

# Determinantes de la oferta de carne de pollo en México de 1994 a 2021: importancia del desarrollo tecnológico y el precio de los granos forrajeros

Determinants of poultry meat supply in Mexico from 1994 to 2021: importance of technological development and feed grain prices

Álvaro Nochebuena Molina<sup>1</sup>, José Alberto García Salazar<sup>1\*</sup>, Elizabeth González Estrada<sup>1</sup>,  
Ma. del Carmen López Reyna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática.  
Texcoco, Estado de México, México. CP 56264.

nochebuena.alvaro@gmail.com; jsalazar@colpos.mx; egonzalez@colpos.mx; creyna@colpos.mx

\*Autor de correspondencia

## Resumen

La generación de valor y empleos en la producción de carne de pollo en México hace importante conocer los factores que determinan su oferta. El objetivo fue analizar la oferta de esta carne para identificar las variables que han determinado su crecimiento en los últimos años. Se usaron series de 1994 a 2021 para estimar un modelo de regresión de la oferta de carne de pollo. Los resultados indican que el progreso tecnológico explica un 104.9% del crecimiento observado en la producción de carne en el periodo de análisis. La disminución en el precio de los granos forrajeros favoreció el crecimiento de la producción en 1.79%; sin embargo, esto podría revertirse en un futuro, pues la dependencia alimentaria del país en granos determina que los cambios internacionales puedan provocar aumentos en los precios. Debido al probable aumento en el precio de los granos, es recomendable buscar el crecimiento con progreso tecnológico.

**Palabras clave:** Conversión alimenticia; elasticidad; modelo de regresión; producción; consumo.

## Abstract

The generation of value and jobs in the production of poultry meat production in Mexico makes it important to recognize the factors that determine its growth. The objective was to analyze the supply of this meat to identify the variables that have determined its growth in recent years. Time series from 1994 to 2021 were used to estimate a regression model of poultry meat supply. Results indicate that technological progress explains 104.9% of the growth observed in the production of this meat in the period of analysis. The decrease in feed grains prices favored the growth of production by only 1.79%; however, this trend could be reversed in the future since our country's food dependence on grains determines that international changes could provoke an increase in prices. Due to the probable increase in the price of grains, it is advisable to seek growth through technological progress.

**Keywords:** Feed conversion; elasticity; regression model; production; consumption.

Recibido: 13 de junio de 2023

Aceptado: 13 de septiembre de 2023

Publicado: 01 de noviembre de 2023

**Cómo citar:** Nochebuena Molina, A., García Salazar, J. A., González Estrada, E., & López Reyna M.C. (2023). Determinantes de la oferta de carne de pollo en México de 1994 a 2021: la importancia del desarrollo tecnológico y el precio de los granos forrajeros. *Acta Universitaria* 33, e3901. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2023.3901>

## Introducción

La carne de pollo es uno de los productos más importantes en el sector pecuario de México. Por el lado de la demanda, la carne de pollo presenta parámetros nutricionales que la hacen más atractiva para el consumidor respecto a otros tipos de carne, ya que aporta energía al cuerpo humano y, gracias a su aporte proteico, ayuda a la formación de tejidos. Una porción de 100 gramos de carne de pollo brinda al cuerpo humano los siguientes nutrientes: 10% de la energía que usa diariamente, 50% de proteínas, 35% de hierro y hasta un 60% del complejo vitamínico B (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023a).

En 2021, en México se consumieron 9.5 millones de toneladas de carne, siendo la de pollo la más demandada, con un consumo de 4.6 millones de toneladas, lo que representó el 47.8% del total. En ese mismo año el consumo de las carnes de cerdo, res y otras más fue de 2.7, 2.0 y 0.3 millones de toneladas, lo que representó el 28.4%, 20.8% y 3.0% del consumo total. La carne de pollo fue el producto cárnico que presentó el mayor consumo per cápita durante 2021, con 35 kilogramos anuales, seguido de la carne de cerdo, la carne de res, carnes frías y otras, con 20.8, 15.3, 8.3 y 2.2 kilogramos por año, respectivamente (Consejo Mexicano de la Carne [Comecarne], 2022).

Por el valor y los empleos que genera, la industria de la carne de pollo también es importante por el lado de la oferta. En 2021 el valor de la producción de dicha actividad fue de 128 847 millones de pesos, lo que representó el 24.4% del producto interno bruto (PIB) de la ganadería, el 10.1% del PIB agropecuario y el 0.5% del PIB nacional. En el periodo 2011-2021, el sector avícola destacó por su generación de empleos, que crecieron a un ritmo anual de 1.7%. En 2021 el sector generó 1.3 millones de empleos, de los cuales 221 mil fueron empleos directos y 1.1 millones fueron indirectos (Unión Nacional de Avicultores [UNA], 2022).

En 2021, la producción de carne de pollo en México fue de 3.7 millones de toneladas (34.2% del total de la producción pecuaria); asimismo, esta actividad fue la que más contribuyó a la producción pecuaria nacional (UNA, 2022). En el mismo año, solo cinco entidades concentraron más del 50% de la producción nacional de carne de pollo, estas fueron: Veracruz, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro y Durango, entidades que participaron con el 12.6%, 11.4%, 11.1%, 10.1% y 7.3% del total, respectivamente (SIAP, 2023b).

En el periodo de 1994 a 2021, en el cual ha tenido vigencia el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (hoy T-MEC), el consumo nacional aparente (CNA) de la carne de pollo experimentó un crecimiento de 237.8% y un crecimiento medio anual de 5.0%. En 2021, el CNA fue de 4.7 millones de toneladas, donde el 78.3% fue cubierto a través de la producción nacional y el 23% con importaciones provenientes del exterior (Comecarne, 2022; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023; SIAP, 2023b).

El fuerte crecimiento que experimentó el consumo nacional de carne fue gracias al aumento en la producción doméstica, que durante el periodo 1994-2021 creció en 191.86% a un ritmo anual de 4.4%. Si bien la producción mundial de los diferentes tipos de carnes ha experimentado un aumento, desde la década de los sesenta la producción de carne de pollo creció a un ritmo más elevado que la producción de otras carnes (Organización para la Cooperación y del Desarrollo Económico [OCDE], 2018).

Entonces, ¿qué factores explican el fuerte crecimiento de la producción de 1994 a 2021, periodo en el cual ha estado vigente la apertura comercial acordada en el TLCAN? La teoría económica sostiene que la oferta de un bien depende del precio del bien en cuestión, del precio del insumo principal usado en la producción y del cambio tecnológico, entre otros.

La UNA (2022) señala que la estructura de costos para producir una unidad de carne de pollo es la siguiente: a) alimento (62%); b) pollito (16%); c) gastos de comercialización, de ventas y de reparto (8%); d) energía eléctrica, agua y gas (5%); e) mano de obra (5%); f) medicamentos (2%); y g) gastos de administración (2%). De lo anterior se observa que el alimento balanceado representa el principal costo de producción de la carne de pollo. A su vez, una tonelada de alimento balanceado para pollo de engorda está compuesta por 469 y 454.91 kilogramos de maíz y pasta de soya, respectivamente, así como de otros ingredientes como el aceite vegetal, ortofosfato, carbonato de calcio, sal, vitaminas y metionina.

Los principales ingredientes en la alimentación de los pollos de engorda son el maíz como fuente de energía y la soya como fuente de proteína (FAO, 2013). La OCDE (2018) y la UNA (2022) señalan que el principal insumo utilizado en la elaboración del alimento balanceado para pollos de engorda es el maíz. La UNA (2022) indica que en 2021 la industria avícola en México consumió 17 millones de toneladas de alimento balanceado, de las cuales el 63% (10.7 millones de toneladas) correspondió a granos forrajeros (maíz y sorgo). En esta misma línea, el Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal (Conafab, 2022) estableció que la industria de los alimentos balanceados para animales en México durante 2021 utilizó un total de 38.7 millones de toneladas de diferentes insumos para la elaboración de alimentos balanceados, siendo el principal insumo el maíz, con un volumen de 17.6 millones de toneladas, lo que representó el 45.5% del total de insumos. Es importante destacar que el volumen de sorgo utilizado por esta industria fue de 4.2 millones de toneladas (Conafab, 2022), por lo que, aunque todo el sorgo utilizado en la industria de los alimentos balanceados para animales hubiese sido destinado a la industria avícola, este no habría logrado satisfacer su demanda. Los datos anteriores permiten establecer la primera hipótesis que se analizará en la investigación, la cual indica que la disminución de los precios de los granos forrajeros, consecuencia de la liberación comercial en el TLCAN, han sido una de las causas que explican el fuerte aumento de la producción de carne de pollo observada en los últimos años.

Otra fuente que explica el crecimiento de la producción en los últimos años es el cambio tecnológico que ha experimentado la industria avícola. La OCDE (2018) destaca que existen dos factores que dan cuenta del rápido crecimiento de la producción de carne de pollo, a saber: 1) el proceso de crecimiento de las aves es más rápido que el de otras especies y 2) el proceso productivo es más eficiente en el uso de tierra, agua y alimento. Se espera que el fuerte crecimiento observado en el periodo 1994-2021 continúe debido a que la industria avícola ha sido la más exitosa en estandarizar procesos mediante una mayor tecnificación y automatización de estos, además del desarrollo de nuevas variedades genéticas de pollos que permiten obtener mayores rendimientos; logrando así una disminución importante en sus costos de producción; estimulando la misma.

Considerando la importancia de la carne de pollo en la alimentación, el objetivo de esta investigación fue identificar los principales determinantes de la oferta de carne de pollo en México, poniendo especial atención en el desarrollo tecnológico y en el precio del alimento balanceado. La hipótesis principal considera que el crecimiento de la producción observada durante los últimos años se debe al aumento de la conversión alimenticia -lo que ha hecho más eficiente el proceso de producción de la carne de pollo- y a la disminución del precio de los granos forrajeros.

## Materiales y métodos

Para alcanzar el objetivo de la investigación se estimó un modelo econométrico de regresión lineal múltiple, el cual considera a la producción de carne de pollo como variable dependiente. Las variables independientes que fueron consideradas son el precio real al productor de la carne de pollo, el precio real al productor de la carne de cerdo como producto competitivo a la carne de pollo, el precio aproximado de los insumos por el precio real del alimento balanceado rezagado y una variable tecnológica, medida a través de la conversión alimenticia.

Para estimar el modelo se usaron series de tiempo de 1994 a 2021. La forma estadística del modelo econométrico es la siguiente:

$$QPCP_t = \beta_0 + \beta_1 PPCP_t + \beta_2 PPCC_t + \beta_3 PRAB_{t-1} + \beta_4 CA_t + u_t \quad (1)$$

donde QPCP<sub>t</sub> es la cantidad ofertada de carne de pollo en canal en el año t, en toneladas; PPCP<sub>t</sub> es el precio real al productor de carne de pollo en canal en el año t, en pesos por tonelada; PPCC<sub>t</sub> es el precio real al productor de carne de cerdo en canal en el año t, en pesos por tonelada; PRAB<sub>t-1</sub> es el precio real del alimento balanceado en el año t-1, en pesos por tonelada; CA<sub>t</sub> es la conversión alimenticia en el año t, en gramos de carne de pollo en canal por un kilogramo de alimento balanceado; y u<sub>t</sub> es el término de error aleatorio.

La formulación del modelo se basó en la teoría microeconómica, la cual indica que los cambios en la cantidad ofertada de un producto estarán en función de los cambios observados en el precio del producto, el precio de los insumos, los precios de los bienes que compiten por los mismos recursos o factores de producción y los cambios en la tecnología, lo que va a incidir en la eficiencia de la producción y, por ende, en sus costos de producción (Tomek & Kaiser, 2014).

El análisis de los efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente se realizó con el cálculo de elasticidades y cambios porcentuales en ambos tipos de variables. Para obtener los indicadores anteriores se siguió el siguiente procedimiento: a) se parte de que la variable QPCP es igual a la suma de PPCP, PPCC, PRAB y CA, y de que el valor de los parámetros β son igual a la derivada parcial de la variable dependiente en función de las variables independientes; b) se obtiene el diferencial de QPCP; c) ambos miembros de función de oferta se dividen por QPCP; y d) las cuatro variables independientes de la función de oferta se multiplican por 1 (PPCP/QPCP, PPCC/QPCP, etc.). La ecuación resultante es la siguiente:

$$\frac{dQPCP}{QPCP} = \beta_1 \frac{PPCP}{QPCP} \frac{dPPCP}{PPCP} + \beta_2 \frac{PPCC}{QPCP} \frac{dPPCC}{PPCC} + \beta_3 \frac{PRAB}{QPCP} \frac{dPRAB}{PRAB} + \beta_4 \frac{CA}{QPCP} \frac{dCA}{CA} \quad (2)$$

La ecuación 2 se puede expresar en términos porcentuales (̂) de la siguiente manera:

$$\overline{QPCP} = \varepsilon_1 \overline{PPCP} + \varepsilon_2 \overline{PPCC} + \varepsilon_3 \overline{PRAB} + \varepsilon_4 \overline{CA} \quad (3)$$

donde (̂) indica cambio porcentual o tasa de crecimiento de las variables del modelo, ε<sub>1</sub> es la elasticidad precio propia de la oferta, ε<sub>2</sub> es la elasticidad precio cruzada de la oferta, ε<sub>3</sub> es la elasticidad que relaciona la cantidad producida de la carne de pollo y el precio del alimento balanceado, y ε<sub>4</sub> es la elasticidad que relaciona la oferta de carne de pollo y la conversión alimenticia.

Para estimar la función de oferta de la carne de pollo se usaron series de tiempo en el periodo 1994-2021, las cuales se obtuvieron de fuentes oficiales de México. Del SIAP (2023b) se obtuvieron la cantidad producida de carne de pollo en canal, el precio al productor de una tonelada de carne de pollo, el precio al productor de una tonelada de carne de cerdo y los precios al productor de maíz y de la soya. Para obtener valores en términos reales, las variables monetarias fueron deflactadas con el índice nacional de precios al consumidor (INPC) base 2018, reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023).

Para obtener el precio real del alimento balanceado para pollos de engorda (PRAB), se siguió el siguiente procedimiento: a) las cantidades de maíz y soya utilizadas en la elaboración del alimento balanceado representan el 92.4% en una tonelada de alimento balanceado; b) tomando como el 100% la participación de ambos alimentos, se consideró que el maíz y la soya tienen una participación de 50.8% y de 49.2% en el alimento balanceado; c) el precio del alimento balanceado en el año  $t$  es un promedio ponderado de los precios reales al productor de maíz ( $PM_t$ ) y de la soya ( $PS_t$ ), esto es:  $PRAB = (PM_t * 0.508) + (PS_t * 0.492)$ .

Para obtener la serie de tiempo de la conversión alimenticia (CA), la cual fue utilizada como variable tecnológica, se siguió el siguiente procedimiento: a) se tomó como valor inicial el reportado por Rigolin (2014) para 1985, en este año se usaban 2.5 kilogramos de alimento balanceado para obtener un kilogramo de carne de pollo en canal; b) como valor final se tomó el reportado por la UNA (2022) para 2021, en este año se necesitaban 1.75 kilogramos de alimento balanceado para obtener un kilogramo de carne de pollo en canal; c) se decidió utilizar como valor final el reportado por la UNA (2022) porque el indicador reportado por Rigolin (2014) se actualiza cada 10 años; d) para años intermedios se estimó la cantidad necesaria de alimento balanceado para obtener un kilogramo de carne de pollo a través de la ecuación 4; e) al aplicar la tasa al valor reportado para 1985, se obtuvo el valor calculado para 1986, y así sucesivamente hasta llegar al valor reportado por la UNA para 2021; y f) con el fin de visualizar si los avances tecnológicos en este ámbito de la industria de la carne de pollo han permitido obtener más carne a partir de un kilogramo de alimento balanceado, se decidió calcular el inverso de lo previamente obtenido, encontrando así la cantidad de carne de pollo en kilogramos que se obtiene a partir de un kilogramo de alimento balanceado.

La fórmula para obtener la tasa de crecimiento de la conversión alimenticia fue la siguiente:

$$r = \left( \left( \frac{VF}{VI} \right)^{1/(n-1)} - 1 \right) * 100 \quad (4)$$

donde  $r$  es la tasa de crecimiento,  $VF$  es el valor final,  $VI$  es el valor inicial y  $n$  es el número de años de la serie de tiempo.

La estimación del modelo se realizó a través del *software* estadístico R-UCA para Windows 11 (R Core Team, 2023).

## Resultados

Los resultados del modelo se muestran en la Tabla 1. El  $R^2$  ajustado, utilizado como bondad de ajuste, fue de 0.9972, lo que indica que las variables independientes explican en un 99.72% el comportamiento de la variable dependiente.

La prueba F resultó significativa a un nivel de probabilidad menor al 1% ( $p \leq 0.01$ ), esto quiere decir que el modelo captura el comportamiento aleatorio de la variable dependiente.

Todas las variables explicativas presentaron un valor de *t* calculada mayor a la unidad, con un nivel de significancia del 5%. Se concluye que todas las variables independientes son estadísticamente significativas, siendo la variable CA la que presentó un mayor valor de *t*.

De acuerdo con el valor del estadístico Shapiro-Wilk (0.96), cuyo *p*-value fue de 0.52, se concluye que, con un  $\alpha = 0.05$ , no hay evidencia en contra del supuesto de normalidad en las perturbaciones de las observaciones.

El estadístico Durbin-Watson (D) presentó un valor de 0.65 con un *p*-value de 3.054E-07, lo cual indica que, con un  $\alpha = 0.05$ , existe autocorrelación. Sin embargo, esta situación fue resuelta a través del método Newey-West (Gujarati & Porter, 2010).

Para comprobar la ausencia de heterocedasticidad en el modelo, se llevó a cabo la prueba de Breusch-Pagan, arrojando un valor de 8.47 con un *p*-value igual a 0.075, por lo que con un  $\alpha = 0.05$  se concluye que no existe heterocedasticidad.

Por último, se aplicó la prueba de Dickey-Fuller, obteniendo un valor de -2.85 y un valor crítico de -2.62, por lo que se concluye que con un 99% de confiabilidad no se cuenta con raíz unitaria y que la serie es estacionaria.

Tabla 1. Resultados del modelo de regresión para la oferta de la carne de pollo en México, 1994-2019.

Parámetro	Intercepto	PPCP	PPCC	PRAB	CA
Estimador	-5 391 951.79	13.94	-26.55	-100.82	18 124 895.62
Error estándar	426 827.93	6.69	6.56	23.54	356 839.55
<i>t</i> calculada	-12.63	2.08	-4.04	-4.28	50.79
Significancia	$p < 2.81E-11$	$p < 0.0497$	$p < 0.0006$	$p < 0.0003$	$p < 2E-16$
Fc	43 160 ( $p < 2.2E16$ )				
R <sup>2</sup>	0.9977				
R <sup>2</sup> ajustado	0.9972				
Shapiro-Wilk	W = 0.96 <i>p</i> value = 0.52				
Durbin-Watson	DW = 0.65 <i>p</i> value = 3.05E-07				
Breusch-Pagan	BP = 8.47 <i>p</i> value = 0.075				
Dickey-Fuller	DF = -2.85				

Fuente: Elaboración propia con base en la salida de R-UCA.

Se obtuvieron los signos esperados para cada variable independiente de acuerdo con la teoría económica, obteniendo un signo positivo para el precio real al productor de carne de pollo (PPCP) y para la conversión alimenticia (CA). En cambio, se obtuvo un signo negativo para el precio real al productor de carne de cerdo (PPCC) como producto competitivo a la carne de pollo, así como para el precio real del alimento balanceado (PRAB), insumo que representa el mayor costo de producción de la carne de pollo.

De acuerdo con Tomek & Kaiser (2014), la elasticidad precio propia de la oferta mide el cambio porcentual en la cantidad ofrecida de un producto ante un cambio del 1% en el precio, *ceteris paribus*. Esta interpretación es similar para cada una de las demás variables independientes utilizadas en el modelo.

Las elasticidades estimadas se muestran en la Tabla 2. Se observa que el precio real al productor de carne de pollo en México presentó un comportamiento inelástico en la cantidad producida de carne de pollo durante el periodo de análisis, ya que ante un aumento del 1% en dicho precio, la cantidad producida de carne de pollo debería aumentar en 0.19%, respondiendo menos que proporcionalmente al incremento unitario en su precio.

Como producto competitivo a la carne de pollo, el precio real al productor de la carne de cerdo presentó una respuesta inversa e inelástica, ya que la elasticidad para esta variable fue de -0.48, lo que significa que, ante un incremento del 1% en esta variable, la oferta de carne de pollo en México se va a contraer en 0.48%, es decir, su respuesta sería menos que proporcional al incremento en el precio mencionado.

La elasticidad correspondiente al precio real del alimento balanceado fue de -0.21, teniendo una respuesta negativa e inelástica en la oferta de la carne de pollo, ya que, ante un incremento del 1% en el precio del alimento balanceado, la oferta de carne de pollo va a disminuir en 0.21%, presentando una respuesta menos que proporcional ante el incremento en el precio del alimento balanceado.

Como variable tecnológica, la conversión alimenticia presentó una elasticidad de 3.79, lo que significa que, ante un incremento del 1% en dicho indicador, la oferta de carne de pollo incrementará en 3.79%, presentando así un efecto directo y elástico en la oferta de carne de pollo, por lo que se concluye que esta es la variable más determinante en la oferta de carne de pollo en México. La innovación de los participantes en el mercado puede proporcionar una serie de resultados deseables, como una mayor eficiencia de la producción que puede conducir a una disminución de los costos, mejoras en la calidad del producto, una mayor variedad de productos y mejoras en la seguridad del producto (OECD, 2016).

Tabla 2. Elasticidades y efectos de cambios en las variables independientes sobre la producción de carne de pollo.

	Elasticidad	Cambio en QPCP (%)	Cambio en QPCP (t)	QPCP (t)
Observada, 2019/21	-	-	-	3 574 622
Predicha, 2019/21	-	-	-	3 769 054
Diferencia en %	-	-	-	5.4
PPCP	0.19	-	-	-
Aumento en 10%	-	1.9	71 612	3 840 666
Aumento en 20%	-	3.8	143 224	3 912 278
Aumento en 30%	-	5.7	214 836	3 983 890
PPCC	-0.48	-	-	-
Aumento en 10%	-	-4.8	-180 915	3 588 139
Aumento en 20%	-	-9.6	-361 829	3 407 224
Aumento en 30%	-	-14.4	-542 744	3 226 310
PRAB	-0.21	-	-	-
Aumento en 10%	-	-2.1	-79 150	3 689 903
Aumento en 20%	-	-4.2	-158 300	3 610 753
Aumento en 30%	-	-6.3	-237 450	3 531 603
CA	3.79	-	-	-
Aumento en 10%	-	37.9	1 428 471	5 197 525
Aumento en 20%	-	75.8	2 856 943	6 625 996
Aumento en 30%	-	113.7	4 285 414	8 054 467

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo estimado.

El valor de las elasticidades y la tasa de crecimiento de las variables independientes permiten analizar cuál ha sido el factor que explica el crecimiento observado en la producción de carne de pollo. Las variables independientes PPCP, PPCC, PRAB y CA presentaron un crecimiento de -13.1%, -8.0%, -8.27% y 27.7% en el periodo 1994/96-2019/21. De tal crecimiento se pueden obtener las conclusiones que se mencionan a continuación.

La disminución del PPCP provocó que la producción de carne de pollo fuese menos rentable, canalizando sus recursos a otras actividades, por lo que la disminución en el PPCP provocó una disminución en la producción de carne de pollo del 2.5%. La disminución del PPCC hizo menos rentable la producción de carne de cerdo y los recursos se canalizaron a la carne de pollo, de tal manera que la caída del PPCC originó un crecimiento de la producción de carne de pollo en 3.8%. La disminución del PRAB provocó que los costos de producción de la carne de pollo disminuyeran, lo que estimuló su producción en un 1.7%. Por último, el incremento en la CA provocó que se hiciera un mejor uso del alimento balanceado, reduciendo así los costos de producción en la industria de la carne de pollo, lo que estimuló su producción en 104.9%.

Los datos anteriores indican que la variable más determinante en el comportamiento de la QPCP en México para el periodo de análisis es la conversión alimenticia.

## Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los obtenidos por otros autores en el signo, mas no así en la magnitud del valor. En el caso de la elasticidad precio de la carne de pollo se han reportado valores de 0.47 (Rebollar *et al.*, 2019b); 0.28 (Rebollar *et al.*, 2019<sup>a</sup>); 0.81 (Rebollar *et al.*, 2018); 0.05, obtenida mediante el uso de una función de oferta doble logarítmica, y 0.11, obtenida mediante un sistema de ecuaciones simultáneas (Vázquez & Martínez, 2015); y 0.19 (Ramírez *et al.*, 2003). Es por esto que se concluye que el resultado obtenido es igual al reportado por Ramírez *et al.* (2003), y son diferentes en valor a los reportados por los demás autores, conservando su efecto inelástico y directo sobre la QPCP.

El resultado obtenido en el presente trabajo, así como los obtenidos por los autores citados, presenta el comportamiento esperado, ya que, de acuerdo con Tomek & Kaiser (2014), una función de oferta de un producto agrícola tendrá una pendiente positiva, pues a mayores precios se ofertará una mayor cantidad del bien en cuestión, y viceversa. Un razonamiento similar lo establece Parkin (2018), quien explica esto a través de la ley de la oferta, la cual indica que, a medida que el precio de un determinado bien sea más alto, la cantidad ofrecida de este bien también será mayor, y viceversa.

En el caso de la elasticidad cruzada de la oferta de carne de pollo respecto a la carne de cerdo, se obtuvo un valor de -0.48. Otros autores reportan valores de -0.17 (Rebollar *et al.*, 2019b), -0.16 (Rebollar *et al.*, 2019<sup>a</sup>) y -0.09 (Rebollar *et al.*, 2018), encontrándose que el resultado obtenido es diferente en valor al de los autores antes mencionados; sin embargo, presenta el mismo efecto inverso e inelástico sobre la QPCP. Estos resultados tienen el comportamiento esperado de acuerdo con lo estipulado por Tomek & Kaiser (2014), quienes mencionan que, si dos productos pueden obtenerse con los mismos recursos, entonces aumentará la producción del producto más rentable y se reducirá la del menos rentable. En este caso, si el precio al productor de carne de cerdo incrementa, se produciría más carne de cerdo y menos carne de pollo, y viceversa. Un razonamiento similar lo establece Parkin (2018).

El valor obtenido para la elasticidad que relaciona la producción y el precio de los alimentos fue de -0.21, mientras que los valores reportados por otros autores fueron de -0.11 (Rebollar *et al.*, 2019b), -0.18 (Rebollar *et al.*, 2019a), -0.008 (Rebollar *et al.*, 2018) y -0.16 (Ramírez *et al.*, 2003), por lo que se concluye que la elasticidad obtenida presenta el mismo comportamiento inverso e inelástico sobre la QPCP, pero es diferente en valor. Tanto los valores reportados por los autores citados como el resultado obtenido en esta investigación presentan el comportamiento esperado, ya que, como indican Tomek & Kaiser (2014), un incremento en el precio de los insumos provocará una disminución en la oferta del producto analizado, mientras que una disminución en el precio de los insumos provocará un incremento en la cantidad ofertada del producto analizado. Esto se vuelve más importante aún, puesto que, como se mencionó con anterioridad, la UNA (2022) indicó que para el 2021 el principal costo de producción de la carne de pollo fue el alimento balanceado, con un 62% del costo total de producción; lo cual es acorde a lo estipulado por Tomek & Kaiser (2014), quienes mencionan que para los productos básicos agrícolas, especialmente para los productos pecuarios como la carne de pollo, esta relación entre los precios del insumo y los precios del producto es muy importante, pues el costo de alimentación en los productos pecuarios suele ser el mayor costo de producción. En este sentido, Parkin (2018) establece que, si el precio de los insumos utilizados para producir un bien aumenta, el menor precio al que el productor está dispuesto a vender su producto se incrementa, por lo que la oferta de ese bien se reduce.

En el caso de la elasticidad que relaciona la producción y la conversión alimenticia, se obtuvo un valor de 3.79, mientras que otros autores han reportado valores de 1.44 (Rebollar *et al.*, 2019b), 1.85 (Rebollar *et al.*, 2019a), 1.25 (Rebollar *et al.*, 2018) y 1.97 (Ramírez *et al.*, 2003), encontrando que la elasticidad calculada presenta el mismo comportamiento directo y elástico sobre la QPCP, siendo mayor la encontrada en este trabajo. El valor obtenido en este trabajo indica que la conversión alimenticia es la variable que explica en su mayoría el incremento en la producción de carne de pollo en México de 1994 a 2021.

Gran parte del éxito de la industria de la carne de pollo se puede atribuir a una organización estructural más eficiente, a mejores tecnologías de producción y procesamiento y a una respuesta continua a las demandas de los consumidores. A mediados de la década de 1970, la industria había evolucionado hasta su estado moderno con la implementación de descubrimientos nutricionales, programas de erradicación de enfermedades, mejoras genéticas a través de la cría tradicional y tecnologías de mecanización y automatización (National Chicken Council, 2023).

Varios factores han contribuido al crecimiento mundial de la producción avícola: a) el progreso genético de las aves de corral para la producción de carne y huevos, b) una mejor comprensión de los fundamentos de la nutrición y c) el control de enfermedades (Hellin *et al.*, 2015). Los esfuerzos constantes para la actualización, modificación y aplicación de nuevas tecnologías prepararon el camino para el crecimiento múltiple y multifacético en el sector avícola (Chatterjee & Rajkumar, 2015).

Estos resultados presentan coherencia con lo estipulado por Tomek & Kaiser (2014), quienes mencionan que son las mejoras en la tecnología la fuente principal de cambios en las funciones de oferta de productos agrícolas, siendo definida como una mejora tecnológica aquello que permita a las empresas producir una mayor cantidad de producto con la misma cantidad de insumos, o bien, producir la misma cantidad de producto utilizando una menor cantidad de insumos.

De acuerdo con Tomek & Kaiser (2014), dentro de las mejoras tecnológicas que han incrementado en mayor medida la producción de productos agrícolas y pecuarios se encuentran el desarrollo de variedades de cultivo y razas de ganado de alto rendimiento, lo cual también se ha presentado en el mercado de la carne de pollo al desarrollar variedades genéticas de pollo que presenten una mayor conversión alimenticia, es decir, variedades que obtienen una misma cantidad de carne de pollo con un menor uso de alimento balanceado. Parkin (2018) se refiere a la tecnología como la forma en que se utilizan los factores de producción para crear un bien. Este autor explica que un cambio en la tecnología se da cuando se descubre una forma diferente de producir, la cual permite disminuir los costos de producción, lo que va a provocar que se presente un aumento en la oferta del bien analizado.

Las razones que justifican las diferencias entre los resultados obtenidos en esta investigación y los reportados por otros autores son las siguientes: a) todas las investigaciones han usado series de tiempo diferentes; b) han cuantificado de manera distinta el precio de los insumos, por ejemplo, algunas han usado el precio del sorgo y han dejado fuera al maíz y a la soya cuando se considera el precio de los insumos (Ramírez *et al.*, 2003; Rebollar *et al.*, 2019b; Rebollar *et al.*, 2019a; Rebollar *et al.*, 2018); c) han usado diferentes fuentes de información para obtener la conversión alimenticia; y d) han utilizado diferentes métodos estadísticos para estimar la función de oferta (Vázquez & Martínez, 2015).

El valor de las elasticidades y el análisis del posible comportamiento de las variables independientes permite especular sobre la evolución a futuro que tendrá la cantidad producida de la carne de pollo. En la Tabla 2 se presentan crecimientos hipotéticos de las variables independientes y se obtienen los resultados que se mencionan a continuación. Un incremento del 10% en el PPCP, que en 2021 fue de 29 938 pesos por tonelada, ocasionaría un aumento en la producción de carne de pollo de 71.6 mil toneladas, lo que representa un incremento del 1.9%. De acuerdo con la OCDE-FAO (2022), se espera que el precio nominal de los diferentes tipos de carne aumente durante el periodo 2022-2031 debido al incremento en los costos del forraje, al costo de envasado y a los costos de transporte. Además, debido a la incertidumbre provocada por la pandemia del covid-19, los ganaderos redujeron su producción e incrementaron sus inventarios, lo que disminuyó la oferta de carne en el mercado, combinado con el incremento en la demanda de los diferentes tipos de carne, lo que provocó un incremento en el precio de las mismas. Sin embargo, la OCDE-FAO (2022) espera que los precios reales de los diferentes tipos de carne disminuyan en el largo plazo, siempre y cuando el precio de los insumos utilizados como forraje, costos de transporte y las perturbaciones en las cadenas de suministro se estabilicen. Debido a lo anterior, el aumento en el PPCP es probable por las siguientes razones: a) incremento en el precio del maíz y de la soya (utilizados como alimento balanceado o forraje); b) aumento de inventarios de carne de pollo por parte de los principales países productores y exportadores de esta carne, provocando una reducción en su oferta; c) incrementos en la cantidad demandada de carne de pollo a nivel mundial, motivados por el incremento en la población y en el ingreso *per cápita* de los países de ingresos bajos y medios; d) incrementos en el costo del envasado y de transporte; y e) enfermedades que se puedan presentar en la industria de la carne de pollo y que afecten su producción.

En la Tabla 2 se analizan los efectos de aumentos en 10%, 20% y 30% en el PPCC. Un incremento del 10% en el PPCC, que en 2021 se ubicó en 39 852 pesos por tonelada, disminuiría la QPCP en 180.9 miles de toneladas, lo que representa una disminución del 4.8%.

Un incremento del 10% en el PRAB, que en 2021 se ubicó en 5509 pesos por tonelada, disminuiría la QPCP en 79.1 miles de toneladas, lo que representa una disminución del 2.12%. El efecto negativo de aumentos en el precio de los granos forrajeros (maíz y soya) sobre la producción hacen interesante especular sobre su futuro comportamiento. Al respecto, la OCDE-FAO (2022) señala que en 2021 el precio internacional de maíz fue 50% mayor al registrado en el año anterior debido a la incertidumbre existente sobre la producción de maíz en América del Sur, al incremento en los costos de producción y a la gran cantidad de maíz importado por parte de China. Se espera que los principales exportadores de maíz a nivel mundial durante 2022-2031 sean Estados Unidos, Brasil, Argentina y Ucrania. En este sentido, es posible que los altos precios nominales del maíz se mantengan elevados durante 2022, aunque esto podría cambiar si se presentan rendimientos estables y estabilidad geopolítica, retomando su tendencia a la baja en términos reales hasta 2031.

A futuro, es probable que los siguientes factores ocasionen un aumento en el precio internacional de maíz: a) la pandemia del covid-19, que provocó trastornos en la cadena de suministro, generando volatilidad en los precios internacionales del maíz; b) el conflicto armado entre Rusia y Ucrania y la inestabilidad política, que repercute en mercados donde estos países tienen un papel destacado como el maíz, los fertilizantes y los combustibles fósiles; c) los elevados costos de los fertilizantes (insumo en el que México es deficitario) y de transporte; d) el entorno de elevada inflación que se está presentando a nivel mundial; o e) la creciente aparición de fenómenos meteorológicos extremos provocados por el cambio climático en las regiones productoras de maíz a nivel mundial. Los factores anteriores podrían provocar que el precio internacional de maíz siga en aumento, con serias repercusiones en la industria de la carne de pollo.

Para el mercado de la soya, la OCDE-FAO (2022) menciona que los precios internacionales alcanzaron niveles récord a finales de 2021 y principios de 2022 debido a un incremento en la demanda y a una disminución en su producción. Dicha disminución se debió a las condiciones meteorológicas adversas que se presentaron en América del Sur, las cuales afectaron el rendimiento de soya, provocando un aumento en su precio. Sin embargo, se espera que se presente un ajuste a la baja en el precio internacional de la soya durante los primeros años del periodo de análisis, siempre y cuando se presenten mejores niveles de producción, impulsados por mejores incentivos a la producción. A partir de esto, se espera que el precio de la soya se incremente ligeramente en términos nominales y disminuya en términos reales, siguiendo esta tendencia a largo plazo.

Es probable que a futuro se observe un aumento en el precio internacional de la soya, igual que en el caso del maíz. Ucrania es un importante exportador de soya a nivel regional, y de seguir el conflicto armado con Rusia, su producción se podría ver mermada, provocando que la demanda de soya sea mayor a su oferta, lo que generaría un incremento en su precio. También es posible que eventos meteorológicos extremos se sigan presentando en los principales países productores y exportadores de soya, lo que nuevamente provocaría una disminución en su producción, generando una menor oferta de este producto; y ante un incremento en su demanda, los precios internacionales de este producto continuarían al alza.

Es incierto que el precio internacional del maíz y de la soya vayan a seguir experimentando una tendencia al alza, y de presentarse, sería un serio problema para la industria de la carne de pollo en México. Los dos productos representan el 92% de los insumos utilizados en la elaboración del alimento balanceado, el cual a su vez representa aproximadamente el 62% de los costos de producción de la carne de pollo. Si los precios internacionales del maíz y la soya continúan aumentando, se esperaría una disminución en la cantidad producida de carne de pollo o un incremento en los costos de producción de esta carne y, por ende, un incremento en su precio. Ambos escenarios afectarían de forma sustancial al consumidor mexicano, quien tendría que gastar más para seguir adquiriendo la misma cantidad de carne de pollo.

Si en México no se implementan políticas que incentiven la producción de maíz y de soya, la dependencia alimentaria en estos dos productos irá en aumento, dejando a estos mercados sumamente vulnerables ante cambios exógenos como la tendencia a destinar una mayor cantidad de maíz para producir etanol y los eventos impredecibles como el conflicto Rusia-Ucrania, eventos que podrían provocar incrementos en los precios internacionales del maíz y de la soya.

Un incremento del 10% en la CA, calculada para 2021 en 0.5714 kilogramos de carne pollo por un kilogramo de alimento, aumentaría la QPCP en 1428.4 miles de toneladas, lo que representa un incremento en la cantidad producida del 37.9%. El avance de la tecnología se visualiza como el factor más importante para elevar la producción en un futuro.

A medida que mejora la conversión alimenticia, se obtiene una mayor cantidad de carne de pollo con la misma cantidad de insumo, o bien, si se incrementa el insumo utilizado (alimento balanceado), se obtendrá cada vez una mayor cantidad de carne de pollo, haciendo un mejor uso de los recursos y, por ende, generando una mayor ganancia para esta industria.

De acuerdo con la OCDE (2018), se espera que la producción y el consumo de carne de pollo sigan creciendo en los próximos años por las siguientes razones: a) el precio de esta carne es menor al de otras; b) las aves crecen más rápido que otras especies pecuarias; c) se tiene un uso más eficiente de los recursos en el proceso productivo de las aves comparado con el de otras especies; d) existe una percepción más favorable de las cualidades nutricionales de la carne de pollo sobre otros tipos de carne; e) su consumo y, por ende, su producción se verán acelerados en países de ingresos medios y bajos, ya que se espera que estos países experimenten procesos de crecimiento, lo que se vería traducido en un mayor ingreso per cápita, provocando una migración de una dieta a base de granos hacia una dieta donde se incluya un producto cárnico, que por su precio sería la carne de pollo; y f) se espera un crecimiento de la población en estos países, lo que aumentaría la demanda de la carne de pollo, estimulando su producción y, por tanto, su consumo.

## Conclusiones

Se concluye que el factor que más influyó en el crecimiento de la oferta de carne de pollo en el periodo 1994-2021 fue el desarrollo tecnológico, medido a través de la conversión alimenticia. Para seguir con la misma tendencia de crecimiento, se recomienda incentivar la investigación y el desarrollo de variedades genéticas de pollo que sigan mejorando la conversión alimenticia; también se recomienda la difusión y el acceso a las mejores variedades de pollos cuya conversión alimenticia sea la mejor.

La disminución en el precio de los alimentos balanceados observada en el periodo 1994-2021 fue favorable para el crecimiento la producción de carne de pollo; sin embargo, debido a que la oferta de carne de pollo responde de manera inelástica al cambio en los precios de los insumos, el crecimiento logrado en la producción fue mucho menor, comparado con el obtenido por el cambio tecnológico.

Debido a que México es deficitario en los mercados de maíz y soya, es probable que cambios exógenos internacionales, como el actual conflicto entre Rusia y Ucrania y fenómenos meteorológicos extremos -que cada vez son más frecuentes-, puedan provocar un incremento en los precios de los mismos, lo que provocaría una disminución en la producción de carne de pollo o un incremento en el precio de la misma. Es probable que se presenten incrementos en la cantidad importada de maíz y soya para los próximos años, lo que dejaría aún más expuesto a estos mercados; por lo tanto, es necesario el desarrollo e implementación de políticas que estimulen la producción de maíz y soya, con el objetivo de reducir la creciente dependencia de las importaciones y evitar el riesgo de un aumento significativo en el precio de los tales insumos.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## Referencias

- Chatterjee, R. N., & Rajkumar U. (2015). An overview of poultry production in India. *Indian Journal of Animal Health*, 54(2), 89-108. [http://ijah.in/upload/snippet/76\\_49.pdf](http://ijah.in/upload/snippet/76_49.pdf)
- Consejo Mexicano de la Carne (Comecarne). (2022). *Compendio estadístico 2022*. [https://comecarne.org/wp-content/uploads/2022/05/compendio\\_estadistico\\_2022.pdf](https://comecarne.org/wp-content/uploads/2022/05/compendio_estadistico_2022.pdf)
- Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal (Conafab). (2022). *La Industria Alimentaria Animal de México 2022*.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Hellin, J., Krishna, V. V., Erenstein, O., & Boeber, C. (2015). India's poultry revolution: implication for its sustenance and the global poultry trade. *International Food and Agribusiness Management Review*, 18(Special Issue), 151-164. <https://ifama.org/resources/Documents/v18ia/Hellin-Krishna-Boeber.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Índice Nacional de Precios al Consumidor y sus Componentes*. [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.aspx?nc=ca55\\_2018](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.aspx?nc=ca55_2018)
- National Chicken Council. (2023). *U.S. Chicken Industry History*. <https://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/history/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *Matriz detallada del comercio*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TM>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2016). *Market Examinations in Mexico: A manual by the OECD Secretariat*. <https://www.oecd.org/daf/competition/Market-Examinations-in-Mexico-Manual-2016.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2018). *Exámenes de mercado en México: estudio de caso del mercado de la carne de pollo*. <https://www.oecd.org/daf/competition/ESP-WEB-REPORT-Chicken-MeatMarketMexico2018.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (OCDE-FAO). (2022). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2022-2031*. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/820ef1bbe5.pdf?expires=1685668043&id=id&accname=guest&checksum=50F2C4F6FB8A7EE7A83A4E5E6229F365>
- Parkin, M. (2018). *Economía*. Pearson Educación.
- Ramírez, A., García, R., García, G., & Matus, J. (2003). Un modelo de ecuaciones simultáneas para el mercado de la carne de pollo en México, 1970-1998. *Agrociencia*, 37(1), 73-84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237108>
- R Core Team (2023). *R: A language and environment for statistical computing [software de computación]*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rebollar, E., Rebollar, A., Gómez, G., & Mondragón, J. (2018). Comportamiento de la oferta de la carne de pollo en la región Centro Occidente de México, 1996-2016. En J. Herrera, A. J. Chay, F. Casanova, A. T. Piñeiro, L. Márquez, E. Santillán & J. Arce (eds.), *Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México* (pp. 1273-1278). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [https://www.researchgate.net/profile/Luis-Cruz-Bacab/publication/326679463\\_Efecto\\_del\\_uso\\_de\\_castana\\_Artocarpus\\_camansi\\_como\\_suplemento\\_preiniciador\\_en\\_lechones/links/5ba51626a6fdccd3cb69c885/Efecto-del-uso-de-castana-Artocarpus-camansi-como-suplemento-preiniciador-en-lechones.pdf#page=1281](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Cruz-Bacab/publication/326679463_Efecto_del_uso_de_castana_Artocarpus_camansi_como_suplemento_preiniciador_en_lechones/links/5ba51626a6fdccd3cb69c885/Efecto-del-uso-de-castana-Artocarpus-camansi-como-suplemento-preiniciador-en-lechones.pdf#page=1281)
- Rebollar, E., Rebollar, A., Mondragón, J., & Gómez, G. (2019a). Oferta y demanda regional de carne de pollo en México, 1996-2016. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(4), 917-932. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4839>
- Rebollar, E., Rebollar, S., & Guzmán, E. (2019b). Determinantes de la oferta de carne de pollo en México. *Panorama Económico*, 27(2), 336-348. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7513389>
- Ravindran, V. (2013). Poultry feed availability and nutrition in developing countries. *Poultry Development Review*, 60-63. <https://www.fao.org/3/i3531e/i3531e.pdf>

- Rigolin, P. (2014). *¿Conversión alimenticia 1:1 para 2025?: un vistazo al futuro de la avicultura*.  
<https://www.wattagnet.com/home/article/15508713/conversion-alimenticia-11-para-2025-un-vistazo-al-futuro-de-la-avicultura>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023a). *Pollos y salud*.  
<http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/2/05-huevo-pollo/contexto-5.html>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023b). *Base de datos 2023*.  
<https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Tomek, W. G., & Kaiser, H. M. (2014). *Agricultural product prices* (5a ed.). Cornell University Press.
- Unión Nacional de Avicultores (UNA). (2022). *Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2022*. Unión Nacional de Avicultores.
- Vázquez, J. M. P., & Martínez, M. A. (2015). Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 955-965.  
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/590/463>