

LA FUNCIÓN DE DEMANDA OBSERVADA DE CARNES EN COLOMBIA (2000-2007): ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE VARIOS MODELOS ECONÓMICOS*

HERNANDO BARRERA-VALENCIA**

RESUMEN

En este artículo se aplican diferentes métodos econométricos para estimar la función de demanda observada de las tres proteínas cárnicas más relevantes para el caso colombiano (carne de res, cerdo y pollo). Para efectos de construir estas funciones, se consideraron como variables independientes sus índices de precios (p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , p_5) y el Consumo de los Hogares (CH) como *proxy* de la variable de riqueza. Con esta información se construyen funciones de demanda Marshallianas del tipo $X_i = f(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, ch)$, con las cuales se desarrollan diferentes modelos de demanda simple y de sistemas de ecuaciones. Al verificar las hipótesis planteadas de acuerdo con los estadísticos R^2 , *Durbin-Watson* y la teoría económica se concluye que el modelo con Aproximación Lineal al Sistema de Demanda Casi Ideal (AL-SDCI), cumple con los resultados esperados en términos estadísticos y de ajuste a la teoría económica, de tal manera que se constituye en la mejor alternativa de las estudiadas para reflejar el comportamiento del mercado de carnes en Colombia. De igual manera, con base en los resultados del modelo SDCI, se pueden clasificar estos bienes como bienes normales. Finalmente, al calcular las diferentes elasticidades a lo largo del período de análisis (2.000-2.007), para cada una de las demandas de carne consideradas, se identificaron las relaciones de sustitución y complementariedad existentes entre los bienes objeto de estudio y la elasticidad ingreso con base en el CH.

Palabras clave autor: función de demanda en carnes, elasticidad, aproximación lineal al sistema de demanda casi ideal, mercado cárnico en Colombia.

Palabras clave descriptor: modelos econométricos, consumo de carne, análisis de demanda, precios.

Clasificación JEL: C51, Q11.

Fecha de recepción: 2 de febrero de 2010
Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2010

* Artículo de investigación que el autor elabora en materia de economía agrícola, producto de su tesis de grado para optar al título de Magíster en Economía, acorde con los lineamientos del Frigorífico Guadalupe S.A. en la identificación de las variables que inciden en el comportamiento del mercado de la industria cárnica en Colombia.

** Magíster en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana, Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente de la Universidad de Los Andes, Especialista en Administración de Empresas de la Universidad Politécnica de Madrid e Ingeniero Civil de la Universidad Santo Tomás. Director de Logística y Producción del Frigorífico Guadalupe S.A., donde también se ha desempeñado como Director de Gestión de Calidad y Director Ambiental. Contacto: hbarrera@efege.com

OBSERVED DEMAND FUNCTION OF THE MEAT MARKET IN COLOMBIA 2000 – 2007: COMPARATIVE RESULTS ANALYSIS OF SEVERAL ECONOMETRIC MODELS

ABSTRACT

In this article, we apply various econometric methods to estimate the demand function observed in the three main meat markets in Colombia (beef, pork and poultry). To construct these functions, price indexes were considered as independent variables (p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , p_5) and Household Consumption (HC) as a proxy for a wealth variable. With this information, the Marshallian demand functions are built for type $X_i = f(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, HC)$, which can help develop simple demand models and systems of equations. By verifying the assumptions made in accordance with the R^2 statistics, *Durbin-Watson* and economic theories, conclusions point out that the model with the Linear Approximation to Almost Ideal Demand System (AL-AIDS) meets the expected statistical and economic theory outcomes, becoming the best alternative to show the behavior of the meat market in Colombia. Based on the AIDS model results, these goods can be classified as normal goods as well. Finally, to calculate the different elasticities during the analysis period (2000-2007) for each meat market in question, substitution and complementarity relations between the goods studied and the income elasticity based on HC were identified.

Key words author: In Meat Demand Function, Elasticity, Linear Aproximation to Almost Idel Demand System, Meat Markets in Colombia.

Key words plus: Econometric Modeling, Meat Consumption, Demand Analysis, Prices.

JEL Classification: C51, Q11.

LA FONCTION DE LA DEMANDE OBSERVÉE DES VIANDES EN COLOMBIE 2000 – 2007: ANALYSE COMPARATIVE DES RÉSULTATS SUR PLUSIEURS MODÈLES ÉCONOMÉTRIQUES

RÉSUMÉ

Dans cet article différentes méthodes économétriques sont appliquées pour estimer la fonction de demande observée des trois protéines de viande les plus significatives dans le cas colombien (viande de bœuf, porc et poulet). A fin de construire ces fonctions, sont considérés comme variables indépendantes leurs indices de prix (p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , p_5 ,) et la Consommation des Foyers (CH) comme *proxy* de la variable de richesse. Avec cette information, des fonctions de demande Marshalliennes du type $X_i = f(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, CH)$ sont construites, et permettent de développer différents modèles de demande simple et des systèmes d'équations. En vérifiant les hypothèses posées en accord avec les statistiques R^2 , *Durbin-Watson* et la théorie économique, l'on conclut que le modèle avec Approximation Linéaire au Système de Demande Quasi-Idéale (AL-SDCI) répond aux résultats attendus en termes statistiques et en conformité avec la théorie économique. De la sorte, il s'impose comme la meilleure alternative parmi celles étudiées pour refléter le comportement du marché de viandes en Colombie. De la même manière, sur la base des résultats du modèle SDCI, ces biens peuvent être classés comme biens normaux. Finalement, en calculant les différentes élasticités tout au long de la période d'analyse (2000-2007), pour chacune des demandes de viande considérées, les relations de substitution et de complémentarité existantes entre les biens objets de l'étude et l'élasticité-revenu sur la base de CH sont identifiées.

Mots clés auteur: fonction de demande de viande, élasticité, approche linéaire du système de demande presque parfait, marché de la viande en Colombie.

Mots clés descripteur: modèles économiques, consommation de viande, analyse de la demande, prix.

Classification JEL: C51, Q11.

Sumario: Introducción. 1. Marco teórico. 2. Hipótesis del modelo. 3. Aplicación de los modelos al mercado de la carne en Colombia 2000-2007. 4. Verificación de hipótesis del modelo. Conclusiones y recomendaciones. Bibliografía.

INTRODUCCIÓN

La carne es, sin lugar a dudas, uno de los alimentos más importantes en la dieta de los colombianos. De acuerdo con las tablas de ponderación de bienes por gastos básicos que publica el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el conjunto de las carnes de res, cerdo y pollo, representa el 6,1% del total de la canasta familiar y el 20,6% del total de los alimentos que la conforman.

No obstante su destacada importancia, al revisar las cifras nacionales con los principales países productores y consumidores de carne, los datos de producción, hato ganadero y consumo de carne por habitante reflejan grandes diferencias.

De acuerdo con las cifras que publica la Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN) y que se reproducen en la Tabla N° 1, Colombia ocupa el puesto número 13 en producción de carne de res, medida en toneladas métricas (tm), lo que representa un total de 750.000 tm para el año 2005, por encima incluso de países con tradición exportadora como Uruguay y Paraguay, quienes producen el 66% y el 54% de lo que produce Colombia respectivamente.

De igual manera se destacan, por razones que se expondrán más adelante, el caso de Australia, país que produce 2.162.000 tm de carne de res, y Rusia, que produce 1.915.000 tm.

TABLA N° 1

Producción internacional de carne de res

País	Cantidad (tm) 2005	Posición 2005	Cantidad (tm) 2004	Posición 2004	Cantidad (tm) 2003	Posición 2003
Estados Unidos	11.310.000	1	11.261.000	1	12.039.000	1
Brasil	7.774.000	2	7.774.000	2	7.230.500	2
China	7.000.200	3	6.449.029	3	6.017.638	3
Argentina	3.024.000	4	3.024.000	4	2.621.000	4
Australia	2.162.000	5	2.033.000	5	2.073.000	5
Rusia	1.915.000	6	1.951.184	6	2.000.002	6
Francia	1.529.000	9	1.565.492	7	1.631.000	7
India	1.493.500	10	1.483.200	10	1.472.900	9

Continúa

País	Cantidad (tm) 2005	Posición 2005	Cantidad (tm) 2004	Posición 2004	Cantidad (tm) 2003	Posición 2003
México	1.543.090	7	1.543.090	8	1.496.030	8
Alemania	1.145.000	12	1.258.000	11	1.226.235	10
Canadá	1.530.000	8	1.496.042	9	1.171.000	11
Italia	1.180.000	11	1.148.278	12	1.126.869	12
Ucrania	556.000	19	613.787	18	722.900	14
<i>Colombia</i>	<i>750.000</i>	<i>13</i>	<i>730.000</i>	<i>13</i>	<i>703.492</i>	<i>13</i>
Reino Unido	747.000	14	712.000	14	687.000	16
España	715.215	15	702.330	15	703.452	15
Irlanda	563.200	18	563.200	19	568.000	19
Nueva Zelanda	685.000	16	685.600	16	660.280	17
Japón	500.000	20	513.100	20	494.900	20
Países Bajos	388.000	26	388.000	25	364.000	25
Uruguay	496.498	21	496.498	21	424.211	22
Venezuela	405.000	25	375.982	26	435.181	21
Paraguay	215.000	41	215.000	39	215.000	40
Ecuador	206.532	43	205.518	42	232.840	38
Perú	152.000	49	151.916	49	144.929	53

Fuente: FEDEGAN.

A su vez, considerando que un determinado nivel de producción de carne se encuentra soportado en un adecuado inventario de ganado, en la Tabla N° 2 se observa que Colombia, con un inventario cercano a los 23 millones de cabezas de ganado bovino, ocupa el décimo lugar en el ranking mundial.

TABLA N° 2

Inventario bovino internacional

País	Cabezas 2004	Posición 2004	Cabezas 2003	Posición 2003	Cabezas 2002	Posición 2002
Brasil	192.000.000	1	195.552.000	1	185.347.008	2
India	185.500.000	2	187.382.000	2	189.302.000	1
China	112.536.523	3	108.274.370	3	101.109.959	3
Estados Unidos	94.888.000	4	96.100.000	4	96.723.000	4
Argentina	50.768.000	5	50.869.000	5	48.100.000	5
Sudán	38.325.000	6	38.325.000	7	38.183.000	6
Etiopía	38.102.688	7	39.000.000	6	35.500.000	7
México	31.476.600	8	31.476.600	8	30.700.000	8
Australia	27.500.000	9	26.664.000	9	27.870.000	9

Continúa

País	Cabezas 2004	Posición 2004	Cabezas 2003	Posición 2003	Cabezas 2002	Posición 2002
Rusia	24.935.140	11	26.524.360	10	27.106.902	10
Francia	19.319.860	14	19.596.848	14	20.116.340	14
Venezuela	16.231.616	16	15.988.907	16	15.791.136	16
Canadá	14.653.000	18	13.487.600	20	13.761.500	19
Alemania	13.386.000	20	13.731.958	18	14.226.600	18
Uruguay	11.700.000	23	11.708.000	23	11.274.000	24
Reino Unido	10.602.564	25	10.517.000	25	10.343.293	27
Paraguay	9.622.340	28	10.128.377	26	9.260.000	30
Nueva Zelanda	9.617.000	29	9.656.267	28	9.637.000	28
Bolivia	6.822.200	36	6.679.970	36	6.576.277	35

Fuente: División de Estadística de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 18 de octubre 2008. En Inglés: FAOSTAT.

Adicionalmente, Australia, con un inventario 17% mayor que el inventario ganadero colombiano (27 millones contra 23 millones) produce un 188% más de carne de res que Colombia. De igual manera, en el caso de Rusia, con un inventario ganadero superior al colombiano en un 8%, produce un 155% más de carne, lo cual se evidencia en importantes diferencias en productividad entre estos países, que derivan desde luego en diferencias de competitividad.

Por otra parte, al revisar los datos de consumo mundial de carne de res presentado en la Tabla N° 3, se observa que países con menor nivel de producción como el caso mencionado de Uruguay consume un 110% más de carne medida en kilos por habitante al año. Colombia consume un total de 17,56 kg/hb/año, en tanto que en Uruguay se consumieron 36,94 kg/hb/año en el año 2004. Australia, por su parte, con un 17% más de inventario ganadero y una producción 188% mayor a la colombiana, consume 25,28 kg/hab/año, lo que representa un 44% más de consumo que el registrado para Colombia.

Tabla N° 3
Consumo mundial de carne de res en kg/hab/año

País	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Argentina	50,92	54,70	52,42	56,38	58,81	60,12
Uruguay	36,94	40,32	40,98	38,94	52,55	54,71
Chile	30,75	21,31	21,01	19,98	22,08	21,83
Brasil	25,78	33,95	35,57	34,85	35,42	34,93
Australia	25,28	46,10	39,19	42,66	39,42	42,37
Italia	24,37	24,78	23,99	23,64	24,62	25,38

Continúa

País	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Estados Unidos	24,18	41,93	43,64	42,73	43,44	43,76
Irlanda	23,31	23,83	27,00	25,01	17,75	19,17
Francia	19,49	26,46	28,16	27,51	26,00	26,16
Israel	19,45	23,90	22,25	21,12	23,08	18,76
Países Bajos	18,80	20,57	20,52	20,08	16,90	19,32
Canadá	18,17	34,28	32,72	32,70	33,93	34,51
Dinamarca	17,85	28,51	27,52	24,41	23,70	25,12
Paraguay	17,83	24,17	32,51	25,17	34,39	42,04
Nueva Zelanda	17,68	26,44	26,40	26,55	20,48	33,82
Bolivia	17,54	19,14	19,04	18,98	19,38	19,12
Rusia	16,29	18,07	17,66	16,48	15,22	17,16
<i>Colombia</i>	<i>17,56</i>	<i>17,82</i>	<i>17,87</i>	<i>19,10</i>	<i>20,66</i>	<i>19,97</i>

Fuente: FEDEGAN.

En consecuencia, en Colombia existe un enorme potencial de crecimiento, en primer lugar por cuanto su nivel de consumo per cápita es bajo en relación con los estándares internacionales, y en segundo lugar porque el tamaño de su hato ganadero es equiparable con los hatos de los mayores productores de carne del mundo como Uruguay, Paraguay, Australia y Rusia.

En este orden de ideas, identificar las variables que explican el comportamiento de la demanda de carnes en Colombia resulta relevante para establecer políticas de desarrollo de este sector, tendientes a aprovechar la capacidad productiva del país y mejorar el bienestar de la población como resultado de un mayor consumo de proteínas e incremento de divisas producto de la consolidación de una eventual dinámica exportadora.

De igual manera, entender el comportamiento en el mercado de los principales tipos de carnes (res, cerdo y pollo) que se consumen en Colombia, resulta relevante para establecer claramente las relaciones de complementariedad o de sustitución existentes, así como la incidencia que el huevo, como fuente de proteína, genera en el mercado cárnico.

Acorde con lo expuesto, determinar la Función de Demanda Observada (FDO) para las principales clases de proteína cárnica que se consumen en Colombia es el objetivo principal del presente artículo, y confirmar las siguientes hipótesis respecto del mercado de la carne en Colombia:

1. Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales y por lo tanto la demanda observada es inversamente proporcional a su precio.
2. Las carnes de cerdo y pollo son bienes sustitutos para el mercado de la carne de res.

3. El huevo es un sustituto de los principales tipos de proteína cárnica que se consumen en Colombia, es decir, de las carnes de res, cerdo y pollo.
4. Las carnes de res, cerdo y pollo son bienes normales, en consecuencia su demanda observada se comporta de manera directamente proporcional con la variable de riqueza adoptada (CH).
5. Las carnes de res, cerdo y pollo son bienes necesarios, por lo tanto se espera que presenten una tendencia inelástica.

Para tal efecto, como se mencionó anteriormente, se definieron como variables dependientes, las siguientes: 1) carne de res; 2) carne de cerdo, y 3) carne de pollo.

Y como variables explicativas: 1) el precio de la carne de res al consumidor; 2) el precio de la carne de cerdo al consumidor; 3) el precio de la carne de pollo al consumidor; 4) el precio del huevo al consumidor, y 5) la riqueza de los consumidores, para lo cual se tomó el consumo de los hogares, como aproximación a esta variable.

En la primera sección se realiza una breve reseña de la teoría del consumidor. Posteriormente se realizará una revisión de los principales modelos que pueden ser aplicados al mercado cárnico, desde los más sencillos que trabajan con ecuaciones unidimensionales hasta los que implican sistemas de ecuaciones. Al revisar cada uno de estos modelos, se hará referencia a algunos estudios realizados a nivel mundial aplicados al mercado cárnico, o en su defecto al sector de los alimentos.

En la segunda sección se definen las hipótesis del modelo. En la tercera sección se aplican los modelos teóricos a la serie de datos que se ha definido para el estudio, la cual abarca el período enero de 2000 a diciembre de 2007. Para este fin, se tendrá en cuenta la significancia de cada una de las variables explicativas en cada uno de los modelos desarrollados, así como el nivel de ajuste estos modelos. Los resultados así obtenidos serán contrastados contra las hipótesis básicas que se fundamentan en la teoría económica, en términos de su respuesta ante variaciones en el precio propio de cada bien analizado y ante variaciones del nivel de riqueza. El resultado de dicho análisis, conjuntamente con los resultados de la significancia de las variables y el nivel de ajuste del modelo, conducirá a la selección de un modelo específico para el mercado cárnico colombiano aplicable para res, cerdo y pollo.

A partir del modelo seleccionado, en la cuarta sección se realizará una revisión detallada de cada una de las hipótesis planteadas en la segunda sección, con el fin de establecer si se aceptan las hipótesis nulas del presente artículo.

Al final se presentarán las conclusiones, haciendo énfasis en las hipótesis nulas o alternativas que se hayan confirmado, para describir de esta manera el comportamiento del mercado cárnico en Colombia, junto con algunas recomendaciones de política para el sector.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. LA TEORÍA DEL CONSUMIDOR

En general se distinguen dos tipos de agentes que intervienen en un mercado: los productores y los consumidores. La interrelación entre estos dos agentes está centrada en el precio, generando comportamientos encontrados entre unos y otros, a saber: si los precios son altos, el productor recibe un incentivo para producir más en virtud a que aumentan sus beneficios, en tanto que el consumidor recibe un incentivo para demandar una cantidad menor del bien por cuanto existe una restricción de presupuesto que le impide mantener su nivel de utilidad derivado del consumo del bien en cuestión. En el caso contrario, cuando los precios son bajos, el productor recibe un incentivo para producir menos, en tanto que el consumidor aumenta su demanda. En consecuencia, son los precios el medio por el cual estos comportamientos opuestos se concilian: a precios de equilibrio, los productores maximizan sus beneficios de acuerdo con su tecnología disponible, y los consumidores maximizan su utilidad teniendo en cuenta los límites que su presupuesto les impone.

Por lo tanto, el problema del consumidor consiste en elegir, de una serie de canastas de productos disponibles en el mercado, la que le represente la mayor utilidad teniendo en cuenta que su riqueza se constituye en una restricción de tipo presupuestal.

Con el fin de introducir claramente los conceptos esenciales que se emplearán en las secciones siguientes, se analizará el problema del consumidor de la manera más simple, al considerar que este tiene como alternativas de consumo dos bienes o dos canastas de bienes, los cuales se definen como x_1 y x_2 , la utilidad derivada del consumo de estos dos bienes se define con la letra U y los precios para cada uno de los bienes se denotarán como p_1 y p_2 .

Siendo X un vector de bienes, el problema del consumidor consiste en:

$$\text{Maximizar } U(X) \quad (1)$$

Para el objeto del presente artículo, la utilidad del consumidor se deriva del bienestar generado por el consumo de proteína animal, la cual tiene un alto valor desde el punto de vista biológico para el ser humano, por cuanto posee los aminoácidos esenciales

para su salud, así como las vitaminas del grupo B (tiamina, niacina, riboflavina y cianocobalamina), hierro, cobre, zinc y selenio, necesarios para realizar las funciones metabólicas del organismo.

En general, cerca de la sexta parte de la proteína consumida por el hombre proviene de las carnes rojas y blancas, como por ejemplo carnes de res, cerdo, pollo, pescado, pavo, pato, cordero, e incluso del huevo. Para efectos del presente artículo, las variables a considerar teniendo en cuenta la tendencia de consumo colombiano y la información disponible, son las siguientes:

- 1) X_1 : carne de res.
- 2) X_2 : carne de cerdo.
- 3) X_3 : carne de pollo.
- 4) X_4 : huevo.
- 5) X_5 : otros bienes.

Teniendo en cuenta que la utilidad del consumidor siempre está sujeta a una restricción presupuestal, se debe incorporar la variable precio en el análisis, para lo cual se empleará el Índice de Precios al Consumidor (IPC) reportado por el DANE. De esta manera, se definen las siguientes variables:

- 1) P_1 : índice de precio de la carne de res deshuesada.
- 2) P_2 : índice de precio de la carne de cerdo deshuesada.
- 3) P_3 : índice de precio de la carne de pollo deshuesada.
- 4) P_4 : índice de precio del huevo.
- 5) P_5 : índice de precio de los otros bienes.

En lo que respecta a la riqueza el siguiente supuesto: la riqueza se interpreta como el ingreso disponible para consumo por parte de los hogares, y por lo tanto se asimila al CH que reporte el DANE en las cuentas nacionales. En consecuencia, la restricción presupuestal se expresa como:

$$CH = p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 + p_5x_5 \quad (2)$$

Por lo tanto, existirá un conjunto de combinaciones de los bienes x_1 , x_2 , x_3 , x_4 y x_5 , ante las cuales el consumidor se sentirá indiferente entre seleccionar una u otra, por cuanto le representan el mismo nivel de utilidad (U). A la solución del problema de

maximizar la utilidad por parte del consumidor ($Max U(X)$) sujeta a la restricción presupuestal CH, se le denomina Demanda Observada (DO), por cuanto no se tiene en cuenta en el análisis la utilidad del productor. De las condiciones de primer orden del problema, suponiendo que la estructura de preferencias está dada, se obtiene:

$$X_i = f(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, ch); \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (3)$$

En cuanto a las condiciones que deben satisfacer estas funciones de demanda marshallianas, de acuerdo con la teoría neoclásica, son las siguientes:

1. La función debe ser homogénea de grado cero, por lo tanto:

$$X_i = g(p_i, p_j, CH) = g(\alpha p_i, \alpha p_j, \alpha CH) \quad (4)$$

2. Condición de negatividad de acuerdo con las condiciones de Slutsky, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{\partial x_i}{\partial p_i} + \frac{\partial x_i}{\partial I} \leq 0 \quad (5)$$

3. También dentro de las condiciones de Slutsky, la condición de simetría:

$$\frac{\partial x_i}{\partial p_j} + \frac{\partial x_i}{\partial I} x_j = \frac{\partial x_j}{\partial p_i} + \frac{\partial x_j}{\partial I} x_i \quad (6)$$

4. Condición de agregación de Engel o condición de suma alzada:

$$p_i \frac{\partial x_i}{\partial I} + p_j \frac{\partial x_j}{\partial I} = 1 \quad (7)$$

5. Condición de agregación de Cournot:

$$p_i \frac{\partial x_i}{\partial p_i} + p_j \frac{\partial x_j}{\partial p_i} + x_i = 0 \quad (8)$$

Habiendo definido las condiciones que deben cumplir las funciones de demanda marshallianas a la luz de la teoría neoclásica, es importante introducir el concepto de elasticidad, como una forma simple de apreciar el efecto que tiene una variable exógena en la variable endógena. En otras palabras, la elasticidad mide la respuesta de las cantidades consumidas ante la variación en el comportamiento de los precios y/o de los ingresos. En consecuencia, se puede distinguir los siguientes tipos de elasticidades:

1. Elasticidad precio de la demanda:

$$\varepsilon_i = \frac{\partial x_i}{\partial p_i} \frac{p_i}{x_i} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_i} \quad (9)$$

2. Elasticidad ingreso de la demanda:

$$\eta_i = \frac{\partial x_i}{\partial I} \frac{I}{x_i} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln I} \quad (10)$$

3. Elasticidad precio cruzado de la demanda:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \frac{p_j}{x_i} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial p_j} \quad (11)$$

A partir de la clasificación antes enunciada, y en especial a la elasticidad precio de la demanda, se dividen los diferentes bienes en elásticos o inelásticos, dependiendo de si el valor absoluto de la demanda es mayor a 1 para los elásticos, o menor a 1 para los inelásticos.

No obstante, con base en la información disponible para el mercado de la carne en Colombia, se presenta un problema de identificación de la función de demanda, por cuanto los precios disponibles corresponden a precios de equilibrio, a partir de una estructura de preferencias dada. Para construir una función de demanda se requeriría establecer una serie de combinaciones entre los precios de los bienes en cuestión, lo cual se lograría a partir de la incorporación de variables instrumentales, para lo cual no existe la suficiente información disponible.

En consecuencia, en el presente estudio se determinará una función de demanda a partir de las diferentes combinaciones de precios de equilibrio que se han observado a lo largo del período 2000-2007, motivo por el cual la función de demanda calculada se denominará en adelante FDO, para hacer alusión a que se trata de precios de equilibrio observados.

Como se mencionó anteriormente, la FDO puede representarse mediante ecuaciones de diferente índole, lo que ha conducido a generar una serie de modelos que buscan reflejar de la manera más aproximada la función de demanda real. A continuación, se realizará una breve revisión de los modelos más representativos.

1.2. REVISIÓN DE MODELOS

Para el estudio de la demanda de carnes y/o de alimentos, se han empleado Modelos de Demanda Simple (MDS) y Modelos con Sistemas de Ecuaciones (MSE), dentro de los cuales se destacan los siguientes:

1.2.1. MODELOS DE DEMANDA SIMPLES (MDS)

1. Uno de los pioneros en este tipo de estudios fue Schultz (1938), quien estimó curvas de demanda para productos agrícolas, utilizando como variables: 1) el consumo per cápita (x_t); 2) el índices de precios de los productos agrícolas (p), y 3) la tendencia cronológica anual (t).

El modelo analizado por Schultz corresponde a una serie de tiempo expresada en la siguiente ecuación lineal:

$$x_t = a + bp_t + ct \quad (12)$$

Cabe anotar que la incorporación de la tendencia cronológica le da un carácter dinámico al modelo de Schultz.

2. Allen y Bowley (1935) elaboraron un modelo para establecer la curva de Engels, donde la variable dependiente es el gasto en alimentación, vestido y renta de viviendas (E_1), y la variable independiente (I) se mide como el gasto total.

El análisis de datos se realizó por medio de secciones transversales acorde con la siguiente función:

$$E_1 = aI + \mu \quad (13)$$

3. Stone (1954) y Wold y Jureen (1953) utilizaron modelos *log lineal* para determinar la función de demanda.

El modelo analizado por Stone (1954) para el caso del Reino Unido emplea como variables: 1) la elasticidad precio de la demanda (ε_j); 2) la elasticidad precio cruzada de la demanda (ε_{jj}); 3) la elasticidad ingreso de la demanda (η_j), y 4) una tendencia en el tiempo (δ_j).

$$\ln x_j = a_j + \varepsilon_j \ln p_j + \sum_k \varepsilon_{jk} \ln p_k + \eta_j \ln I + \delta_j t + \mu_j \quad (15)$$

4. Prais y Houthakker (1955) realizaron igualmente un estudio de la curva de Engels sobre presupuestos de gasto de familias británicas a partir de un modelo de función de demanda semilogarítmico de la forma:

$$x_1 = a + b_1 h p_1 + b_2 h p_2 + \dots + b_n h p_n + ch I + \mu \quad (14)$$

5. Finalmente, dentro de esta categoría de modelos simples vale la pena mencionar el trabajo de Fox (1958), quien consideró una Función Inversa de la Demanda (FID), según la cual la variable independiente no es la cantidad demandada (x_i) sino el precio (p), en función a su vez del ingreso (I) y de otras variables no consideradas en el modelo (z). La expresión de este modelo es el siguiente:

$$\ln p_i = \alpha_i + \beta_i h x_i + \gamma_i h I + \phi_i z_i + \mu_i \quad (16)$$

De acuerdo con Intriligator (1990), el uso de este tipo de FID se justifica en aquellos casos en los cuales las cantidades demandadas dependen de variables exógenas como las condiciones climatológicas para los bienes agrícolas.

En resumen, dentro de los modelos simples utilizando una sola ecuación para la determinación de la curva de demanda se pueden identificar los siguientes:

1. *Lineales*:

$$x_1 = a + b_1 p_1 + b_2 p_2 + \dots + b_n p_n + cI + \mu \quad (17)$$

2. *Logarítmicos*:

$$\ln x_1 = a + b_1 \ln p_1 + b_2 \ln p_2 + \dots + b_n \ln p_n + c \ln I + \mu \quad (18)$$

3. *Semilogarítmicos*:

$$x_1 = a + b_1 \ln p_1 + b_2 \ln p_2 + \dots + b_n \ln p_n + c \ln I + \mu \quad (19)$$

4. *Semilogarítmico inverso*:

$$x_1 = a + \frac{b_1}{p_1} + \frac{b_2}{p_2} + \dots + \frac{b_n}{p_n} + \frac{c}{I} + \mu \quad (20)$$

5. *Semilog. Inverso recíproco*:

$$\ln x_1 = a + b_1 / p_1 + b_2 / p_2 + \dots + b_n / p_n + c / I + \mu \quad (21)$$

1.2.2. MODELOS CON SISTEMAS DE ECUACIONES (MSE)

La aplicación de MSE ofrece varias ventajas con respecto a los sistemas simples, no obstante ser más complejos. La principal es que estos sistemas de ecuaciones permiten ver la interrelación entre varios bienes, de manera tal que las funciones de demanda son más precisas.

Un MSE permite estimar la función de demanda para un consumidor o grupo de consumidores de varios n bienes, lo que genera n ecuaciones más la restricción presupuestal, para un total de $n+1$ ecuaciones.

Los principales modelos empleados para determinar la función de demanda bajo el esquema de MSE son los siguientes:

1. *Modelo con Sistema de Ecuaciones Lineal (MSEL).*

En este caso se utiliza la expresión:

$$x_i = a_i + \sum_k b_{ik} p_k + c_i I + \mu_i \quad (22)$$

donde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Tryfos y Tryphonopoulos (1973) emplearon un MSEL para el estudio de la demanda de carnes en diversas oportunidades en Canadá cuyas variables dependientes eran el consumo per cápita de carnes de res, ternera, cerdo, cordero y pollo. Para la estimación de este modelo, los investigadores emplearon el método desarrollado por Zellner (1962) conocido como Regresiones Aparentemente No Relacionadas (RANR)¹.

Chavas (1983) utiliza filtros Kalman para analizar cambios estructurales de la demanda de carne en Estados Unidos, donde la variable dependiente es el consumo de carne (Q), y las variables independientes son el precio (P) y el Ingreso del Consumidor (I), mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta Q_{it}}{Q_{i,t-1}} = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \frac{\Delta P_{jt}}{P_{j,t-1}} + \delta \frac{\Delta I_t}{I_{t-1}} + e_{it} \quad (23)$$

2. *Modelo con Sistema de Ecuaciones Loglineal (MSELL).*

Especificado por el siguiente tipo de ecuación:

$$\ln x_i = a_i + \sum_k b_{ik} \ln p_k + c_i \ln I + \mu_i \quad (24)$$

donde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

1 En inglés: Seemingly Unrelated Regressions (SUR).

Un ejemplo de aplicación de este tipo de modelos fue desarrollado por Tobin (1950), utilizando como variables el ingreso (I) disponible de las familias en el tiempo (t), el número de personas que conforman la familia (n) y una constante (k) determinada por el índice de precios promedio en el año de los alimentos y el índice de precios de otros bienes promedio para el año (t). La expresión es la siguiente:

$$\log c_t = \log k_t + \log I + \delta \log n \quad (25)$$

3. *Modelo de Demanda con Sistema Lineal del Gasto (MSLG)*².

Stone (1954) y (1.972), Stone, Brown y Rowe (1965), Pollak y Wales (1969), Phillips (1974), Deaton (1975) y Barten (1977) han empleado este modelo para estudios de la demanda, principalmente debido a que ofrece una interpretación en virtud a que el gasto es proporcional al precio y al ingreso. A su vez, el modelo distingue entre el consumo básico o necesario y el consumo suntuario, para lo cual divide lo que queda del gasto (una vez descontado el gasto de subsistencia) entre los diferentes bienes en proporciones fijas.

En este modelo la cantidad x_i^0 corresponde al consumo mínimo de cada uno de los bienes que conforman el modelo y se expresa como:

$$p_i x_i = p_i x_i^0 + \beta_i \left(I - \sum_{k=1}^n p_k x_k^0 \right) \quad (26)$$

donde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$x_i - x_i^0 > 0$$

$$0 < \beta_i < 1$$

$$\sum \beta_i = 1$$

4. *Modelo con Aproximación Lineal al Sistema de Demanda Casi Ideal (AL-SDCI)*.

Deaton y Muellbauer (1980) desarrollaron inicialmente el Sistema de Demanda Casi Ideal (SDCI)³, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$w_i = \alpha_i + \sum_k \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{I}{P} \right) \quad (27)$$

2 En inglés: Linear Expenditure System (LES).

3 En inglés: Almost Ideal Demand System (AIDS).

donde:

P es el índice de precios definido por:

$$\text{Log}P = \alpha_0 + \sum \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_{\ell} \gamma_{k\ell} \log p_{\ell} \quad (28)$$

Y como parámetro γ definido por:

$$\gamma_{ij} = \frac{1}{2} (\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*) = \gamma_{ji} \quad (29)$$

El SDCI satisface las condiciones de suma alzada, homogeneidad y simetría, es muy cercano a ser un modelo lineal, y por lo tanto puede ser estimado ecuación por ecuación utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Los parámetros β permiten establecer de manera directa cuáles bienes son lujosos y cuáles son necesarios, y el parámetro γ mide el cambio en la proporción del gasto ante un cambio en el índice de precios.

Hahn (1994) menciona que la especificación del índice de precios, como se define en la ecuación (28), implica un modelo econométrico no lineal que complica su estimación, motivo por el cual los propios Deaton y Muellbauer (2006) propusieron reemplazar este índice de precios por el propuesto por Stone (1954). Este tipo de modelos se conoce como Aproximación Lineal al Modelo SDCI (AL-SDCI)⁴.

Otro inconveniente en la aplicación de modelos AL-SDCI, consiste en la dificultad de estimarlo por cuanto la participación de cada bien en el gasto actúa entonces como variable dependiente e independiente al mismo tiempo. Para resolver este inconveniente, Hahn (1994) plantea dos alternativas: 1) calcular el modelo de manera simultánea, y 2) calcular el modelo introduciendo un rezago en la participación (w_i).

De acuerdo con estas y otras variantes, el AL-SDCI se ha aplicado en diferentes estudios, algunos de los cuales han estado relacionados con el tema del presente artículo. Ejemplos de estas aplicaciones son las siguientes:

Eales y Laurean (1988) aplicaron este modelo al estudio de la demanda de productos de carne y pollo poniendo especial énfasis en la separabilidad de los productos y el cambio estructural del mercado. El método utilizado para estimar el modelo fue el RANR (Zellner, 1962).

Gao, Wailes y Cramer (1997) lo aplicaron para la determinación de la preferencia de los consumidores por el consumo de carne, analizando el cambio en las pre-

4 En inglés: Linear Aproximation to AIDS (LA-AIDS).

ferencias en dos períodos de tiempo, donde para la interpretación del modelo se emplea el método de Múltiple Indicador y Múltiple Causa (MIMC). Golan, Perloff y Shen (2001) lo utilizaron para determinar la demanda de carne en México, para lo cual calcularon el modelo utilizando la estimación denominada Máxima Entropía Generalizada, que es una aproximación para sistemas de muchas ecuaciones con restricciones de tipo no negativas.

En Colombia, ha sido aplicado en diferentes estudios. Galvis (2000) realizó una aplicación para la demanda de carnes denominado “La demanda de carnes en Colombia: Un análisis econométrico” empleando, como se mencionó anteriormente, el índice de precios propuesto por Stone (1962), y especificado por:

$$\text{Log}P = \sum_i w_i \log p_i \quad (30)$$

Donde las elasticidades se expresan de la siguiente forma, de acuerdo con el análisis realizado por Cai, Brown, Wan y Longworth (1998):

Elasticidad ingreso:

$$\eta_i = 1 + \frac{\beta_i}{w_i} \quad (31)$$

Elasticidad precio de la demanda:

$$\varepsilon_i = -1 + \frac{\gamma_{ii}}{w_i} - \beta_i \quad (32)$$

Elasticidad precio cruzado:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \beta_i \frac{w_j}{w_i} \quad (33)$$

La estimación de Galvis se realizó para el período 1970-1998 para los bienes: carnes de res, cerdo y pollo. Los resultados obtenidos por Galvis se presentan en la Tabla N° 4.

TABLA N° 4

Resultados de la estimación del modelo AL-SDCI obtenidos por Galvis para la demanda de carnes en Colombia*

Clase de bien	Constante	Precio carne de res	Precio carne de pollo	Precio carne de cerdo	Ingreso	R ²
Res	2,55 (39,94)	-0,31 (-9,42)	0,21 (9,58)	0,093	-0,17 (-27,31)	0,97
Pollo	-2,03 (-23,6)	0,21 (9,58)	-0,18 (-6,51)	-0,03	0,20 (24,71)	0,96
Cerdo	0,47	0,093	-0,03	-0,062	-0,036	

* Estadístico *t* entre paréntesis.

Fuente: Galvis (2000).

2. HIPÓTESIS DEL MODELO

Las siguientes hipótesis están centradas en la rivalidad existente entre los principales tipos de proteína de origen animal (res, cerdo, pollo y huevo) que se consume en Colombia, sujeto a la asignación de recursos representados por CH:

1. Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la demanda es inversamente proporcional a su precio.
2. Las carnes de pollo y cerdo son bienes sustitutos para el mercado de la carne de res.
3. El huevo es un sustituto de los principales tipos de proteína cárnica que se consumen en Colombia, es decir, de las carnes de res, cerdo y pollo.
4. Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales, en consecuencia su DO es directamente proporcional con la variable de riqueza adoptada (CH).
5. Las carnes de res, cerdo y pollo son bienes necesarios, por lo tanto se espera que presenten una tendencia inelástica.

3. APLICACIÓN DE LOS MODELOS AL MERCADO DE LA CARNE EN COLOMBIA 2000-2007

Para la aplicación de los diferentes modelos considerados en la sección anterior, se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

1. Información mensual del IPC publicado por el DANE, siendo p_1 , el índice de precios para la carne de res; p_2 el índice para la carne de cerdo; p_3 el índice para la carne de pollo, y p_4 el índice de precio del huevo.
2. Información trimestral del CH publicado por el DANE.
3. Información mensual del sacrificio de ganado vacuno publicado por el DANE (x_1).
4. Información mensual del sacrificio de ganado porcino publicado por el DANE (x_2).
5. Información mensual del sacrificio de pollo publicado por Federación Nacional de Avicultores (FENAVI) (x_3).
6. Información mensual de la producción de huevo publicado por FENAVI (x_4).

Con esta información se construyó la base de datos, para lo cual se transformaron los datos trimestrales del CH en datos mensuales mediante una distribución lineal.

Para denominar los coeficientes, se empleó la siguiente notación:

$$C_{ij}$$

donde:

- (i) primer dígito identifica el bien asociado al coeficiente, y
- (j) segundo dígito identifica el número de rezagos tenidos en cuenta para la variable explicativa, donde j va desde 0 hasta 12.

3.1. MODELOS DE DEMANDA SIMPLES (MDS)

Para la serie 2000-2007 se realizaron las regresiones de los MDS en el aplicativo *e-views*®. En las siguientes tablas se presentan los resultados tomando como base los estadísticos de ajuste R^2 y *Durbin-Watson*.

TABLA N° 5

Cuadro comparativo de resultados de MDS para carne de res como variable independiente

Modelo	R^2	Durbin-Watson
Lineal	0,760000	2,180000
Logarítmico	0,795000	2,268000
Semilogarítmico	0,800000	2,264600
Semilogarítmico inverso	0,785700	2,220000
Semilogarítmico en recíproco	0,793000	2,220000

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

Por lo tanto, para la DO de carne de res el modelo de demanda simple que presenta mejor ajuste es el semilogarítmico, al tener un R^2 más alto y el *Durbin-Watson* más cercano a 2.

Tabla N° 6

**Cuadro comparativo de resultados de MDS
para carne de cerdo como variable independiente**

Modelo	R^2	Durbin-Watson
Lineal	0,910000	1,440000
Logarítmico	0,892000	1,550000
Semilogarítmico	0,863700	1,710300
Semilogarítmico inverso	0,892700	1,589700
Semilogarítmico en recíproco	0,899202	1,499640

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

Para la carne de cerdo el modelo semilogarítmico ofrece el mejor ajuste por cuanto tiene un R^2 alto, no obstante ser el menor de todos, pero su estadístico *Durbin-Watson* es el más alto, lo cual nos indica que no tiene inconvenientes de autocorrelación.

Tabla N° 7

**Cuadro comparativo de resultados de MDS para carne de pollo
como variable independiente**

Modelo	R^2	Durbin-Watson
Lineal	0,940000	1,610000
Logarítmico	0,945000	1,605000
Semilogarítmico	0,946000	1,410000
Semilogarítmico inverso	0,949000	1,446422
Semilogarítmico en recíproco	0,946932	1,509084

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

De acuerdo con la Tabla N° 7, los diferentes tipos de ecuación son coincidentes en sus resultados en lo que al ajuste se refiere. En cuanto al estadístico *Durbin-Watson* se aprecia una mayor dispersión, no obstante ser relativamente baja. En consecuencia se selecciona el modelo lineal por cuanto tiene el estadístico *Durbin-Watson* más alto.

Finalmente, para el caso del huevo, en la Tabla N° 8 se presentan los resultados:

Tabla N° 8

Cuadro comparativo de resultados de MDS del huevo como variable independiente

Modelo	R ²	Durbin-Watson
Lineal	0,890000	0,360000
Logarítmico	0,917000	0,486000
Semilogarítmico	0,828000	0,370000
Semilogarítmico inverso	0,834742	0,365254
Semilogarítmico en recíproco	0,835900	0,331491

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

Como se puede apreciar en la Tabla N° 8, coincidentemente con lo que se ha expuesto, para el huevo el estadístico *Durbin-Watson* resulta bastante bajo en todos los casos, lo que hace prever un problema de autocorrelación, por lo tanto no se considera este método apropiado para analizar este bien. No obstante, la autocorrelación se puede evitar realizando ajustes en el modelo inicial.

A partir de los MDS seleccionados se presenta en la Tabla N° 9 un cuadro comparativo de los coeficientes correspondientes a cada uno de éstos modelos.

Tabla N° 9

Cuadro comparativo de coeficientes para los diferentes tipos de proteína de acuerdo con los MDS

Variable	coef.	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
		Modelo semilogarítmico	Modelo semilogarítmico	Modelo lineal
Variable de residuos	C(0)	-1.740.000.000	-198.000.000	-19.866.752
Carne de res con rezago 0	C(100)	-33.760.767	-17.980.881	
Carne de res con rezago 1	C(101)		18.702.940	
Carne de res con rezago 3	C(103)			150.576
Carne de cerdo con rezago 0	C(200)	138.000.000	-12.785.479	-117.355
Carne de cerdo con rezago 1	C(201)	-166.000.000		
Carne de cerdo con rezago 11	C(211)			231.020
Carne de pollo con rezago 0	C(300)			209.802
Carne de pollo con rezago 8	C(308)	36.871.694		
Huevo con rezago 0	C(400)	25.202.660	12.290.513	211.685
Huevo con rezago 2	C(402)		-10.156.414	-176.624
Precios otros bienes rezago 0	C(500)	-79.234.305	24.601.984	-413.551
Consumo hogares con rezago 0	C(600)	144.000.000	-31.024.053	15
Consumo hogares con rezago 1	C(601)		39.747.663	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla N° 9, se puede concluir los siguiente:

1. La DO de las carnes de cerdo y res se comportan como bienes sustitutos.
2. La DO de las carnes de pollo y res están directamente relacionadas, presentándose un rezago en la respuesta del precio del pollo con relación a cambios en el precio de la carne de res.
3. La DO de la carne de cerdo es indiferente a los cambios en el precio de la carne de pollo, en tanto que para la DO de la carne de pollo sí es importante el precio de la carne de cerdo.
4. El huevo se comporta como un bien complementario para cada una de las tres DO de carnes analizadas (cerdo, pollo y res).
5. Un incremento en el CH incide positivamente en la DO de las carnes de pollo y res, en tanto que su influencia es negativa para la DO de carne de cerdo, la cual sólo reacciona positivamente un mes más tarde.

3.2. MODELOS DE DEMANDA CON SISTEMAS DE ECUACIONES (MSE)

3.2.1. MODELO CON SISTEMA DE ECUACIONES LINEAL (MSEL)

Con las variables ya definidas y utilizando el método RANR, para el período comprendido entre enero de 2000 hasta diciembre de 2007, se elabora un MSEL, en el cual no se incluye la ecuación para la DO de huevo, teniendo en cuenta que en los análisis desarrollados a partir de los MDS se encontró que los diferentes modelos registran un estadístico *Durbin-Watson* muy bajo con respecto al esperado, lo que indica que presentan inconvenientes de autocorrelación. En consecuencia el sistema de ecuaciones está considerado para las demandas de carnes de res, cerdo y pollo. No obstante, en las variables explicativas se mantuvo el precio del huevo por tratarse de una variable significativa.

Los coeficientes calculados con este modelo son los que se relacionan en la Tabla N° 10.

Se aprecia entonces, de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla N° 10, que la carne de cerdo se comporta como sustituto de la carne de res, y el pollo es sustituto del cerdo. Por otra parte, el precio de la carne de pollo no incide en la DO de la carne de res ni de la de cerdo, en tanto que el huevo es complementario de éstos dos tipos de carnes.

TABLA N° 10
Resumen de los coeficientes del MSEL

Variable	coef.	Sistema Ecuaciones Lineal		
		Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
Variable de residuos	C(0)	14.465.954	-15.389.927	-20.094.790
Carne de res con rezago 0	C(100)	-282.567	-43.415	
Carne de res con rezago 3	C(103)		51.973	151.350
Carne de cerdo con rezago 0	C(200)	998.316	211.043	-110.577
Carne de cerdo con rezago 1	C(201)	-1.115.700	-329.595	
Carne de cerdo con rezago 11	C(211)			201.450
Carne de pollo con rezago 0	C(300)			192.788
Huevo con rezago 0	C(400)	175.965	56.228	212.542
Huevo con rezago 2	C(402)		-67.438	-186.899
Precios otros bienes con rezago 0	C(500)	-1.626.701	261.534	-370.231
Precios otros bienes con rezago 1	C(501)	1.358.987		
Consumo hogares con rezago 0	C(600)	29	-6	15
Consumo hogares con rezago 2	C(602)		7	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

Así mismo, se encuentra que el precio de la carne de cerdo incide en la DO de las carnes de res y cerdo del mes siguiente. En cuanto al precio de los otros bienes se refiere, tanto la carne de res como la de pollo se comportan como sustitutas, mientras que el cerdo es un bien complementario. De manera similar se observa con respecto al CH, según el cual, cuando éste es alto, se aumenta el consumo de la carne de res y de pollo, en tanto que se reduce el consumo de cerdo, registrando un incremento un mes después.

3.2.2. MODELO CON SISTEMA DE ECUACIONES LOGLINEAL (MSELL)

Para el caso colombiano se ha aplicado un modelo semejante con base en las variables consideradas para los estudios anteriores, que resulta bastante similar al considerado por Tobin (1950), salvo que no se tiene en cuenta el número de personas que conforman la familia. En este orden de ideas, el ingreso disponible de las familias se asume como el CH, la variable k se considera como los índices de precios de las fuentes de proteína consideradas (carnes de res, cerdo y pollo, y el huevo), donde al considerar los diferentes rezagos se le ha dado de igual manera un carácter dinámico al modelo.

Para el MSELL, al igual que en los anteriores, se excluyó el huevo por cuanto nuevamente el estadístico *Durbin-Watson* resulta bastante bajo (0,34), evidenciando nuevamente problemas de autocorrelación.

En la Tabla N° 11 se presentan los coeficientes obtenidos con el MSELL, según los cuales se puede apreciar, nuevamente, que para la carne de cerdo, la de res es un sustituto, en tanto que para la carne de res, el precio de la de cerdo es un parámetro a seguir para determinar su precio, así como la tendencia que trae del mes anterior la carne de res. Para este modelo, a diferencia de los anteriores, el precio del pollo sí incide en el precio de la carne de res, pero con un efecto de ocho meses de diferencia, lo que puede obedecer a algún tipo de respuesta estacional. En cuanto al precio de los otros bienes, se da el efecto sustitución con los tres tipos de proteína analizados. Así mismo, el CH es un factor que influye positivamente en la DO de carne de res y de pollo, no siendo así para el caso de la carne de cerdo, donde, como se evidenció en los modelos anteriores, el efecto es negativo sobre la demanda observada de este bien en particular.

TABLA N° 11

Coeficientes del MSELL

Variable	coef.	Sistema de Ecuaciones Loglineal		
		Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
Variable de residuos	C(0)	-5,25	-38,94	6,57
Carne de res con rezago 0	C(100)	-0,52	-1,34	0,20
Carne de cerdo con rezago 0	C(200)	1,66	-2,63	
Carne de cerdo con rezago 1	C(201)	-1,96		
Carne de cerdo con rezago 8	C(208)			0,64
Carne de pollo con rezago 3	C(303)		3,06	
Carne de pollo con rezago 7	C(307)			-0,51
Carne de pollo con rezago 8	C(308)	0,40		
Huevo con rezago 0	C(400)	0,39	1,17	0,98
Huevo con rezago 1	C(401)			-0,48
Precios otros bienes con rezago 0	C(500)	-3,14	-12,88	-2,65
Precios otros bienes con rezago 1	C(501)	2,18	14,49	2,38
Consumo hogares con rezago 0	C(600)	1,85	-4,86	0,56
Consumo hogares con rezago 8	C(608)		7,85	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

3.2.3. MODELO DE DEMANDA CON SISTEMA LINEAL DEL GASTO (MSLG)

En este modelo la cantidad x_i^o se asume como la mínima cantidad consumida de cada uno de los bienes en el período histórico analizado.

Teniendo en cuenta que se trata de un modelo basado en el gasto, la variable p se refiere al precio de cada uno de los bienes y , como en los modelos anteriores, la variable I se asume como el CH.

En este caso, como en los anteriores, se excluye la DO del huevo en las ecuaciones para fines comparativos, a pesar de haber alcanzado un estadístico *Durbin-Watson* de 0,95, muy superior a los obtenidos con los modelos anteriores, sigue siendo bajo con respecto de un resultado cercano a dos. De igual manera, tampoco se tuvo en cuenta el precio de los otros bienes por cuanto no se dispone de información suficiente para tal efecto.

En la Tabla N° 12 se presentan los coeficientes resultantes del MSLG, a partir de los cuales se realiza el análisis correspondiente al comportamiento de las diferentes variables de gasto, acorde con la estructura de este.

TABLA N° 12
Coefficientes del MSLG

Variable	coef.	Modelo Lineal del Gasto		
		Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
Variable de residuos	C(0)			
Carne de res con rezago 0	C(100)		0,17	0,18
Carne de cerdo con rezago 0	C(200)	2,98		0,97
Carne de pollo con rezago 0	C(300)	0,97		
Carne de pollo con rezago 1	C(301)		0,10	
Huevo con rezago 0	C(400)	-2,98	0,56	
Huevo con rezago 1	C(401)			0,45
Consumo hogares con rezago 0	C(600)	0,13	-0,03	
Consumo hogares con rezago 3	C(603)			0,02

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

En este caso los resultados son algo diferentes a los obtenidos con los modelos anteriores. De acuerdo con los coeficientes de la Tabla N° 12, el gasto en carne de res se incrementa con un aumento generalizado del CH incluido el gasto en carnes de res y pollo. Solo para el caso del huevo se aprecia un efecto sustitución. El gasto en carne de cerdo se comporta de manera inversa al CH.

En la carne de pollo todas las variables consideradas tienen un efecto positivo sobre su consumo, lo cual resulta novedoso con respecto a los resultados obtenidos anteriormente.

3.2.4. MODELO CON APROXIMACIÓN LINEAL AL SISTEMA DE DEMANDA CASI IDEAL (AL-SDCI)

Se empleó un modelo del tipo AL-SDCI, el cual se expresa se la siguiente manera:

$$w_i = \alpha_i + \sum_k \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \left[\log(ch) - \sum_{j=1}^N w_j * \log(p_j) \right] \quad (34)$$

Las funciones DO determinadas son:

1. Para la carne de res;

$$W_1 = -1,75 - 0,016445 * \log P_1 + 0,090229 * \log P_2 - 0,03930 * \log P_3 + 0,150596 * \{ch - [w_2 * \log P_2 + w_3 * \log P_3 + W_4 * \log P_4 + W_5 * \log P_5]\}$$

2. Para la carne de cerdo:

$$W_2 = -1,460415 + 0,017896 * \log P_1 - 0,01987 * \log P_2 + 0,101136 * \log P_3 + 0,097818 * \{ch - [w_1 * \log P_2 + w_3 * \log P_3 + W_4 * \log P_4 + w_5 * \log P_5]\}$$

3. Para la carne de pollo:

$$W_3 = -1,514158 + 0,027447 * \log P_1 - 0,01950 * \log P_2 + 0,104997 * \log P_3 + 0,099314 * \{ch - [w_1 * \log P_1 + w_2 * \log P_2 + W_4 * \log P_4 + w_5 * \log P_5]\}$$

Al igual que en los modelos anteriores, se corre el modelo utilizando en método RANR cuyos resultados se pueden apreciar en la Tabla N° 13.

TABLA N° 13

Resultados de la estimación del modelo AL-SDCI para la demanda observada de carnes en Colombia 2000-2007*

Bien	Constante	Precio carne de res	Precio carne de pollo	Precio carne de cerdo	Ingreso	R ²
Res	-1,75 (-27,3)	-0,016445 (-2,025)	0,090229 (6,909)	-0,03930 (-5,169)	0,150596 (2,1468)	0,97
Pollo	-1,514158 (-7,609295)	0,027447 (4,05)	0,104997 (6,169)	-0,01950 (-1,9895)	0,099314 (6,2259)	0,90
Cerdo	-1,460415 (-11,25)	0,017896 (6,345)	0,101136 (8,204)	-0,01987 (-2,89)	0,097818 (10,07)	0,78

* Estadístico *t* entre paréntesis.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

A partir de los coeficientes presentados en la Tabla N° 13 y teniendo como referencia los resultados obtenidos por Galvis (2000)⁵, se resaltan las siguientes conclusiones:

1. *FDO de carne de res*. Se confirman los signos para los coeficientes asociados al precio de la carne de res y del pollo, en tanto que los asociados con el precio de la carne de cerdo y el ingreso cambian de signo.
2. *FDO de la carne de pollo*. Se confirmaron los signos de los coeficientes de los precios de las carnes de res, cerdo, y del ingreso.
3. *FDO de la carne de cerdo*. Los coeficientes asociados con el precio de las carnes de res y cerdo mantuvieron su signo, en tanto que se presentaron cambios de signo el precio del pollo y del ingreso.

Los cambios registrados en los signos de los coeficientes pueden estar asociados a fluctuaciones en los mercados de cerdo y pollo, gracias a los procesos de modernización y optimización productiva que han sufrido estos sectores en los últimos años.

3.3. SELECCIÓN DEL MODELO

En las secciones anteriores se ha realizado una revisión teórica y práctica de cada uno de los modelos considerados. A partir de cada uno de ellos se han obtenido conclusiones para cada uno de los mercados objeto de estudio (carnes de res, cerdo, pollo y huevo).

Sin embargo, se observan ciertas diferencias en las conclusiones obtenidas a partir de cada uno de los modelos analizados, lo que genera incertidumbre frente a cuál refleja mejor la realidad del mercado de carnes en Colombia. Para tal efecto, se han establecido como variables de comparación las siguientes:

1. Ajuste del modelo y contraste de incorrelación.
2. Coeficientes de regresión.
3. Teoría económica.

3.3.1. AJUSTE DEL MODELO Y CONTRASTE DE INCORRELACIÓN

El ajuste del modelo está representado por el estadístico R^2 , que es una medida estadística que establece la capacidad que tiene el modelo de regresión para predecir los valores de la variable endógena dentro del período considerado 2000-2007.

5 Véase Tabla N° 4

Por otra parte, el contraste de incorrelación se representa por el estadístico *Durbin-Watson*, el cual sirve para determinar si en el modelo de regresión se presentan autocorrelaciones que pueden afectar la precisión del modelo.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de este par de estadísticos:

TABLA N° 14

Comparativo de estadísticos para cada uno de los modelos econométricos analizados

Estadístico	Ecuaciones Simples			Sistema Ecuaciones Lineales			Sistema Ecuaciones Log Lineal			Modelo Lineal del Gasto			Modelo AL-SDCI		
	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
R^2	0,8	0,86	0,94	0,76	0,91	0,95	0,81	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,97	0,79	0,91
<i>Durbin-Watson</i>	2,26	1,71	1,61	2,18	1,52	1,61	2,30	1,47	1,57	1,35	1,42	1,67	1,16	1,19	1,12

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla N° 14, los niveles de ajuste medidos por el estadístico R^2 son, en todos los casos, adecuados, reflejando que todos los modelos analizados se comportan de manera bastante aproximada a la realidad del comportamiento de los mercados de carnes considerados.

En cuanto al estadístico *Durbin-Watson* se refiere, el modelo AL-SDCI presenta los menores estadísticos, en tanto que los más altos se observan entre el MSELL y el MSEL. No obstante, si se considera un valor de 2 como óptimo y un valor de 0 como un valor que denota claramente problemas de autocorrelación, se puede establecer que los valores del estadístico *Durbin-Watson* están, en todos los casos, más cercanos a 2 que a 0, por lo tanto no se podría descartar un modelo en particular por esta razón.

3.3.2. COEFICIENTES DE REGRESIÓN

Con el fin de garantizar que las variables sean efectivamente significativas para explicar el comportamiento de la variable endógena se estableció una significancia mínima del 90%.

Cada uno de estos coeficientes, para cada uno de los modelos analizados, refleja el cambio que experimenta la variable endógena ante un cambio en la correspondiente variable explicativa. En la Tabla N° 15 se presentan, a manera de resumen,

cada uno de los signos asociados a estos coeficientes de las variables explicativas. Es importante anotar que éstos servirán más adelante para verificar la consistencia de los resultados con la teoría económica en general y con la teoría del consumidor en particular, específicamente en lo que se refiere a la respuesta de los consumidores ante la variación de los precios de los bienes y ante la variación de la riqueza, definida como CH.

TABLA N° 15

Comparativo de coeficientes de los modelos econométricos analizados

Variable explicativa del modelo	Ecuaciones Simples			Sistema Ecuaciones Lineal			Sistema Ecuaciones Loglineal			Modelo Lineal del Gasto			Modelo AL-SDCI			Resultado esperado		
	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo
Variable de residuos	-	-	-	+	-	-	-	-	+				-	-	-			
Precio carne de res con rezago 0	-	-		-	-		-	-	+		+	+	-	+	+	-	+	+
Precio carne de res con rezago 1		+											+					
Precio carne de res con rezago 3			+		+	+												
Precio carne de cerdo con rezago 0	+	-	-	+	+	-	+	-		+	+	-	-	-	+	-	+	
Precio carne de cerdo con rezago 1	-			-	-		-											
Precio carne de cerdo con rezago 8									+									
Precio carne de cerdo con rezago 11			+			+												
Precio carne de pollo con rezago 0			+			+				+			+	+	+	+	+	-
Precio carne de pollo con rezago 1											+							
Precio carne de pollo con rezago 3									+									
Precio carne de pollo con rezago 7									-									
Precio carne de pollo con rezago 8	+						+											
Precio huevo con rezago 0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+					-	-	-

Continúa

Variable explicativa del modelo	Ecuaciones Simples			Sistema Ecuaciones Lineal			Sistema Ecuaciones Loglineal			Modelo Lineal del Gasto			Modelo AL-SDCI			Resultado esperado			
	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	Demanda carne de res	Demanda carne de cerdo	Demanda carne de pollo	
Precio huevo con rezago 1								-				+							
Precio huevo con rezago 2		-	-		-	-													
Precio otros bienes con rezago 0	-	+	-	-	+	-	-	-	-								-	-	-
Precio otros bienes con rezago 1				+			+	+	+										
Consumo hogares con rezago 0	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	
Consumo hogares con rezago 1		+																	
Consumo hogares con rezago 2					+														
Consumo hogares con rezago 3												+							
Consumo hogares con rezago 8								+											

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

3.3.3. LA TEORÍA ECONÓMICA

La primera consideración, de acuerdo con la teoría económica, es que el precio propio está inversamente relacionado con la cantidad, es decir, a mayor precio menor demanda, y viceversa. En la Tabla N° 15 esta situación se ve reflejada en cada uno de los modelos para las demandas de las carnes de res y cerdo. Para el caso de la DO de la carne de pollo, en todos los casos esta relación es positiva.

En segundo lugar, de acuerdo con la teoría económica, se espera que la DO de un bien se incremente con el aumento del ingreso. En la Tabla N° 15 se aprecia que esta consideración se cumple solo en el caso del modelo AL-SDCI en los otros modelos se cumple para las demandas de carne de res y de pollo, y es contraria en el caso de la DO de carne de cerdo.

Con respecto a la relación con los precios de los otros bienes, se espera una relación inversa, por cuanto estos compiten con cada bien en particular por los recursos disponibles. Esta premisa se cumple totalmente en el caso del MSELL. En el caso del

huevo, se comporta como bien complementario en prácticamente todos los sistemas, con excepción únicamente del modelo lineal del gasto.

MODELO CON ECUACIONES SIMPLES

Criterio económico	Observación
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la DO es inversamente proporcional a su precio.	Se cumple para las carnes de res y cerdo. Para el caso de la carne de pollo no se cumple.
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales, en consecuencia su DO se comporta de manera directamente proporcional con CH.	Se cumple para las carnes de res y de pollo. Para el caso de la carne de cerdo con rezago 0 no se cumple, en tanto que se cumple para la carne de cerdo con rezago 1.

MODELO DE DEMANDA OBSERVADA CON SISTEMA DE ECUACIONES LINEAL

Criterio económico	Observación
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la DO es inversamente proporcional a su precio.	Se cumple para el caso de la carne de res. No se cumple para el caso de las carnes de cerdo y pollo.
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales. En consecuencia su demanda observada se comporta de manera directamente proporcional con la CH.	Se cumple para las carnes de res y pollo, en tanto que para la carne de cerdo no se cumple.

MODELO DE DEMANDA OBSERVADA CON SISTEMA DE ECUACIONES LOGLINEAL

Criterio económico	Observación
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la DO es inversamente proporcional a su precio.	Se cumple para la carne de res y de cerdo. Para la carne de pollo se cumple con respecto al precio propio con rezago 7.
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales. En consecuencia su DO es directamente proporcional con CH.	Se cumple para las carnes de res y pollo. No se cumple para la carne de cerdo.

MODELO DE DEMANDA CON SISTEMA LINEAL DEL GASTO

Criterio económico	Observación
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la DO es inversamente proporcional a su precio.	No se cumple. El precio resulta en todos los casos no significativo.
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales. En consecuencia su demanda observada es directamente proporcional al CH.	Se cumple para la carne de res, en tanto que no se cumple para la carne de cerdo. Para la carne de pollo se cumple con respecto al precio propio con rezago 3.

MODELO DE DEMANDA OBSERVADA CON MODELO AL-SDCI

Criterio económico	Observación
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales, y por lo tanto la DO es inversamente proporcional a su precio.	Se cumple para carnes de res y cerdo. No se cumple para carne de pollo
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales. Por lo tanto su DO se comporta de manera directamente proporcional con el CH.	Se cumple en todos los casos.

3.3.4. MODELO SELECCIONADO

Todos los modelos considerados, desde el punto de vista econométrico, son válidos para analizar el comportamiento del mercado de carnes de res, cerdo y pollo para Colombia. No obstante, se observa, desde el punto de vista de la teoría económica, que el AL-SDCI reporta los resultados más cercanos respecto a los esperados, en términos de su congruencia con la teoría económica y su solidez estadística determinada por el nivel de ajuste del modelo, el contraste de incorrelación y el coeficiente de regresión, según lo expuesto en las secciones anteriores.

4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DEL MODELO

En la Tabla N° 16 se lleva a cabo la verificación correspondiente de validez de las hipótesis formuladas en la sección 2, y de manera paralela se realiza la comparación con los resultados obtenidos por Galvis (2000).

TABLA N° 16

Verificación de hipótesis según Galvis (2000) e investigación

Hipótesis	Resultados Galvis (2000) Datos anuales, período 1970-1998. Proxy de Ingreso: PIB	Resultados investigación Datos mensuales período 2000-2007. Proxy de Ingreso: consumo de los hogares
Los bienes considerados (carnes de res, cerdo y pollo) son bienes normales y por lo tanto la demanda observada es inversamente proporcional a su precio.	Se cumple para todos los casos.	Se cumple para la carne de res y de cerdo. No se cumple para la carne de pollo.
Las carnes de pollo y cerdo son bienes sustitutos para el mercado de la carne de res.	No se cumple. Las carnes de cerdo y pollo son complementarios de la carne de res.	Se cumple con la carne de cerdo. No se cumple con la carne de pollo.
El huevo es un sustituto de los principales tipos de proteína cárnica que se consumen en Colombia, es decir de las carnes de res, cerdo y pollo.	No se cumple, la variable huevo no es significativa.	No se cumple, la variable huevo no es significativa.

Continúa

Hipótesis	Resultados Galvis (2000) Datos anuales, período 1970-1998. Proxy de Ingreso: PIB	Resultados investigación Datos mensuales período 2000-2007. Proxy de Ingreso: consumo de los hogares
Las carnes de res, cerdo y pollo se comportan como bienes normales. Por lo tanto su DO se comporta de manera directamente proporcional con el CH.	Se cumple para la carne de pollo. No se cumple para la carne de res ni para el cerdo.	Se cumple para los tres tipos de carnes.
Las carnes de res, cerdo y pollo son bienes necesarios, por lo tanto, se espera que presenten una tendencia inelástica.	La tendencia de los tres tipos de carne es inelástica.	La carne de res es el más inelástico de los bienes analizados. La de cerdo tenía un comportamiento muy elástico al inicio de la década y ha venido transformándose en un bien inelástico con el paso del tiempo. La carne de pollo al igual que el cerdo tiene una tendencia hacia ser inelástica, es un bien medianamente elástico.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE, FENAVI y GALVIS (2000).

Como se evidencia en la Tabla N° 16, los resultados obtenidos difieren parcialmente con respecto a los obtenidos por Galvis (2000). En cuanto a la verificación de hipótesis se refiere, los resultados confirman todas las hipótesis de los mercados de las carnes de res y cerdo, en tanto que no se aceptan las hipótesis de la carne de pollo con relación a que su DO es inversamente proporcional al precio y que la carne de pollo es un bien sustituto de la carne de res.

Para el caso del estudio desarrollado por Galvis (2000) se acepta la hipótesis formulada por los tres mercados analizados en cuanto a su relación inversa con relación a su precio, y no se aceptan las hipótesis de sustitución de las carnes de cerdo y pollo con respecto a la carne de res, así como tampoco se acepta la hipótesis en referencia a su relación directa con la variable de riqueza.

Los dos estudios concuerdan en el sentido que la variable huevo no es significativa para este modelo.

Teniendo en cuenta que el modelo AL-SDCI permite calcular de manera sencilla las elasticidades de la demanda observada, de precio cruzado y del ingreso, de manera tal que se puede evidenciar su comportamiento a través del tiempo, a continuación se presentan cada una de estas elasticidades para los mercados analizados, de manera gráfica, lo cual permite obtener conclusiones importantes con respecto a cada uno de los mercados analizados y entender mejor el comportamiento de las diferentes variables consideradas.

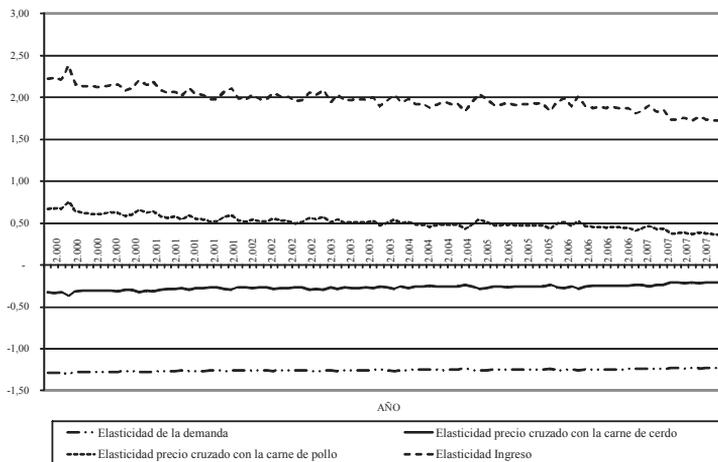
4.1. ELASTICIDADES PARA EL MERCADO DE LA CARNE DE RES

En la Gráfica N° 1 se evidencia que el mercado de la carne de res es poco sensible a las variaciones en el precio de la carne de cerdo, ligeramente más sensible ante los cambios en el precio de la carne de pollo, siendo por lo tanto mucho más elástico ante los cambios en el precio propio, y especialmente elástico ante las variaciones en la riqueza.

Es importante destacar, de acuerdo con la tendencia observada, que la elasticidad ingreso ha ido disminuyendo con el correr del tiempo. En conclusión, las principales variables que inciden en la DO de la carne de res son la riqueza y el precio propio de este bien.

GRÁFICA N° 1

Comportamiento de la elasticidad de la carne de res



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

4.2. ELASTICIDADES PARA EL MERCADO DE LA CARNE DE CERDO

Como se observa en la Gráfica N° 2, el mercado de la carne de cerdo ha venido cambiando de manera importante durante el período objeto de estudio. En el caso concreto de su relación con el precio de la carne de res, aunque su comportamiento general es de tipo inelástico, para el año 2000 se trataba de bienes complementarios, en tanto que para el año 2007 su tendencia comienza a ser de bienes sustitutos.

Por otra parte, en cuanto a su elasticidad con respecto a su precio, ésta ha ido disminuyendo con el transcurso del tiempo. No obstante, aún para el año 2007, se evidencia que la DO de la carne de cerdo es sensible ante las variaciones de su precio propio.

Con relación a la carne de pollo, estos dos bienes se comportan como complementarios, siendo la DO de la carne de cerdo muy sensible ante las variaciones del precio de la carne de pollo. Como en los casos anteriores, se evidencia una fuerte disminución de su elasticidad precio cruzado con la carne de pollo.

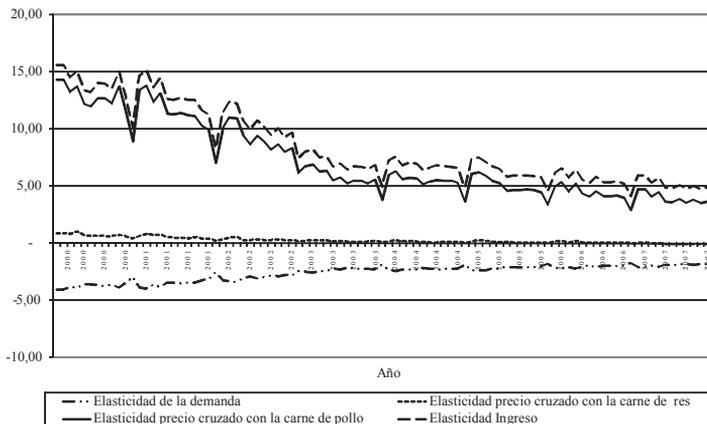
Finalmente, en lo que hace relación a su elasticidad ingreso, se observa igualmente, una fuerte disminución, especialmente en el período 2000-2003. Indudablemente, la DO de la carne de cerdo es bastante sensible frente a variaciones en la riqueza.

En conclusión, la DO de la carne de cerdo es sensible, en su orden, ante variaciones en la riqueza, el precio de la carne de pollo y su precio.

Por último, es importante destacar que para el período analizado, la DO de la carne de cerdo en la época decembrina se torna más inelástico ante las diferentes variables que inciden en su DO.

GRÁFICA N° 2

Comportamiento de la elasticidad para la carne de cerdo



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

4.3. ELASTICIDADES PARA EL MERCADO DE LA CARNE DE POLLO

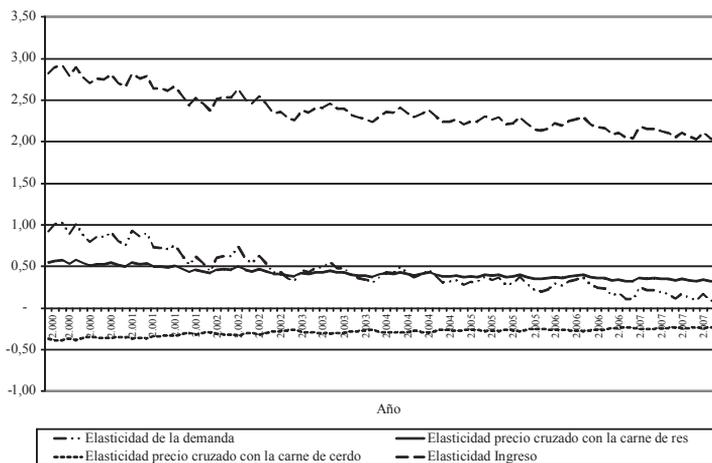
Para el caso de la carne de pollo, el cerdo se comporta como sustituto, aunque su tendencia es inelástica (valores inferiores a $-0,5$). Con respecto a la carne de res, su comportamiento es de bienes complementarios, aunque nuevamente su tendencia es de tipo inelástico por cuanto sus elasticidades a lo largo del período de análisis son inferiores a $0,5$.

En cuanto a la elasticidad de la demanda, se observa un comportamiento que no concuerda con la hipótesis de bien normal. Sin embargo, como se aprecia en la Gráfica N° 3, la tendencia es decreciente, de tal suerte que para el año 2007 se puede concluir que la DO de la carne de pollo es completamente inelástica al precio propio. Este comportamiento obedece a la introducción de cambios en los procesos productivos, específicamente en lo que se refiere al marinado de la carne de pollo, lo cual genera que gracias a la adición de un tipo de salmuera, el peso de la canal o carcaza de pollo se incremente manteniendo su nivel de precio, de esta manera, a nivel de precios relativos, dicho aumento del peso implica un incremento en el precio manteniendo la DO estable, o incluso creciente, gracias al efecto de las campañas de promoción de consumo de carne de pollo, en virtud de su posicionamiento como producto más sano por no tratarse de una carne roja.

Finalmente, con respecto a la riqueza, la DO de la carne de pollo presenta una elasticidad alta, siendo quizá la principal variable que incide en la demanda observada de este bien.

GRÁFICA N° 3

Comportamiento de la elasticidad de la carne de pollo



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información del DANE y FENAVI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo AL-SDCI se realizó el contraste de las diferentes hipótesis formuladas y se comparó, a su vez, con los resultados del estudio previo de la demanda observada de carnes en Colombia realizado por Galvis (2000).

Los resultados de esta comprobación de hipótesis entre el estudio realizado por Galvis en el año 2000 y la presente investigación, realizada en el año 2008, se resumen en la Tabla N° 16, no sin antes mencionar que estos estudios no son completamente comparables por cuanto las series de datos corresponden a períodos (datos anuales y mensuales, respectivamente) y frecuencias diferentes.

De igual manera, con base en los resultados del modelo AL-SDCI, se calcularon las diferentes elasticidades a lo largo del período de análisis (2000-2007) para cada una de las demandas de carne consideradas, de donde se establece:

1. El mercado de la carne de res es poco sensible a las variaciones en el precio de la carne de cerdo, ligeramente más sensible ante los cambios en el precio de la carne de pollo, siendo por lo tanto mucho más elástico ante los cambios en el precio propio y especialmente elástico ante las variaciones en la riqueza.
2. La DO de la carne de res es bastante estable a lo largo del período de análisis, evidenciando un mercado en su etapa de madurez, que no ha sufrido cambios estructurales en dicho período.
3. En contraposición al mercado de la carne de res, el mercado de la carne de cerdo ha venido cambiando de manera importante durante los años del estudio. En el caso concreto de su relación con el precio de la carne de res, aunque su comportamiento general es de tipo inelástico, para el año 2000 se demandaban como bienes complementarios, en tanto que para el año 2007 su relación comienza a ser de sustitución.
4. Por otra parte, se evidencia, como era de esperar, que la DO de la carne de cerdo es sensible ante las variaciones de su precio, y especialmente sensible al consumo de los hogares.
5. Desde el punto de vista de la DO de la carne de cerdo, la carne de pollo y la carne de cerdo se comportan como complementarios, siendo la DO de la carne de cerdo muy sensible ante las variaciones del precio de la carne de pollo. No obstante, desde el punto de vista de la carne de pollo, la DO de pollo se comporta como sustituto de la carne de cerdo.
6. En cuanto a la elasticidad de la DO de la carne de pollo, se ve un comportamiento que como se observa en la tabla resumen de verificación de hipótesis, no concuerda con dichas hipótesis. Sin embargo, esta tendencia es decreciente, de tal suerte que para el año 2007 se puede concluir que la DO de la carne de pollo es completamente inelástica a su precio.
7. Finalmente, para el caso de la carne de pollo, al igual que para los otros dos tipos de carnes, su DO es sensible a las variaciones en el consumo de los hogares.

De acuerdo con los cálculos realizados con el modelo AL-SDCI, el consumo de carne de res está determinado principalmente por el ingreso, dado que la elasticidad

ingreso es para el año 2007 de 1,74, seguido de la elasticidad de la demanda que para el mismo año es $-1,23$ con tendencia a -1 , como se observa en la Gráfica N° 1. Por lo tanto, es más determinante en la demanda de carne de res el nivel de riqueza de la población determinado por el CH, que el precio propio del producto.

Es claro que el CH depende de las condiciones macroeconómicas del país, su nivel de crecimiento, del nivel de inversión, de la competitividad misma, temas que son más del resorte del Estado que de un gremio en particular, motivo por el cual las energías se deben concentrar en reducir el precio del producto final para lograr un incremento del 23% en el consumo, de acuerdo con la elasticidad de la demanda calculada.

Para tal efecto, se pueden plantear diferentes estrategias, unas orientadas hacia una mayor eficiencia de la cadena cárnica y otras hacia una mayor productividad del sector.

El subsector de la carne de res se ha caracterizado en los últimos años por su estrategia de integración vertical hacia adelante, liderada por FEDEGAN. Dicha finalidad tiene por objetivo reducir el número de intermediarios entre el productor de ganado y el consumidor, con lo cual se espera hacer más eficiente la cadena cárnica y por lo tanto reducir el costo de la carne. En desarrollo de dicha estrategia, el gremio se ha lanzado hacia la construcción y operación de cinco plantas frigoríficas para el beneficio del ganado y en la construcción de diversos puntos de venta de carnes directamente al consumidor, soportados a su vez en la construcción de una imagen de marca. En el fondo de la estrategia se encuentra el objetivo de incrementar el consumo de carnes en Colombia.

Con base en los datos de las Tablas N° 1 (Producción Internacional de Carnes) y N° 2 (Inventario Bovino Internacional), se ha construido un indicador del Nivel de Producción de Carne (NPC) en función del Nivel del Inventario (NI), medido como NPC/NI. Este indicador permite comparar la productividad de los diferentes países, como se puede observar en la Tabla N° 17. De acuerdo con este indicador Colombia aún está muy por debajo de países tradicionalmente exportadores como Argentina, Australia y Estados Unidos.

TABLA N° 17

Indicador de Productividad NPC/NI

País	%
	2004
Estados Unidos	11,9%
Canadá	10,2%
Alemania	9,4%
Francia	8,1%
Rusia	7,8%

Continúa

País	%
	2004
Australia	7,4%
Nueva Zelanda	7,1%
Reino Unido	6,7%
Argentina	6,0%
China	5,7%
México	4,9%
Uruguay	4,2%
Brasil	4,0%
Colombia	3,2%
Venezuela	2,3%
India	0,8%

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo utilizando información FEDEGAN.

Resulta entonces relevante que el gremio respectivo lidere una política de desarrollo de la ganadería para que en el mediano plazo alcance los niveles de productividad internacionales, y que de esta manera, un eventual Tratado de Libre Comercio con EE.UU., se convierta en una oportunidad realmente aprovechable para el país.

Cabe resaltar que una estrategia orientada a mejorar la productividad del sector ganadero implica una mayor inversión en el sector, por ende un mayor crecimiento para el país, obteniendo beneficios para el consumidor, por cuanto una mayor productividad del sector primario conlleva una reducción importante en el precio del producto final.

Por otra parte, es importante destacar la transformación productiva que ha tenido la cadena de la carne de cerdo, sin embargo es igualmente importante orientar sus estrategias hacia la diferenciación del producto. Los datos de elasticidad de la Gráfica N° 2, muestran que su elasticidad precio cruzado con la carne de pollo es muy alta (3,64 para el año 2007), lo que conlleva a que su demanda dependa en exceso del comportamiento del mercado de la carne de pollo, lo que le resta, desde luego, impacto a las estrategias de posicionamiento y de fomento al consumo que se están implementando de este sector productivo.

Finalmente, en la Gráfica N° 3, se observa que para el sector avícola la principal variable que influye en la demanda de la carne de pollo es el ingreso. Este sector ha logrado un nivel de posicionamiento y de productividad tales, que su producto es prácticamente inelástico frente a su precio y frente al precio de las otras proteínas cárnicas. Quizá los sectores ganadero y porcícola deberían mirar con más detenimiento la trayectoria que ha llevado a cabo el sector avícola para corregir sus propias ineficiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G. & Bowley, D. (1935). *Family expenditure*. Londres: Ed. P.S. King.
- Barten, A. P. (1977). The systems of consumer demand function approach: A Review. En M. D. Intriligator (Ed.), *Frontiers of Quantitative Economics* (Vol. 3). Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- Chavas, J. P. (1983). Structural Change in the Demand for Meat. *American Journal of Agricultural Economics*, 65 (1), 148-153.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W. & Lu, L. J. (1975). Transcendental logarithmic utility functions. *American Economic Review*, 65, 367-83.
- Deaton, A. (1975). *Model and Projections of Demand in Post War Britain*. London: Chapman and Hall.
- Deaton, A. & Muellbauer, J. (1980). An almost ideal demand system. *American Economic Review*, 70, 312-336.
- Deaton, A. & Muellbauer, J. (2006). *Economic and consumer behavior* (1st ed., 2nd impression). Cambridge: Cambridge University Press.
- Diewert, W. E. (1971). An application of the Shephard Duality Theorem: A generalized Leontief production function. *Journal of Political Economy*, 79, 481-507.
- Fox, K. A. (1958). *Econometric analysis for public policy*. Iowa: State College Press.
- Galvis, A., L. A. (2000). *La demanda de carnes en Colombia: un estudio econométrico* (Documentos de Trabajo sobre Economía Regional No. 13). Bogotá: Banco de la República.
- Gao, X. M., Wailes, E. & Cramer, G. (1997). A microeconomic analysis of consumer taste determination and taste change for beef. *American Journal of Agricultural Economics*, 79 (2), 573-582.
- Hahn, W. (1994). Elasticities in AIDS Models: Comment. *American Journal of Agricultural Economics*, 76 (4), 972-977.
- Houthakker, H. S. (1965). New evidence on demand elasticities. *Econometrika*, 33, 277-288.
- Intriligator, M. D. (1990). *Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones* (1ª ed. en español). México: Fondo de Cultura Económica.
- Philips, L. (1974). *Applied consumption analysis*. Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- Pollak, R. A. & Wales, T. J. (1969). Estimation of the linear expenditure system. *Econometrika*, 37, 611-628.
- Prais, S. J. & Houthakker, (1955). *The analysis of family budgeted*. New York: Cambridge University Press.

- Shultz, H. (1938). *The theory and measurement of demand*. Chicago: University of Chicago Press.
- Stone, R. (1954). *The measurement of consumers' expenditure and behavior in the United Kingdom 1920-1938*. New York: Cambridge University Press.
- Stone, R. (1954). Linear expenditure system and demand analysis: An application to the pattern of British demand. *Economic Journal*, 64, 511-527.
- Stone, R. (1972). *A computable model of economic growth: A program for growth* (Vol.1). Cambridge: Chapman and Hall.
- Stone, R., Brown, A. & Rowe, D. A. (1965). Demand analysis projections for Britain 1900-1970. In J. Sandee (Ed.), *Europe's Future Consumption*. Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- Theil, H. (1965). The information approach to demand analysis. *Econometrica*, 33, 67-87.
- Tobin, J. (1950). A statical demand function for food in the U.S.A (Serie A, II). *Journal of the Royal Statistical Society*, 113, 113-141.
- Tryfos, P. & Thyphonopoulos, N. (1973). Consumer demand for meat in Canada. *American Journal of Agricultural Economics*, 55 (4), 647-652.
- Varian, H. R. (1992). *Análisis macroeconómico* (3ª ed.). Barcelona: Antoni Bosch.
- Wold, H. & Jureen, L. (1953). *Demand analysis*. Boston: John Wiley and Sons, Inc.
- Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57 (298), 348-368.