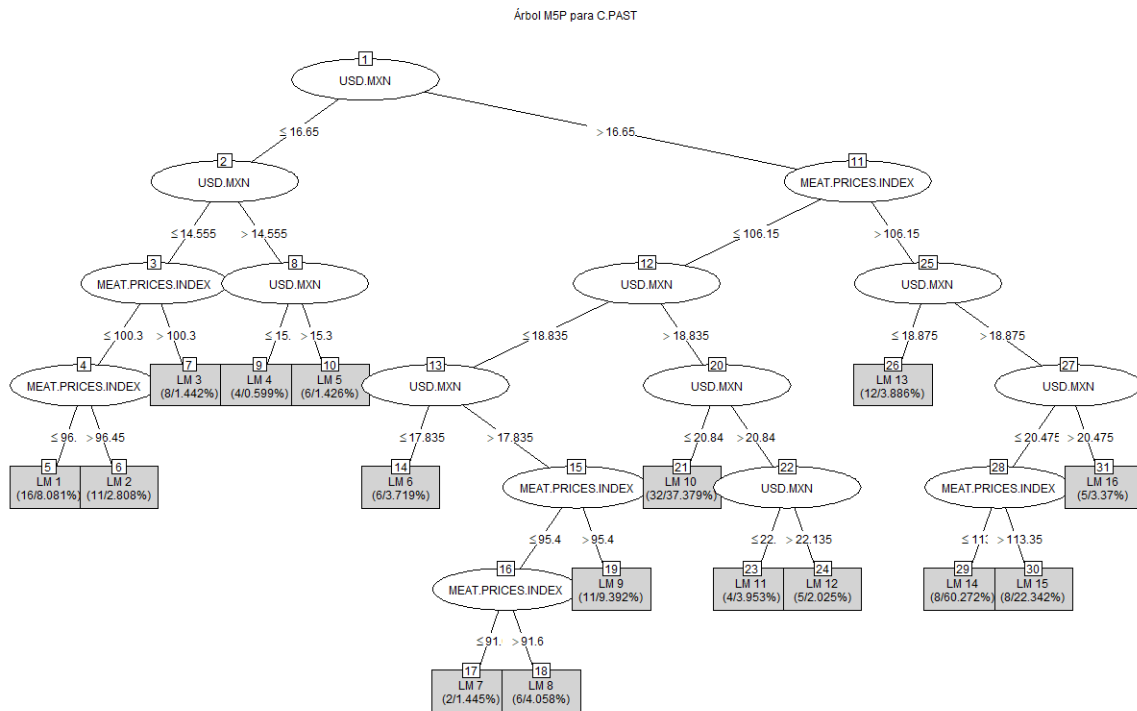
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8191

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  99.25 : | | USD.MXN  $\leq$  12.98 : LM1 (12/4.024%) | |  
 USD.MXN  $>$  12.98 : | | | USD.MXN  $\leq$  13.36 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$   
 94.3 : LM2 (4/0.622%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  94.3 : LM3 (9/7.381%) | | |  
 USD.MXN  $>$  13.36 : LM4 (4/7.781%) | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  99.25 : LM5  
 (16/3.876%) USD.MXN  $>$  16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  106.15 : | |  
 USD.MXN  $\leq$  18.835 : | | | USD.MXN  $\leq$  18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 $\leq$  102.05 : LM6 (7/6.398%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  102.05 : LM7  
 (3/0.569%) | | | USD.MXN  $>$  18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  95.4 : | |  
 | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  93.1 : LM8 (2/0.697%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  93.1 : LM9 (4/2.319%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 95.4 : LM10 (9/10.3%) | | USD.MXN  $>$  18.835 : | | | USD.MXN  $\leq$  20.84 : LM11  
 (32/34.693%) | | | USD.MXN  $>$  20.84 : LM12 (9/2.992%) | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 106.15 : | | | USD.MXN  $\leq$  18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  107.8 : LM13  
 (4/4.536%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  107.8 : LM14 (8/3.994%) | | USD.MXN  $>$   
 18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  113.35 : LM15 (13/44.549%) | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  113.35 : LM16 (8/25.513%) LM num: 1 C.PANS = 0.0765 \*  
 USD.MXN - 2.1563 LM num: 2 C.PANS = 0.0894 \* USD.MXN - 3.7019 LM  
 num: 3 C.PANS = 0.0881 \* USD.MXN - 3.5683 LM num: 4 C.PANS = 0.1043 \*  
 USD.MXN - 3.9936 LM num: 5 C.PANS = 0.0641 \* USD.MXN - 0.1189 LM  
 num: 6 C.PANS = 0.07 \* USD.MXN - 3.9121 LM num: 7 C.PANS = 0.071 \*  
 USD.MXN - 4.2093 LM num: 8 C.PANS = -0.0063 \* MEAT.PRICES.INDEX +

$0.0508 * \text{USD.MXN} + 0.2294$  LM num: 9 C.PANS =  $-0.0057 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0508 * \text{USD.MXN} + 0.1641$  LM num: 10  
 C.PANS =  $0.0526 * \text{USD.MXN} - 0.6038$  LM num: 11 C.PANS =  $0.0657 * \text{USD.MXN} + 0.7945$  LM num: 12 C.PANS =  $0.0354 * \text{USD.MXN} + 0.8245$  LM  
 num: 13 C.PANS =  $0.0913 * \text{USD.MXN} + 10.501$  LM num: 14 C.PANS =  $0.1158 * \text{USD.MXN} + 9.6456$  LM num: 15 C.PANS =  $0.1486 * \text{USD.MXN} + 2.2172$  LM  
 num: 16 C.PANS =  $0.1555 * \text{USD.MXN} + 1.6644$  Number of Rules : 16

## Árbol M5P para C.PAST



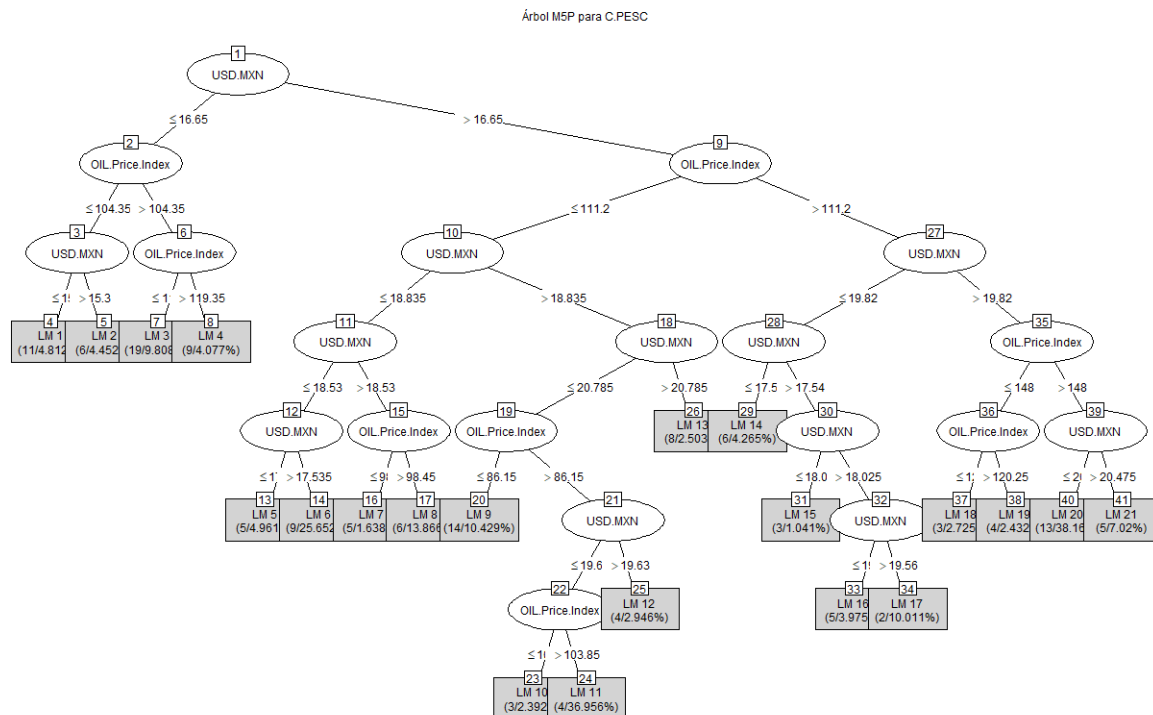
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8045

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 USD.MXN ≤ 14.555 : | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 100.3 : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 96.45 : LM1 (16/8.081%) | | | MEAT.PRICES.INDEX >  
 96.45 : LM2 (11/2.808%) | | MEAT.PRICES.INDEX > 100.3 : LM3 (8/1.442%) |  
 USD.MXN > 14.555 : | | USD.MXN ≤ 15.3 : LM4 (4/0.599%) | | USD.MXN >  
 15.3 : LM5 (6/1.426%) USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 17.835 : LM6 (6/3.719%) | | |  
 USD.MXN > 17.835 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 95.4 : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 91.6 : LM7 (2/1.445%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX >  
 91.6 : LM8 (6/4.058%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX > 95.4 : LM9 (11/9.392%) | |  
 USD.MXN > 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 20.84 : LM10 (32/37.379%) | | |  
 USD.MXN > 20.84 : | | | | USD.MXN ≤ 22.135 : LM11 (4/3.953%) | | | |  
 USD.MXN > 22.135 : LM12 (5/2.025%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.875 : LM13 (12/3.886%) | | USD.MXN > 18.875 : | | | USD.MXN  
 ≤ 20.475 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 113.35 : LM14 (8/60.272%) | | | |

MEAT.PRICES.INDEX > 113.35 : LM15 (8/22.342%) | | | USD.MXN > 20.475 :  
 LM16 (5/3.37%) LM num: 1 C.PAST = 0.0342 \* USD.MXN - 0.3067 LM num: 2  
 C.PAST = 0.0348 \* USD.MXN - 0.3608 LM num: 3 C.PAST = 0.0326 \*  
 USD.MXN - 0.1242 LM num: 4 C.PAST = 0.0707 \* USD.MXN - 0.7407 LM  
 num: 5 C.PAST = 0.0789 \* USD.MXN - 0.8594 LM num: 6 C.PAST = 0.0682 \*  
 USD.MXN - 1.6717 LM num: 7 C.PAST = 0.0051 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
 0.0324 \* USD.MXN - 1.1083 LM num: 8 C.PAST = 0.0041 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.0324 \* USD.MXN - 1.0121 LM num: 9 C.PAST =  
 0.0324 \* USD.MXN - 0.6499 LM num: 10 C.PAST = 0.0324 \* USD.MXN +  
 0.0517 LM num: 11 C.PAST = 0.0017 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0324 \*  
 USD.MXN + 0.2314 LM num: 12 C.PAST = -0.0024 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
 0.0324 \* USD.MXN + 0.5741 LM num: 13 C.PAST = 0.0255 \* USD.MXN + 4.2058  
 LM num: 14 C.PAST = 0.0794 \* USD.MXN + 0.2219 LM num: 15 C.PAST =  
 0.0794 \* USD.MXN + 0.2661 LM num: 16 C.PAST = 0.0781 \* USD.MXN +  
 0.3479 Number of Rules : 16

### Árbol M5P para C.PESC



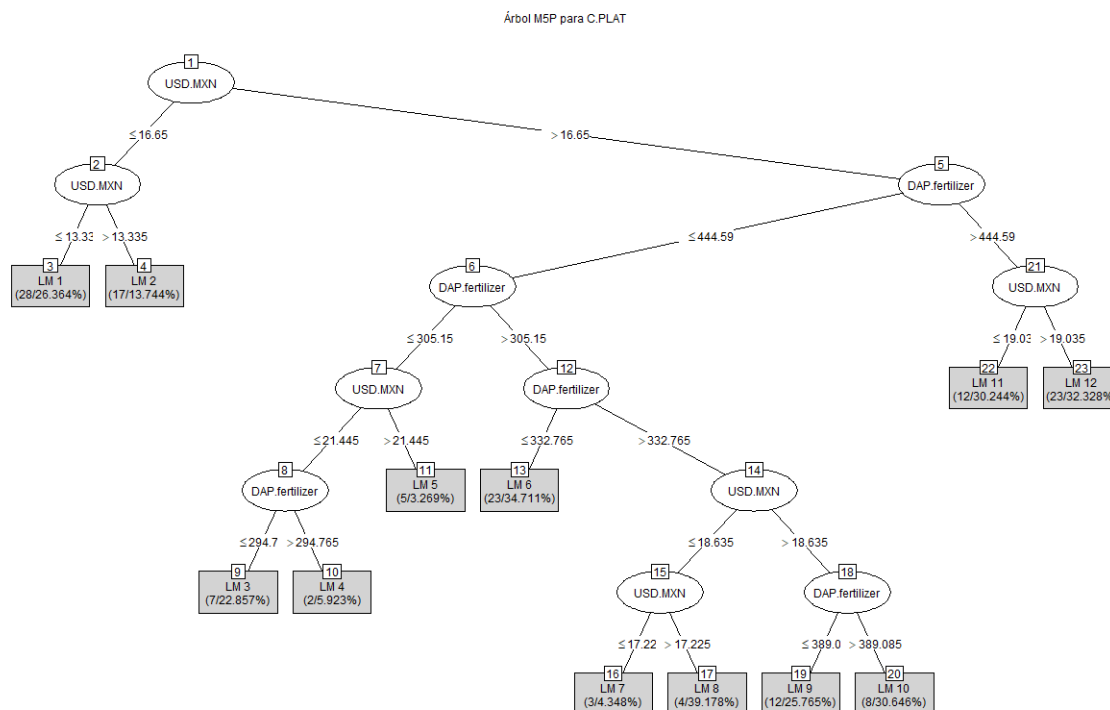
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.6673

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 OIL.Price.Index ≤ 104.35 : | | USD.MXN ≤ 15.3 : LM1 (11/4.812%) | | USD.MXN  
 > 15.3 : LM2 (6/4.452%) | OIL.Price.Index > 104.35 : | | OIL.Price.Index ≤ 119.35 :  
 LM3 (19/9.808%) | | OIL.Price.Index > 119.35 : LM4 (9/4.077%) USD.MXN > 16.65 :  
 | OIL.Price.Index ≤ 111.2 : | | USD.MXN ≤ 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 18.53 : |  
 | | | USD.MXN ≤ 17.535 : LM5 (5/4.961%) | | | USD.MXN > 17.535 : LM6  
 (9/25.652%) | | | USD.MXN > 18.53 : | | | OIL.Price.Index ≤ 98.45 : LM7

(5/1.638%) | | | OIL.Price.Index > 98.45 : LM8 (6/13.866%) | | USD.MXN >  
 18.835 : | | | USD.MXN <= 20.785 : | | | OIL.Price.Index <= 86.15 : LM9  
 (14/10.429%) | | | OIL.Price.Index > 86.15 : | | | USD.MXN <= 19.63 : | |  
 | | | OIL.Price.Index <= 103.85 : LM10 (3/2.392%) | | | OIL.Price.Index >  
 103.85 : LM11 (4/36.956%) | | | USD.MXN > 19.63 : LM12 (4/2.946%) | | |  
 USD.MXN > 20.785 : LM13 (8/2.503%) | OIL.Price.Index > 111.2 : | | USD.MXN  
 <= 19.82 : | | | USD.MXN <= 17.54 : LM14 (6/4.265%) | | | USD.MXN > 17.54 : |  
 | | | USD.MXN <= 18.025 : LM15 (3/1.041%) | | | USD.MXN > 18.025 : | | |  
 | USD.MXN <= 19.56 : LM16 (5/3.975%) | | | | USD.MXN > 19.56 : LM17  
 (2/10.011%) | | USD.MXN > 19.82 : | | | OIL.Price.Index <= 148 : | | |  
 OIL.Price.Index <= 120.25 : LM18 (3/2.725%) | | | OIL.Price.Index > 120.25 : LM19  
 (4/2.432%) | | | OIL.Price.Index > 148 : | | | USD.MXN <= 20.475 : LM20  
 (13/38.16%) | | | | USD.MXN > 20.475 : LM21 (5/7.02%) LM num: 1 C.PESC =  
 0.0223 \* USD.MXN + 2.4127 LM num: 2 C.PESC = 0.0397 \* USD.MXN +  
 2.1789 LM num: 3 C.PESC = -0.0017 \* USD.MXN + 2.8063 LM num: 4  
 C.PESC = -0.0024 \* USD.MXN + 2.8516 LM num: 5 C.PESC = -0.0014  
 \* USD.MXN + 1.456 LM num: 6 C.PESC = -0.0014 \* USD.MXN + 1.5881  
 LM num: 7 C.PESC = -0.001 \* OIL.Price.Index - 0.0047 \* USD.MXN +  
 2.4588 LM num: 8 C.PESC = -0.0046 \* USD.MXN + 2.3415 LM num: 9  
 C.PESC = -0.0027 \* USD.MXN + 4.409 LM num: 10 C.PESC = -0.0074  
 \* USD.MXN + 5.732 LM num: 11 C.PESC = -0.0073 \* USD.MXN + 5.7176  
 LM num: 12 C.PESC = -0.0005 \* OIL.Price.Index - 0.0061 \* USD.MXN +  
 5.7622 LM num: 13 C.PESC = -0.0013 \* USD.MXN + 3.4607 LM num: 14  
 C.PESC = 0.0077 \* USD.MXN + 7.4786 LM num: 15 C.PESC = 0.0076 \*  
 USD.MXN + 7.5744 LM num: 16 C.PESC = 0 \* OIL.Price.Index + 0.0075 \*  
 USD.MXN + 7.5714 LM num: 17 C.PESC = 0.0075 \* USD.MXN + 7.5771 LM  
 num: 18 C.PESC = 0.0046 \* OIL.Price.Index + 0.0119 \* USD.MXN + 5.4725  
 LM num: 19 C.PESC = 0.0043 \* OIL.Price.Index + 0.0119 \* USD.MXN +  
 5.5317 LM num: 20 C.PESC = 0.0111 \* USD.MXN + 6.3582 LM num: 21 C.PESC  
 = 0.0114 \* USD.MXN + 6.298 Number of Rules : 21

## Árbol M5P para C.PLAT

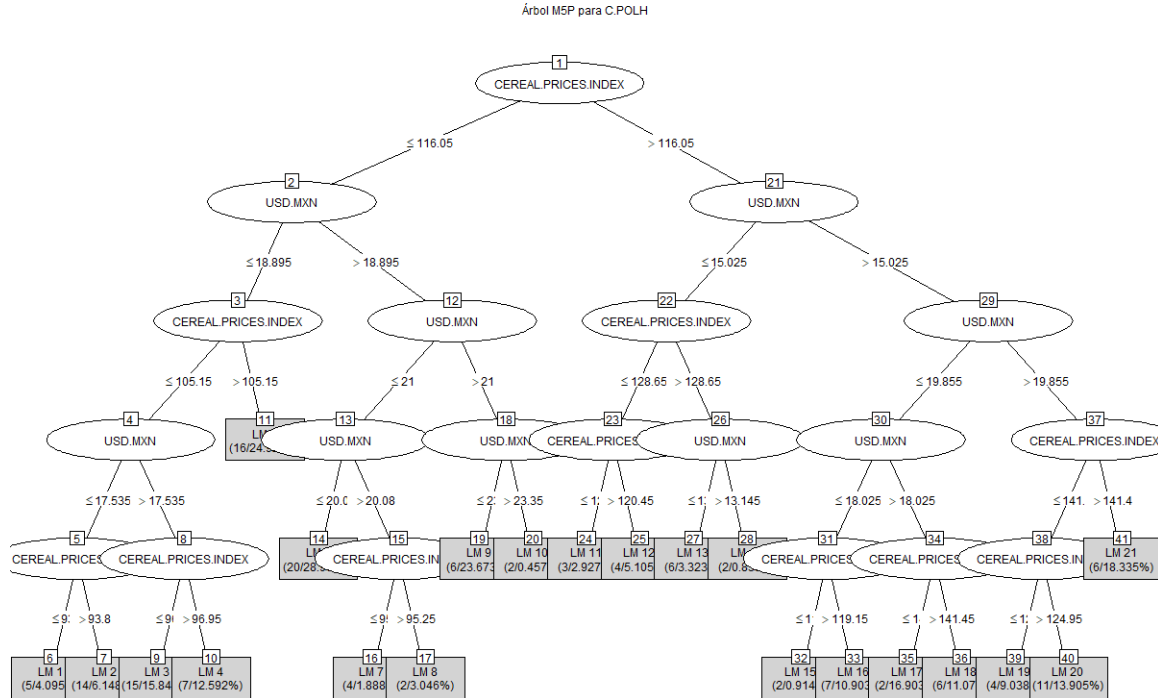


Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.628

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 USD.MXN  $\leq$  13.335 : LM1 (28/26.364%) | USD.MXN  $>$  13.335 : LM2 (17/13.744%)  
 USD.MXN  $>$  16.65 : | DAP.fertilizer  $\leq$  444.59 : | | DAP.fertilizer  $\leq$  305.15 : | | |  
 USD.MXN  $\leq$  21.445 : | | | DAP.fertilizer  $\leq$  294.765 : LM3 (7/22.857%) | | | |  
 DAP.fertilizer  $>$  294.765 : LM4 (2/5.923%) | | | USD.MXN  $>$  21.445 : LM5  
 (5/3.269%) | | DAP.fertilizer  $>$  305.15 : | | | DAP.fertilizer  $\leq$  332.765 : LM6  
 (23/34.711%) | | | DAP.fertilizer  $>$  332.765 : | | | | USD.MXN  $\leq$  18.635 : | | | |  
 | USD.MXN  $\leq$  17.225 : LM7 (3/4.348%) | | | | | USD.MXN  $>$  17.225 : LM8  
 (4/39.178%) | | | | USD.MXN  $>$  18.635 : | | | | | DAP.fertilizer  $\leq$  389.085 :  
 LM9 (12/25.765%) | | | | | DAP.fertilizer  $>$  389.085 : LM10 (8/30.646%) |  
 DAP.fertilizer  $>$  444.59 : | | USD.MXN  $\leq$  19.035 : LM11 (12/30.244%) | |  
 USD.MXN  $>$  19.035 : LM12 (23/32.328%) LM num: 1 C.PLAT = 0.003 \*  
 USD.MXN + 5.0946 LM num: 2 C.PLAT = 0.003 \* USD.MXN + 5.0447 LM  
 num: 3 C.PLAT = -0.007 \* USD.MXN + 5.337 LM num: 4 C.PLAT = -0.007 \*  
 USD.MXN + 5.2336 LM num: 5 C.PLAT = 0.0078 \* USD.MXN + 5.1448 LM  
 num: 6 C.PLAT = 0.0036 \* USD.MXN + 5.2905 LM num: 7 C.PLAT = 0.0036 \*  
 USD.MXN - 0.408 LM num: 8 C.PLAT = 0.0036 \* USD.MXN - 0.1824 LM  
 num: 9 C.PLAT = 0.0014 \* USD.MXN + 4.8329 LM num: 10 C.PLAT = 0.001 \*  
 USD.MXN + 4.8821 LM num: 11 C.PLAT = 0.0048 \* USD.MXN + 22.5985 LM  
 num: 12 C.PLAT = 0.0048 \* USD.MXN + 19.0666 Number of Rules : 12

## Árbol M5P para C.POLH



Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7681

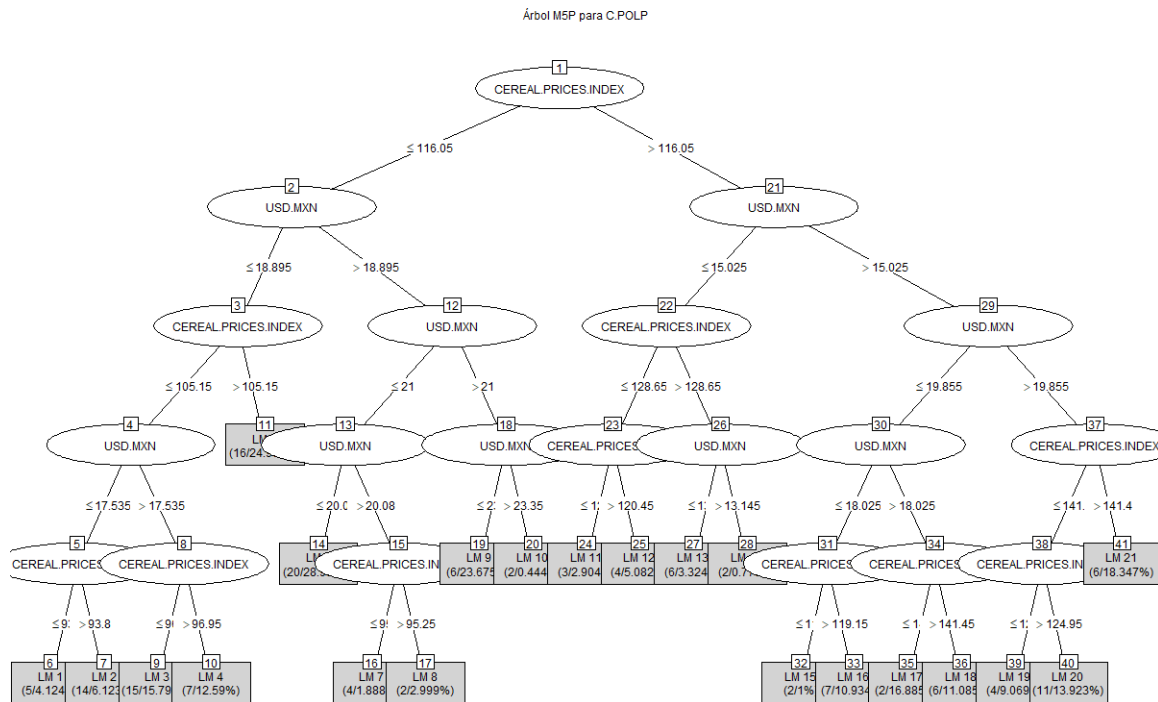
Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  116.05 : | USD.MXN  $\leq$  18.895 : | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  105.15 : | | | USD.MXN  $\leq$  17.535 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  93.8 : LM1 (5/4.095%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  93.8 : LM2 (14/6.148%) | | | USD.MXN  $>$  17.535 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  96.95 : LM3 (15/15.841%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  96.95 : LM4 (7/12.592%) | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  105.15 : LM5 (16/24.923%) | USD.MXN  $>$  18.895 : | | USD.MXN  $\leq$  21 : | | | USD.MXN  $\leq$  20.08 : LM6 (20/28.968%) | | | USD.MXN  $>$  20.08 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  95.25 : LM7 (4/1.888%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  95.25 : LM8 (2/3.046%) | | USD.MXN  $>$  21 : | | | USD.MXN  $\leq$  23.35 : LM9 (6/23.673%) | | | USD.MXN  $>$  23.35 : LM10 (2/0.457%) | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  116.05 : | USD.MXN  $\leq$  15.025 : | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  128.65 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  120.45 : LM11 (3/2.927%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  120.45 : LM12 (4/5.105%) | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  128.65 : | | | USD.MXN  $\leq$  13.145 : LM13 (6/3.323%) | | | USD.MXN  $>$  13.145 : LM14 (2/0.838%) | USD.MXN  $>$  15.025 : | | USD.MXN  $\leq$  19.855 : | | | USD.MXN  $\leq$  18.025 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  119.15 : LM15 (2/0.914%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  119.15 : LM16 (7/10.903%) | | | USD.MXN  $>$  18.025 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  141.45 : LM17 (2/16.903%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  141.45 : LM18 (6/11.07%) | | | USD.MXN  $>$  19.855 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  141.4 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  124.95 : LM19 (4/9.038%) | | | |



CEREAL.PRICES.INDEX > 124.95 : LM20 (11/13.905%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 141.4 : LM21 (6/18.335%) LM num: 1 C.POLH =  
 0.1189 \* USD.MXN + 8.4283 LM num: 2 C.POLH = 0.1108 \* USD.MXN +  
 9.3318 LM num: 3 C.POLH = 0.1145 \* USD.MXN + 9.3738 LM num: 4 C.POLH  
 = 0.1236 \* USD.MXN + 8.6659 LM num: 5 C.POLH = 0.0488 \* USD.MXN +  
 15.408 LM num: 6 C.POLH = 0.1112 \* USD.MXN + 17.5656 LM num: 7  
 C.POLH = 0.0207 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.1112 \* USD.MXN +  
 18.4842 LM num: 8 C.POLH = 0.0231 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.1112  
 \* USD.MXN + 18.2829 LM num: 9 C.POLH = 0.1537 \* USD.MXN + 12.5935 LM  
 num: 10 C.POLH = 0.1537 \* USD.MXN + 13.3244 LM num: 11 C.POLH = 0.0889 \*  
 USD.MXN + 9.0788 LM num: 12 C.POLH = 0.1449 \* USD.MXN + 8.6836 LM  
 num: 13 C.POLH = -0.1967 \* USD.MXN + 16.7682 LM num: 14 C.POLH = -  
 0.2546 \* USD.MXN + 17.4923 LM num: 15 C.POLH = 0.1173 \* USD.MXN +  
 28.1305 LM num: 16 C.POLH = 0.1141 \* USD.MXN + 28.5675 LM num: 17  
 C.POLH = 0.1099 \* USD.MXN + 31.3018 LM num: 18 C.POLH = 0.1088 \*  
 USD.MXN + 31.0228 LM num: 19 C.POLH = 0.0104 \* CEREAL.PRICES.INDEX  
 + 0.1434 \* USD.MXN + 26.9853 LM num: 20 C.POLH = 0.1372 \*  
 USD.MXN + 28.0379 LM num: 21 C.POLH = 0.1353 \* USD.MXN + 28.942  
 Number of Rules : 21

### Árbol M5P para C.POLP



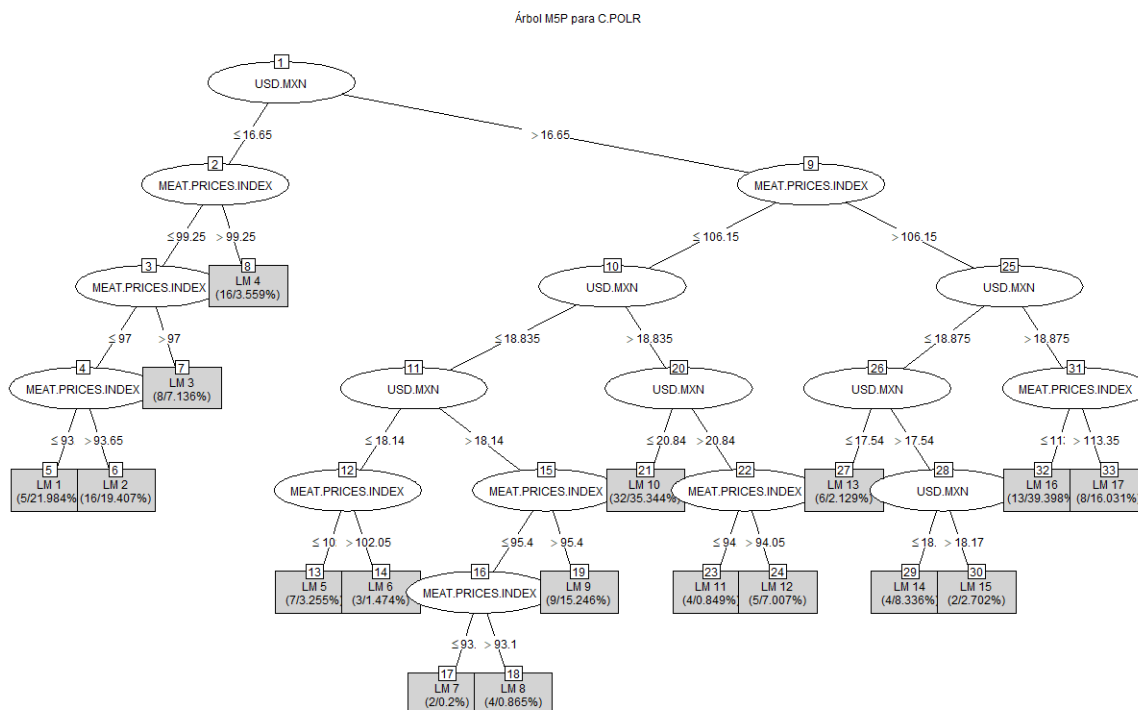
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7678

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) CEREAL.PRICES.INDEX ≤  
 116.05 : | USD.MXN ≤ 18.895 : | | CEREAL.PRICES.INDEX ≤ 105.15 : | | |  
 USD.MXN ≤ 17.535 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX ≤ 93.8 : LM1 (5/4.124%) |

| | | CEREAL.PRICES.INDEX > 93.8 : LM2 (14/6.123%) | | | USD.MXN > 17.535  
 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 96.95 : LM3 (15/15.799%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 96.95 : LM4 (7/12.59%) | | CEREAL.PRICES.INDEX >  
 105.15 : LM5 (16/24.907%) | USD.MXN > 18.895 : | | USD.MXN <= 21 : | | |  
 USD.MXN <= 20.08 : LM6 (20/28.995%) | | | USD.MXN > 20.08 : | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX <= 95.25 : LM7 (4/1.888%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 95.25 : LM8 (2/2.999%) | | USD.MXN > 21 : | | |  
 USD.MXN <= 23.35 : LM9 (6/23.675%) | | | USD.MXN > 23.35 : LM10 (2/0.444%)  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 116.05 : | USD.MXN <= 15.025 : | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX <= 128.65 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 120.45 :  
 LM11 (3/2.904%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 120.45 : LM12 (4/5.082%) | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 128.65 : | | | USD.MXN <= 13.145 : LM13 (6/3.324%) |  
 | | USD.MXN > 13.145 : LM14 (2/0.778%) | USD.MXN > 15.025 : | | USD.MXN  
 <= 19.855 : | | | USD.MXN <= 18.025 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <=  
 119.15 : LM15 (2/1%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 119.15 : LM16 (7/10.934%)  
 | | | USD.MXN > 18.025 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 141.45 : LM17  
 (2/16.885%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 141.45 : LM18 (6/11.085%) | |  
 USD.MXN > 19.855 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 141.4 : | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX <= 124.95 : LM19 (4/9.069%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 124.95 : LM20 (11/13.923%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 141.4 : LM21 (6/18.347%) LM num: 1 C.POLP = 0.0815 \*  
 USD.MXN + 5.7748 LM num: 2 C.POLP = 0.0759 \* USD.MXN + 6.394 LM  
 num: 3 C.POLP = 0.0784 \* USD.MXN + 6.4248 LM num: 4 C.POLP = 0.0847 \*  
 USD.MXN + 5.9403 LM num: 5 C.POLP = 0.0335 \* USD.MXN + 10.557 LM  
 num: 6 C.POLP = 0.0762 \* USD.MXN + 12.0422 LM num: 7 C.POLP = 0.0142 \*  
 CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0762 \* USD.MXN + 12.6739 LM num: 8 C.POLP  
 = 0.0159 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0762 \* USD.MXN +  
 12.5356 LM num: 9 C.POLP = 0.1054 \* USD.MXN + 8.6275 LM num: 10 C.POLP  
 = 0.1054 \* USD.MXN + 9.1293 LM num: 11 C.POLP = 0.061 \* USD.MXN +  
 6.2194 LM num: 12 C.POLP = 0.0993 \* USD.MXN + 5.9487 LM num: 13 C.POLP  
 = -0.1354 \* USD.MXN + 11.5027 LM num: 14 C.POLP = -0.1753 \*  
 USD.MXN + 12.0008 LM num: 15 C.POLP = 0.0803 \* USD.MXN + 19.2747 LM  
 num: 16 C.POLP = 0.0782 \* USD.MXN + 19.5743 LM num: 17 C.POLP = 0.0753 \*  
 USD.MXN + 21.4455 LM num: 18 C.POLP = 0.0745 \* USD.MXN + 21.2549 LM  
 num: 19 C.POLP = 0.0071 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0983 \* USD.MXN  
 + 18.5049 LM num: 20 C.POLP = 0.094 \* USD.MXN + 19.2237 LM num: 21  
 C.POLP = 0.0927 \* USD.MXN + 19.8421 Number of Rules : 21

## Árbol M5P para C.POLR



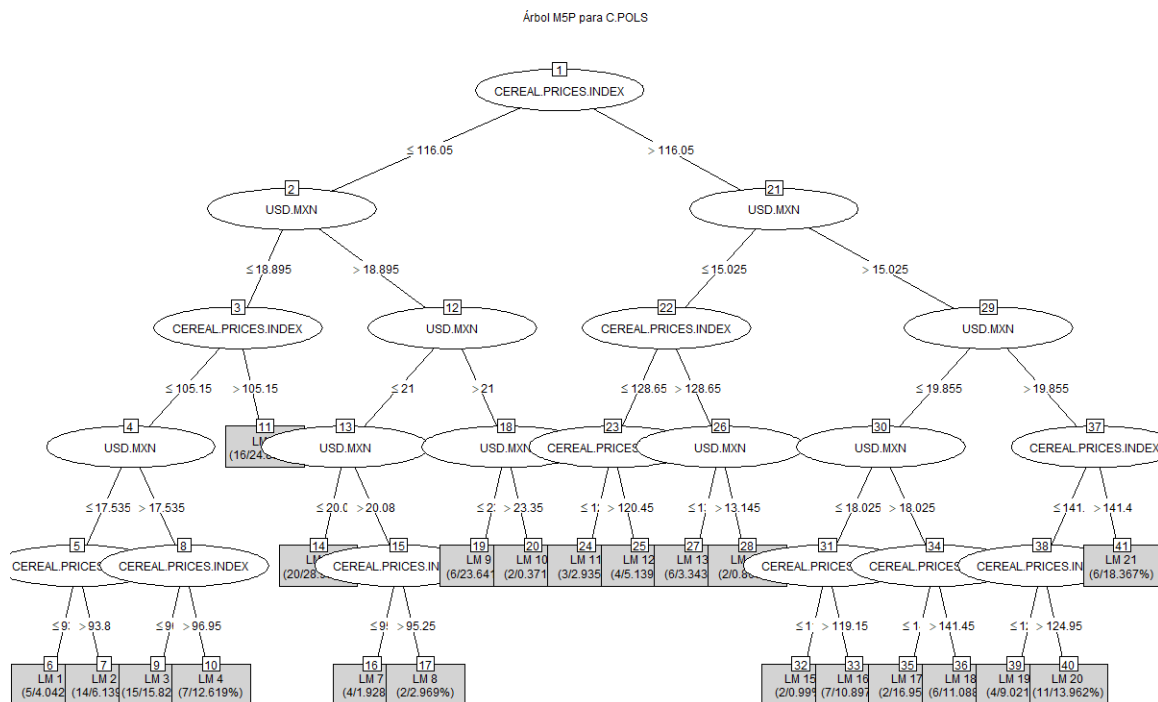
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8312

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  99.25 : | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  97 : | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  93.65 : LM1 (5/21.984%) | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 93.65 : LM2 (16/19.407%) | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  97 : LM3 (8/7.136%) |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  99.25 : LM4 (16/3.559%) USD.MXN  $>$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  106.15 : | | USD.MXN  $\leq$  18.835 : | | | USD.MXN  $\leq$   
 18.14 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  102.05 : LM5 (7/3.255%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  102.05 : LM6 (3/1.474%) | | | | USD.MXN  $>$  18.14 : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  95.4 : | | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  93.1 : LM7  
 (2/0.2%) | | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  93.1 : LM8 (4/0.865%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  95.4 : LM9 (9/15.246%) | | USD.MXN  $>$  18.835 : | | |  
 USD.MXN  $\leq$  20.84 : LM10 (32/35.344%) | | | | USD.MXN  $>$  20.84 : | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  94.05 : LM11 (4/0.849%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$   
 94.05 : LM12 (5/7.007%) | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  106.15 : | | USD.MXN  $\leq$   
 18.875 : | | | | USD.MXN  $\leq$  17.54 : LM13 (6/2.129%) | | | | USD.MXN  $>$  17.54 : | |  
 | | USD.MXN  $\leq$  18.17 : LM14 (4/8.336%) | | | | USD.MXN  $>$  18.17 : LM15  
 (2/2.702%) | | USD.MXN  $>$  18.875 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  113.35 : LM16  
 (13/39.398%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  113.35 : LM17 (8/16.031%) LM num: 1  
 C.POLR = 0.2346 \* USD.MXN - 10.6685 LM num: 2 C.POLR = 0.2121 \*  
 USD.MXN - 7.7956 LM num: 3 C.POLR = 0.0556 \* MEAT.PRICES.INDEX +  
 0.1964 \* USD.MXN - 11.5671 LM num: 4 C.POLR = 0.1391 \* USD.MXN + 1.9675  
 LM num: 5 C.POLR = 0.0155 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.1155 \* USD.MXN

$-1.4241 \text{ LM num: 6 C.POLR} = 0.019 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.1155$   
 $* \text{USD.MXN} - 1.672 \text{ LM num: 7 C.POLR} = -0.0159 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} +$   
 $0.0888 * \text{USD.MXN} + 5.4511 \text{ LM num: 8 C.POLR} = -0.0142 *$   
 $\text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0888 * \text{USD.MXN} + 5.2876 \text{ LM num: 9 C.POLR}$   
 $= 0.0921 * \text{USD.MXN} + 3.5286 \text{ LM num: 10 C.POLR} = 0.1155 * \text{USD.MXN} +$   
 $6.779 \text{ LM num: 11 C.POLR} = 0.1155 * \text{USD.MXN} + 7.1136 \text{ LM num: 12}$   
 $\text{C.POLR} = 0.0926 * \text{USD.MXN} + 7.5544 \text{ LM num: 13 C.POLR} = 0.2273 *$   
 $\text{USD.MXN} + 19.5846 \text{ LM num: 14 C.POLR} = 0.2273 * \text{USD.MXN} + 20.8209 \text{ LM}$   
 $\text{num: 15 C.POLR} = 0.2273 * \text{USD.MXN} + 20.9624 \text{ LM num: 16 C.POLR} = 0.2664 *$   
 $\text{USD.MXN} + 7.9947 \text{ LM num: 17 C.POLR} = 0.2786 * \text{USD.MXN} + 6.9971$   
 Number of Rules : 17

## Árbol M5P para C.POLS



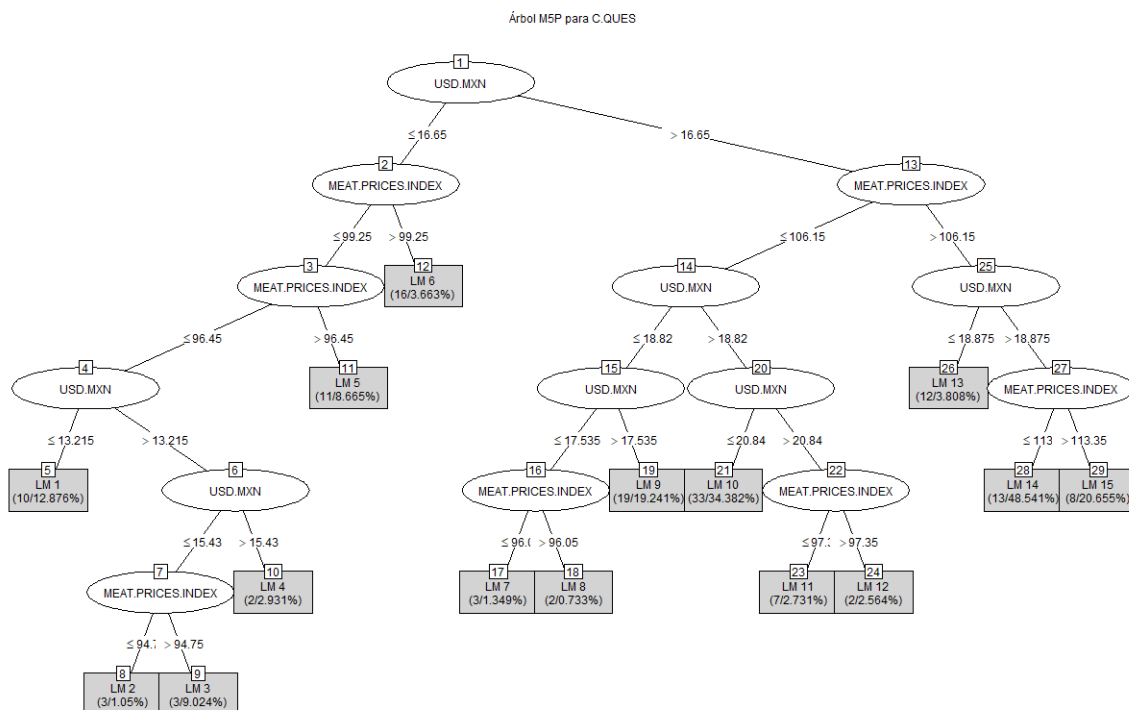
Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.7677

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  116.05 : | USD.MXN  $\leq$  18.895 : | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  105.15 : | | | USD.MXN  $\leq$  17.535 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  93.8 : LM1 (5/4.042%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  93.8 : LM2 (14/6.139%) | | | USD.MXN  $>$  17.535 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  96.95 : LM3 (15/15.826%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  96.95 : LM4 (7/12.619%) | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  105.15 : LM5 (16/24.897%) | USD.MXN  $>$  18.895 : | | USD.MXN  $\leq$  21 : | | | USD.MXN  $\leq$  20.08 : LM6 (20/28.965%) | | | USD.MXN  $>$  20.08 : | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $\leq$  95.25 : LM7 (4/1.928%) | | | | CEREAL.PRICES.INDEX  $>$  95.25 : LM8 (2/2.969%) | | USD.MXN  $>$  21 : | | | USD.MXN  $\leq$  23.35 : LM9 (6/23.641%) | | | USD.MXN  $>$  23.35 : LM10 (2/0.371%)

CEREAL.PRICES.INDEX > 116.05 : | USD.MXN <= 15.025 : | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX <= 128.65 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 120.45 :  
 LM11 (3/2.935%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 120.45 : LM12 (4/5.139%) | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 128.65 : | | | USD.MXN <= 13.145 : LM13 (6/3.343%) |  
 | | USD.MXN > 13.145 : LM14 (2/0.866%) | USD.MXN > 15.025 : | | USD.MXN  
 <= 19.855 : | | | USD.MXN <= 18.025 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <=  
 119.15 : LM15 (2/0.99%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 119.15 : LM16  
 (7/10.897%) | | | USD.MXN > 18.025 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <=  
 141.45 : LM17 (2/16.95%) | | | CEREAL.PRICES.INDEX > 141.45 : LM18  
 (6/11.088%) | | USD.MXN > 19.855 : | | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 141.4 : | |  
 | | CEREAL.PRICES.INDEX <= 124.95 : LM19 (4/9.021%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 124.95 : LM20 (11/13.962%) | | |  
 CEREAL.PRICES.INDEX > 141.4 : LM21 (6/18.367%) LM num: 1 C.POLS = 0.0733 \*  
 USD.MXN + 5.1755 LM num: 2 C.POLS = 0.0683 \* USD.MXN + 5.7352 LM  
 num: 3 C.POLS = 0.0705 \* USD.MXN + 5.7668 LM num: 4 C.POLS = 0.0761 \*  
 USD.MXN + 5.3308 LM num: 5 C.POLS = 0.0301 \* USD.MXN + 9.484 LM  
 num: 6 C.POLS = 0.0684 \* USD.MXN + 10.814 LM num: 7 C.POLS = 0.0127 \*  
 CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0684 \* USD.MXN + 11.3842 LM num: 8 C.POLS  
 = 0.0142 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0684 \* USD.MXN +  
 11.2604 LM num: 9 C.POLS = 0.0946 \* USD.MXN + 7.7499 LM num: 10 C.POLS  
 = 0.0946 \* USD.MXN + 8.1997 LM num: 11 C.POLS = 0.0547 \* USD.MXN +  
 5.59 LM num: 12 C.POLS = 0.0891 \* USD.MXN + 5.3461 LM num: 13 C.POLS  
 = -0.1215 \* USD.MXN + 10.3236 LM num: 14 C.POLS = -0.1572 \*  
 USD.MXN + 10.7704 LM num: 15 C.POLS = 0.0722 \* USD.MXN + 17.3106 LM  
 num: 16 C.POLS = 0.0702 \* USD.MXN + 17.5802 LM num: 17 C.POLS = 0.0676 \*  
 USD.MXN + 19.2657 LM num: 18 C.POLS = 0.0669 \* USD.MXN + 19.0939 LM  
 num: 19 C.POLS = 0.0064 \* CEREAL.PRICES.INDEX + 0.0883 \* USD.MXN  
 + 16.6216 LM num: 20 C.POLS = 0.0845 \* USD.MXN + 17.265 LM num: 21  
 C.POLS = 0.0833 \* USD.MXN + 17.8193 Number of Rules : 21

## Árbol M5P para C.QUES



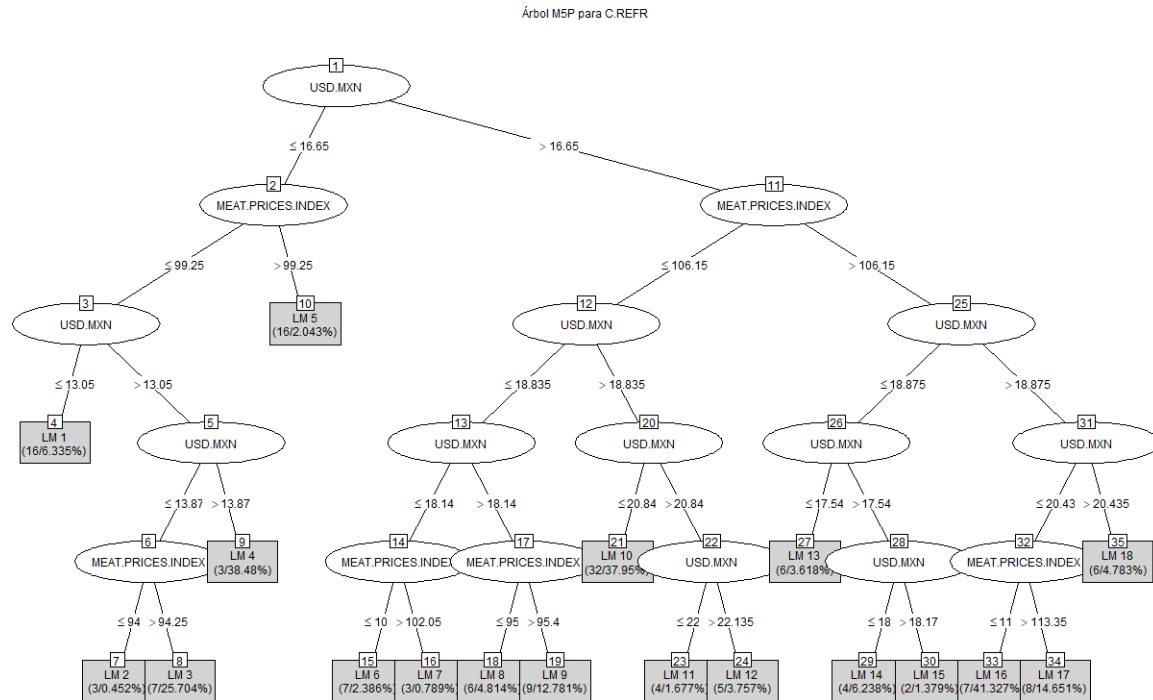
Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.805

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN  $\leq$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  99.25 : | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  96.45 : | | |  
 USD.MXN  $\leq$  13.215 : LM1 (10/12.876%) | | | USD.MXN  $>$  13.215 : | | | |  
 USD.MXN  $\leq$  15.43 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  94.75 : LM2 (3/1.05%) | | |  
 | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  94.75 : LM3 (3/9.024%) | | | | USD.MXN  $>$  15.43 :  
 LM4 (2/2.931%) | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  96.45 : LM5 (11/8.665%) |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  99.25 : LM6 (16/3.663%) USD.MXN  $>$  16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  106.15 : | | USD.MXN  $\leq$  18.82 : | | | USD.MXN  $\leq$   
 17.535 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  96.05 : LM7 (3/1.349%) | | | |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  96.05 : LM8 (2/0.733%) | | | USD.MXN  $>$  17.535 : LM9  
 (19/19.241%) | | | USD.MXN  $>$  18.82 : | | | | USD.MXN  $\leq$  20.84 : LM10  
 (33/34.382%) | | | | USD.MXN  $>$  20.84 : | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  97.35 :  
 LM11 (7/2.731%) | | | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  97.35 : LM12 (2/2.564%) |  
 MEAT.PRICES.INDEX  $>$  106.15 : | | USD.MXN  $\leq$  18.875 : LM13 (12/3.808%) | |  
 USD.MXN  $>$  18.875 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  $\leq$  113.35 : LM14 (13/48.541%) |  
 | | MEAT.PRICES.INDEX  $>$  113.35 : LM15 (8/20.655%) LM num: 1 C.QUES =  
 0.1058 \* USD.MXN - 4.1137 LM num: 2 C.QUES = 0.0034 \*  
 MEAT.PRICES.INDEX + 0.1152 \* USD.MXN - 5.6173 LM num: 3 C.QUES  
 = 0.0034 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.1152 \* USD.MXN - 5.6138 LM  
 num: 4 C.QUES = 0.117 \* USD.MXN - 5.515 LM num: 5 C.QUES = 0.0943 \*  
 USD.MXN - 2.5762 LM num: 6 C.QUES = 0.0695 \* USD.MXN + 0.8755 LM  
 num: 7 C.QUES = -0.0026 \* MEAT.PRICES.INDEX + 0.0632 \* USD.MXN -

1.21 LM num: 8 C.QUES =  $-0.0028 * \text{MEAT.PRICES.INDEX} + 0.0632 * \text{USD.MXN}$   
 - 1.2001 LM num: 9 C.QUES =  $0.0632 * \text{USD.MXN} + 0.0863$  LM num: 10  
 C.QUES =  $0.0632 * \text{USD.MXN} + 2.4874$  LM num: 11 C.QUES =  $0.0506 * \text{USD.MXN} + 2.6562$   
 LM num: 12 C.QUES =  $0.0632 * \text{USD.MXN} + 2.5425$  LM num: 13 C.QUES =  $0.1278 * \text{USD.MXN} + 8.3539$   
 LM num: 14 C.QUES =  $0.1524 * \text{USD.MXN} + 2.8932$  LM num: 15 C.QUES =  $0.16 * \text{USD.MXN} + 2.2832$   
 Number of Rules : 15

## Árbol M5P para C.REFR



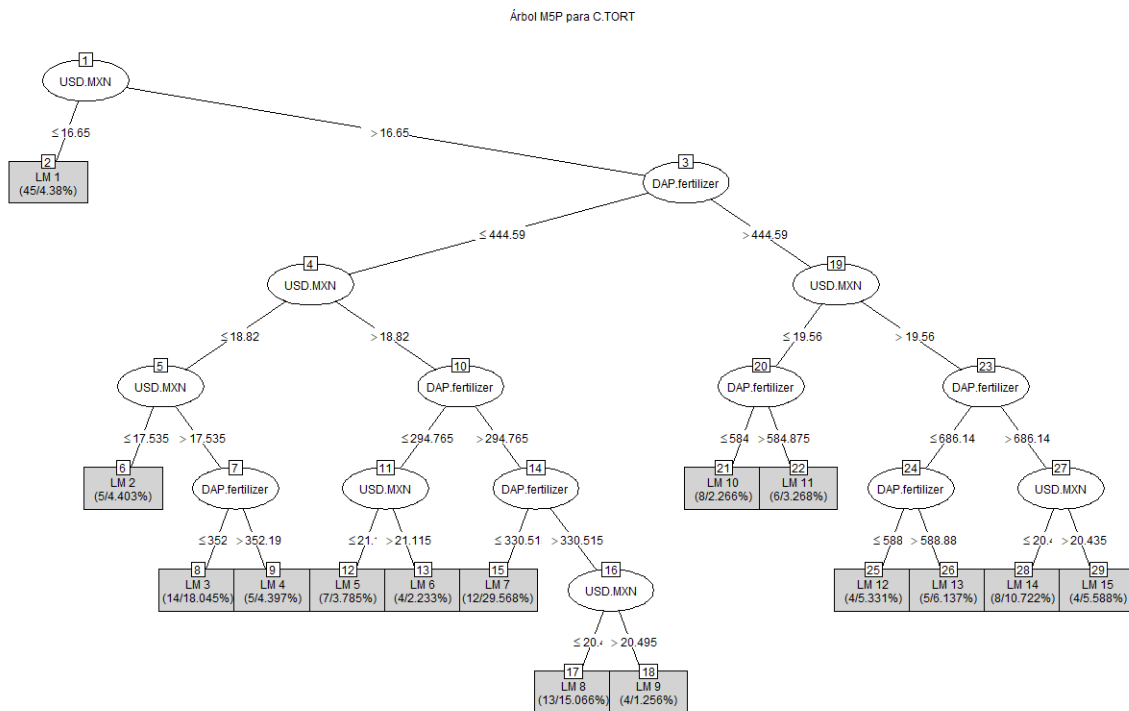
Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8556

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models) USD.MXN ≤ 16.65 : |  
 MEAT.PRICES.INDEX ≤ 99.25 : | | USD.MXN ≤ 13.05 : LM1 (16/6.335%) | |  
 USD.MXN > 13.05 : | | | USD.MXN ≤ 13.87 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤  
 94.25 : LM2 (3/0.452%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 94.25 : LM3 (7/25.704%) | |  
 | USD.MXN > 13.87 : LM4 (3/38.48%) | MEAT.PRICES.INDEX > 99.25 : LM5  
 (16/2.043%) USD.MXN > 16.65 : | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 106.15 : | |  
 USD.MXN ≤ 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX  
 ≤ 102.05 : LM6 (7/2.386%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 102.05 : LM7  
 (3/0.789%) | | | USD.MXN > 18.14 : | | | MEAT.PRICES.INDEX ≤ 95.4 : LM8  
 (6/4.814%) | | | MEAT.PRICES.INDEX > 95.4 : LM9 (9/12.781%) | | USD.MXN  
 > 18.835 : | | | USD.MXN ≤ 20.84 : LM10 (32/37.95%) | | | USD.MXN > 20.84 :  
 | | | USD.MXN ≤ 22.135 : LM11 (4/1.677%) | | | USD.MXN > 22.135 : LM12  
 (5/3.757%) | MEAT.PRICES.INDEX > 106.15 : | | USD.MXN ≤ 18.875 : | | |  
 USD.MXN ≤ 17.54 : LM13 (6/3.618%) | | | USD.MXN > 17.54 : | | |  
 USD.MXN ≤ 18.17 : LM14 (4/6.238%) | | | USD.MXN > 18.17 : LM15 (2/1.379%)

$USD.MXN > 18.875$  :  $USD.MXN \leq 20.435$  :  $MEAT.PRICES.INDEX \leq 113.35$  : LM16 (7/41.327%)  $MEAT.PRICES.INDEX > 113.35$  : LM17 (8/14.651%)  $USD.MXN > 20.435$  : LM18 (6/4.783%) LM num:  
 1 C.REFR =  $0.5055 * USD.MXN - 30.047$  LM num: 2 C.REFR =  $0.6813 * USD.MXN - 52.6104$  LM num: 3 C.REFR =  $0.6715 * USD.MXN - 51.5934$  LM num: 4 C.REFR =  $0.6688 * USD.MXN - 53.2687$  LM num: 5 C.REFR =  $0.6508 * USD.MXN - 15.3928$  LM num: 6 C.REFR =  $0.0316 * MEAT.PRICES.INDEX + 0.2716 * USD.MXN - 2.3089$  LM num: 7 C.REFR =  $0.0386 * MEAT.PRICES.INDEX + 0.2716 * USD.MXN - 2.8176$  LM num: 8 C.REFR =  $-0.0371 * MEAT.PRICES.INDEX + 0.1806 * USD.MXN + 16.3242$  LM num: 9 C.REFR =  $0.192 * USD.MXN + 11.3895$  LM num: 10 C.REFR =  $0.2716 * USD.MXN + 17.4667$  LM num: 11 C.REFR =  $0.0177 * MEAT.PRICES.INDEX + 0.2716 * USD.MXN + 15.6668$  LM num: 12 C.REFR =  $0.2716 * USD.MXN + 17.0902$  LM num: 13 C.REFR =  $-0.0244 * MEAT.PRICES.INDEX + 0.3957 * USD.MXN + 67.779$  LM num: 14 C.REFR =  $0.3685 * USD.MXN + 72.6417$  LM num: 15 C.REFR =  $0.3653 * USD.MXN + 73.5274$  LM num: 16 C.REFR =  $0.5724 * USD.MXN + 28.1763$  LM num: 17 C.REFR =  $0.57 * USD.MXN + 28.7007$  LM num: 18 C.REFR =  $0.5531 * USD.MXN + 30.2802$  Number of Rules : 18

## Árbol M5P para C.TORT



Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.8074

Modelos lineales del árbol:

M5 pruned model tree: (using smoothed linear models)  $USD.MXN \leq 16.65$  : LM1 (45/4.38%)  $USD.MXN > 16.65$  :  $DAP.fertilizer \leq 444.59$  :  $USD.MXN \leq 18.82$  :  $USD.MXN \leq 17.535$  : LM2 (5/4.403%)  $USD.MXN > 17.535$  :  $DAP.fertilizer \leq 352.19$  : LM3 (14/18.045%)  $DAP.fertilizer > 352.19$  : LM4



(5/4.397%) | | USD.MXN > 18.82 : | | | DAP.fertilizer <= 294.765 : | | | |  
 USD.MXN <= 21.115 : LM5 (7/3.785%) | | | | USD.MXN > 21.115 : LM6 (4/2.233%)  
 | | | DAP.fertilizer > 294.765 : | | | DAP.fertilizer <= 330.515 : LM7  
 (12/29.568%) | | | | DAP.fertilizer > 330.515 : | | | | USD.MXN <= 20.495 :  
 LM8 (13/15.066%) | | | | USD.MXN > 20.495 : LM9 (4/1.256%) | DAP.fertilizer >  
 444.59 : | | USD.MXN <= 19.56 : | | | DAP.fertilizer <= 584.875 : LM10 (8/2.266%)  
 | | | DAP.fertilizer > 584.875 : LM11 (6/3.268%) | | USD.MXN > 19.56 : | | |  
 DAP.fertilizer <= 686.14 : | | | | DAP.fertilizer <= 588.88 : LM12 (4/5.331%) | | | |  
 DAP.fertilizer > 588.88 : LM13 (5/6.137%) | | | DAP.fertilizer > 686.14 : | | | |  
 USD.MXN <= 20.435 : LM14 (8/10.722%) | | | | USD.MXN > 20.435 : LM15  
 (4/5.588%) LM num: 1 C.TORT = 0.0139 \* USD.MXN + 40.7948 LM num: 2  
 C.TORT = 0.0254 \* USD.MXN + 19.4692 LM num: 3 C.TORT = 0.0283 \*  
 USD.MXN + 27.1916 LM num: 4 C.TORT = 0.0313 \* USD.MXN + 26.5062 LM  
 num: 5 C.TORT = 0.0737 \* USD.MXN + 41.6116 LM num: 6 C.TORT = 0.0827 \*  
 USD.MXN + 41.5168 LM num: 7 C.TORT = 0.024 \* USD.MXN + 36.4421 LM  
 num: 8 C.TORT = 0.0228 \* USD.MXN + 34.6115 LM num: 9 C.TORT = 0.0228 \*  
 USD.MXN + 33.1322 LM num: 10 C.TORT = 0.032 \* USD.MXN + 112.9994 LM  
 num: 11 C.TORT = -0.0857 \* USD.MXN + 115.4784 LM num: 12 C.TORT =  
 0.0027 \* DAP.fertilizer + 0.0456 \* USD.MXN + 88.0343 LM num: 13  
 C.TORT = 0.1405 \* USD.MXN + 87.7313 LM num: 14 C.TORT = -0.0016 \*  
 DAP.fertilizer + 0.0378 \* USD.MXN + 104.4826 LM num: 15 C.TORT =  
 0.0378 \* USD.MXN + 105.4281 Number of Rules : 15

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

