

Una extensión del modelo de Bertrand aplicado a la competencia de lácteos

A Bertrand model extension applied to the dairy competition

Luis Osvaldo Gutiérrez Aceves ^a

Humberto Banda ^b

Ignacio Almaraz Rodríguez ^{c*}

Resumen

El objetivo de este trabajo es aplicar una extensión del modelo de Bertrand a dos empresas hipotética del sector de lácteos funcionales, en el cual se consideraron diferentes grados de sustitución de los productos y diferentes porcentajes de inversión en tecnología. Los resultados muestran que si los productos no son sustitutos las ganancias tienden a disminuir, en comparación de cuando las empresas producen productos similares, independientemente del porcentaje de inversión en tecnología que realizaran. Una de las implicaciones más relevantes de la investigación es que, si el principal objetivo de las empresas en un duopolio es maximizar su utilidad deben de invertir en tecnología y no alejarse del precio de equilibrio.

Palabras Clave: teoría de juegos, competencia, lácteos funcionales, modelo de Bertrand.

Clasificación JEL: C70, D43, L13, Q13, D40

Abstract

The goal of this article is applied a Bertrand model extension into a two hypothetical functional dairy companies, the model consider different degrees of substitution and differents percentages of technology investment. The results showed that if the products are not substitutes, the profits has a tendency to decrease, in comparison when the companies produce similar dairy products, regardless of the percentage of technology investment that the companies had made. One of the most relevant implications in the present investigation is that, if the main objective of the companies in a duopoly is maximize their utility, they must invest in technology and keep in equilibrium price.

Keywords: game theory, competition, dairy products, Bertrand model.

JEL Codes: C70, D43, L13, Q13, D40

^a F.C.A. - Universidad Autónoma de Querétaro E-mail: osvaldogutierrez@uaq.mx

^b F.C.A. - Universidad Autónoma de Querétaro E-mail: humbertobanda@gmail.com

^c F.C.A. - Universidad Autónoma de Querétaro E-mail: ignacioalmaraz@uaq.mx

* Autor de correspondencia

1. Introducción

Actualmente los sistemas económicos dependen de la especialización en la producción, la globalización y la división en sectores específicos. Debido a la venta de sus productos, las empresas reciben ingresos suficientes para comprar sus insumos, lo cual se traduce en utilidades para los empresarios, lo anterior confirma el principio económico de la maximización del uso de recursos escasos para la transformación de mercancías que sean distribuidas entre los consumidores, lo que supondría el incremento de nivel de vida mundial. (Samuelson & Nordhaus, 2002).

Un ejemplo de la especialización de la producción y el consumo se presenta en la industria láctea, que es aquella que tiene como materia prima la leche. La industria láctea en México, y en el mundo, ha pasado de productos con mínimas singularidades, de promoción o empaque, a la producción especializada de productos lácteos funcionales, los cuales implican el diseño, formulación y adición de ingredientes que generan diferenciación en el mercado.

La factibilidad de la manufactura de lácteos funcionales en México, como un sector productivo, que garantice mayores beneficios al mercado en contraste de la producción de lácteos genéricos, es un tema reciente. Los lácteos funcionales se han abordado, principalmente, desde una perspectiva de salud pública y con limitadas aproximaciones desde una perspectiva financiera o económica.

La demanda de lácteos funcionales en México, por parte de los consumidores es susceptible de ser satisfecha por productores con características muy diversas, generando una amplia oferta de posibilidades con atributos tangibles e intangibles, los cuales representan un factor detonante para la oferta y demanda en el mercado. Es por esto que cobra relevancia la evaluación de la asignación de precios, de los productos en general y de los lácteos funcionales en particular, ya sea para la maximización de utilidades, el incremento del volumen de ventas, incrementar la participación de mercado, etc.

Los precios determinan el valor de un bien mediante la interacción de oferentes y demandantes en el mercado, así como la cantidad de producto que será producido y la forma en que los factores productivos serán utilizados. En la teoría económica se identifican diversos factores que influyen en la fijación de precios –entre los que se encuentran: la demanda, los costos fijos, variables y marginales, el poder de mercado, los productos homogéneos y sustitutos-. No obstante, en la economía agrícola se presentan peculiaridades que pueden afectar las funciones de oferta y demanda de los productos como, por ejemplo, cuestiones climáticas, el periodo de conservación de los productos, la inelasticidad de la función de demanda por no existir productos sustitutos, los incentivos de los productores por los precios de sus productos en el mercado, etc.

Es de conocimiento general que el incremento de los precios tiende a reducir las compras de los consumidores y a fomentar la producción de las empresas, así como una disminución en los precios fomenta el consumo y reduce los incentivos para producir de las empresas. Cabe mencionar que lo planteado en este párrafo está condicionado a la inelasticidad al precio que representan algunos productos agrícolas y a la existencia de productos sustitutos, así como a la función de demanda de los productos complementarios que se requieran.

Como se observa, las funciones de oferta, de demanda y la elasticidad son útiles para analizar diversos escenarios de sensibilidad de los consumidores ante el precio de los productos. No obstante dichas funciones resultan limitadas para evaluar las estrategias posibles de n competidores para fijar precios simultáneamente; además de que no permiten determinar un escenario en el que cada competidor logre maximizar sus utilidades y un óptimo aprovechamiento de sus recursos.

Por lo expresado en el párrafo anterior cobra relevancia el uso de la Teoría de Juegos en la fijación de precios de las empresas, ya que permite modelar el comportamiento de las variables y de los agentes de un sistema, permitiendo identificar la influencia y la relación de diversos componentes en un determinado escenario, mediante el estudio de la interacción de estrategias de los jugadores.

El presente artículo tiene como objetivo desarrollar una extensión del modelo de Bertrand, en el cual se consideraron los diferentes grados de sustitución de los productos lácteos funcionales y los diferentes porcentajes de inversión en tecnología. Se pretende que el modelo planteado sea de aplicabilidad general.

Una vez desarrollado el modelo se comprobará su aplicabilidad a la competencia de lácteos funcionales. Para ello se aplicara el modelo a dos empresas hipotéticas de lácteos funcionales que compiten por precio

Así mismo, el artículo tiene como finalidad generar escenarios de competencia entre empresas, ya sea nacionales o internacionales, que invierten en la producción de lácteos funcionales, en contraste de aquellas que continúan produciendo lácteos genéricos, y analizar la posibilidad de que dichas empresas maximicen sus utilidades y de lograr el equilibrio en el sistema.

Como se puede observar por lo expresado en los párrafos anteriores, el tipo de investigación que se presenta en este artículo, de acuerdo con el objetivo es investigación aplicada. Así mismo, de acuerdo a la profundidad es una investigación explicativa. Además, por los datos empleados es una investigación cuantitativa.

Esta investigación se divide en seis secciones: en la primera se presenta la introducción. En la segunda se expone brevemente la revisión de la literatura sobre la teoría de juegos. En la tercera se muestra la situación actual del sector de lácteos funcionales en México. En la cuarta sección se expone la metodología, basada en el modelo de Bertrand y se desarrolla una extensión del mismo para, posteriormente, en la quinta sección aplicarlo a la competencia de lácteos funcionales para obtener los resultados y realizar la discusión. Finalmente, en la sexta sección se exponen las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

La teoría de juegos ha sido una de las principales metodologías de análisis utilizada en la economía a partir de los años 60, no obstante que sus fundamentos ya se presentaban anteriormente en la forma de análisis económicos concretos, como los realizados por Cournot (1897) y Bertrand (1883) (Accinelli & Vaz, 2013). La Teoría de Juegos permite estudiar el conflicto y la cooperación entre participantes racionales e inteligentes, mediante modelos matemáticos que caracterizan el comportamiento estratégico, sugiriendo la existencia de intencionalidad (Accinelli & Vaz, 2013).

Los primeros estudios de Teoría de juegos aplicados a las ciencias económicas fueron los trabajos de Cournot (1938), Bertrand (1883), Edgeworth (1925) y Von Neumann & Morgenstern (1944) los cuales tratan sobre la fijación de precios y producción en una situación de oligopolio, así como la propuesta de Nash (1950) sobre el equilibrio, el cual requiere que cada estrategia del jugador sea la respuesta de maximización del pago, pay out, a lo que el jugador pronostica que serán las estrategias que su oponente usará, además de que el pronóstico de cada jugador sea el correcto (Fudenberg & Tirole, 1991).

En las últimas décadas, la teoría de juegos ha permitido encontrar soluciones a diversos problemas de las ciencias sociales, como la comprensión de los oligopolios. Además, incluye aplicaciones en la generación de intercambios, en el campo laboral, en finanzas, en comercio internacional, entre otras (Gibbons, 1992). Para Kuhn (2007), el juego conocido como el dilema del prisionero es una representación ejemplar de la competencia y cooperación que deben de existir entre los participantes de los mercados, en este mismo sentido, Dixit & Nalebuff (2010) plantean que la teoría de juegos permite ponerse en el lugar de los otros participantes del mercado con el fin de predecir su comportamiento y superarlo.

No obstante lo expresado en el párrafo anterior, existen fenómenos económicos y financieros en los que los hechos futuros tienen una distribución de probabilidad que depende sólo del presente, en cuyo caso es recomendable modelarlos con cadenas de Markov. En este sentido, Guo y Hernández Lerma (2005), analizaron juegos de suma cero de dos personas para cadenas de Markov en tiempo continuo, con la posibilidad de que las utilidades y las tasas de transición no sean acotadas, lo que aporta las condiciones que garantizan la existencia del valor del juego y se obtienen estrategias estacionarias óptimas.

En esta teoría, las acciones de cada uno de los agentes económicos, o jugadores, afecta a los otros. Adicionalmente, analiza las consideraciones que realizan los participantes (jugadores), de forma racional para decidir sobre sus estrategias (jugadas), y cómo estas consideraciones afectan las elecciones que deciden aplicar (Heifetz, 2012). Mediante la teoría de juegos se pueden modelar las decisiones estratégicas adoptadas por las empresas que influyen y son influenciados por las decisiones de otros agentes económicos, permitiendo simular escenarios donde se observe la búsqueda de la maximización de la función de utilidad (Banda Ortiz & Hirsch, 2014). Así mismo, los individuos tienen preferencias sobre los resultados, por lo que, observando la interacción entre los jugadores y conociendo sus preferencias, es posible predecir la elección de cada jugador, siempre y cuando nada interfiera con la elección, lo que se conoce como el postulado de racionalidad.

Adicionalmente, se supone que todas las variables son conocidas por los jugadores, es decir, cada jugador sabe cuánto importa cada resultado posible, conoce las reglas del juego, supone que los otros jugadores son racionales y está al tanto de que poseen la misma información, lo que implica que los resultados posibles pueden ser determinados previamente y dependerán de las acciones elegidas por los jugadores, quienes eligen un curso de acción o estrategia con el objetivo de maximizar su utilidad esperada (Accinelli & Vaz, 2013).

En la Teoría de juegos destacan dos tipos de juegos de forma general: los cooperativos y los no cooperativos. Los primeros suponen una asociación o coalición de jugadores. Los segundos analizan principalmente al jugador individual y la elección de sus estrategias, en los cuales se parte del supuesto de que no existe posibilidad de que los jugadores tengan acuerdos de colaboración (Accinelli & Vaz, 2013) (Banda Ortiz, Lara Gómez & Gómez Hernández, 2013).

Los juegos no cooperativos pueden ser subdivididos en: Juegos estáticos de información completa, en estos los participantes toman sus decisiones de manera simultánea sin conocer las estrategias de los otros jugadores pero conociendo el impacto de sus decisiones para ellos y los demás jugadores; Juegos estáticos de información incompleta, en donde los participantes toman sus decisiones de manera simultánea sin conocer las estrategias de los otros jugadores pero desconociendo el impacto de sus decisiones para sí mismos y los otros jugadores; Juegos dinámicos de información completa, en los cuales los participantes pueden conocer anticipadamente las estrategias de los otros jugadores, conociendo el impacto de sus decisiones para sí mismos y para los demás y Juegos dinámicos de información incompleta, en donde los jugadores pueden conocer de antemano las estrategias de los otros jugadores pero desconociendo el impacto de sus decisiones para ellos y los otros participantes (Banda Ortiz, Lara Gómez & Gómez Hernández, 2013).

En el presente trabajo la evaluación de estrategias de competencia de empresas productoras de lácteos funcionales se presentan en una condición de oligopolio, el cual se caracteriza por la existencia simultánea de barreras de entrada y de competencia entre pocas empresas. Al cumplirse dichas condiciones se presenta interdependencia entre las decisiones de las empresas.

Cuando en un mercado oligopólico el número de participantes es reducido unos pocos jugadores pueden influir en el precio, la calidad, las estrategias de competencia e incluso en la estructura del mercado, por lo cual la búsqueda de equilibrios es posible mediante la aplicación de modelos de teoría de juegos, entre los que destacan los de Cournot, Stackelberg y Bertrand (Tarzuján & Paredes, 2006).

En el modelo de Cournot, las empresas eligen simultáneamente las cantidades que producirán para posteriormente vender a un precio de compensación. En el modelo de Bertrand las empresas eligen los precios simultáneamente y luego producen la cantidad que permita satisfacer la demanda, después de que se conozcan las opciones de los diferentes precios. En ambos modelos el equilibrio es determinado por la condición en la que todas las empresas eligen una acción (jugada) determinada, que es la mejor respuesta a la jugada anticipada de los jugadores opuestos. Cabe señalar que en la literatura estos equilibrios se conocen como Equilibrio de Cournot y Equilibrio de Bertrand, pero es más útil ubicarlos como los respectivos equilibrios de Nash para ambos juegos (Fudenberg & Tirole, 1991).

El presente trabajo utiliza un modelo de Teoría de juegos, basado en el modelo de Bertrand, el cual se aplicara posteriormente a dos empresas hipotéticas de lácteos funcionales para simular los mecanismos de interacción que se presentan, cabe mencionar que una de las hipótesis del modelo es que dichas empresas se encuentran en un escenario de competencia por precios.

Cabe mencionar que durante la revisión de la literatura no se encontraron estudios sobre la aplicación de la Teoría de juegos a la industria de lácteos funcionales en México. No obstante, si se encontraron estudios que utilizan la Teoría de juegos como herramienta de análisis estratégico a otros sectores.

En la siguiente sección se analiza brevemente la industria de lácteos funcionales haciendo énfasis en México.

3. La industria de los lácteos funcionales

La connotación de alimentos funcionales aparece en la década de los 80's en Japón, en una serie de investigaciones enfocadas en el análisis de la regulación fisiológica de las funciones de los alimentos, como parte de un esfuerzo para reducir el incremento en los costos de salud pública, dando como resultado la creación de una categoría de alimentos denominada FOSHU (Food for Specific Health Use – Alimentos para uso específico de la salud), establecida en 1991 (Ashwell, 2002).

Los alimentos funcionales tienen un efecto sobre la salud, debido a sus componentes. De acuerdo a la perspectiva japonesa, los FOSHU deben ser presentados en la forma de alimentos ordinarios y demostrar científicamente que inciden en la salud o en algún beneficio fisiológico cuando se consumen regularmente (Ashwell, 2002). Debido a esto, se consideran lácteos funcionales a toda forma de presentación natural de la leche, o cualquiera de sus derivados, para consumo final, que demuestren afectar benéficamente al consumidor, mejorando su estado de salud o reduciendo el riesgo de enfermedades, los cuales además pueden o no ser adicionados con otros ingredientes identificados como funcionales, como los probióticos y prebióticos, y que hayan pasado por un proceso de extracción de componentes alergénicos, de difícil digestión o con efectos adversos (Gutiérrez Aceves, 2014). Los beneficios de los lácteos funcionales se encuentran en diversos trabajos (Ashwell, 2002; Mattila-Sandholm & Saarela, 2003; Gutiérrez Aceves, 2014).

Las empresas productoras de lácteos funcionales, las empresas que manufacturan derivados lácteos genéricos y las empresas que producen derivados de consumo industrial integran lo que se conoce como la industria láctea, la cual se compone en general de la producción de leche fluida y de la elaboración de diversos derivados de la leche, tales como queso, crema, mantequilla, yogurt, leche condensada, helados, cajetas y dulces principalmente, además de la producción de bases para diversos alimentos y formulaciones.

La industria láctea depende principalmente de la demanda final local, por lo que su desarrollo se encuentra ligado con las dinámicas demográficas y el poder adquisitivo de la población. Además, la producción de derivados de la leche se encuentra relacionada con los hábitos alimenticios y culturales de cada país.

El crecimiento acelerado económico de varios países asiáticos ha generado un crecimiento de los segmentos de mercado con un mayor poder adquisitivo, provocando un incremento en la demanda de alimentos tradicionalmente occidentales, lo cual en el caso de la industria láctea, modifica las tendencias de precios a nivel internacional y la demanda de productos lácteos funcionales.

Por lo que respecta a México, la industria láctea genera el 10% del total del PIB alimenticio, que representa el 3.69% del PIB, (CIAL Dun & Bradstreet, 2018), lo que equivale a 67 mil 751 millones de pesos para 2018, en correspondencia a una producción de 11 mil 608 millones de litros anuales (CANILEC, 2018), de los cuales el 86% de ellos se procesan en 130 empresas formales, mismas que emplean cerca de 42 mil personas (SADER, 2018).

Actualmente, en México esta industria presenta un déficit comercial al acumular importaciones por 2,085.2 millones de dólares y exportaciones por 534.4 millones de dólares en el año 2018, no obstante que México ocupa el lugar 14 entre los principales productores de leche y sus derivados. Cabe mencionar que las 330,743 toneladas de leche en polvo al que ingresan a México (CANILEC, 2018) representan 20% del consumo nacional, lo que coloca al país en el 3er sitio entre los países importadores de leche en polvo a nivel mundial (SIAP, 2018).

Para observar el cambio en la composición de las importaciones lácteas, se puede tomar como referencia lo ocurrido en el año 2012, en el que México importó un aproximado de 5,000 millones de litros de leche, lo que equivale al 31.70% del consumo total del país que era de 16,000 millones. Con respecto a la leche en polvo, el país importó 247 mil toneladas (CANILEC, 2013).

Cabe resaltar que la producción lechera en México depende principalmente de la crianza, alimentación, ordeña y reproducción de diversas especies bovinas, particularmente bajo el sistema de producción intensivo basado en el sistema Holstein norteamericano, el cual produce el 61% del volumen nacional de leche fluida, aunque representa sólo el 12% del hato ganadero nacional.

Este sistema se encuentra ubicado en regiones productivas con un 25% de empresas en la cuenca de La Laguna; un 20% en Jalisco; el 11% en Chihuahua; el 9% en Guanajuato y el resto en el centro occidente del país. En México, el destino de la leche fluida se distribuye en un 30.9% para la elaboración de leche pasteurizada, homogeneizada y ultra-pasteurizada; 17.6% para leche entera y leche para lactantes; 15.7% para quesos industriales; 9% para yogurt, yogurt natural o con frutas; 6% para la rehidratación de leche; 4% para crema, mantequilla, margarinas y grasas butíricas; y se destina cerca de un 17% para otros productos entre los que destacan quesos artesanales, dulces, y otros productos lácteos de carácter regional (SAGARPA, 2018).

En la industria láctea mexicana se involucran bienes de capital, insumos, equipo, mano de obra y biotecnología que agregan valor al proceso productivo. Además, para la comercialización de productos lácteos funcionales en México se requiere invertir en investigación y desarrollo para el diseño y producción de los mismos, sin embargo a la fecha son pocas empresas las que están comprometidas con este objetivo y la mayoría de los productores en el país muestran una preferencia por la producción no diferenciada de derivados genéricos, destinados a grandes volúmenes de mercado en los segmentos de la población de menor ingreso.

Así mismo, el comercio internacional de productos derivados de la leche se encuentra supeditado por las estrategias de seguridad alimentaria de los países altamente especializados en la producción de lácteos, ya que una vez satisfecha la demanda de sus mercados internos determinan los precios internacionales a través de la generación y comercialización de gran cantidad de excedentes productivos.

Debido a la creciente oferta de excedentes lecheros internacionales los precios de los insumos importados en algunos países, como México, en ocasiones son inferiores a los precios de la oferta interna, lo que genera que los productores utilicen productos extensores o análogos (como las proteínas de leche en polvo), ya

que generan un mayor rendimiento en la manufactura de derivados lecheros, sin embargo no generan una diferenciación en los productos a nivel comercial, por lo que las empresas enfrentan una competencia basada exclusivamente en precios.

Por lo expresado en el párrafo anterior, además de las ventajas de salud que otorgan los lácteos funcionales sobre los genéricos, se busca identificar si pueden existir ventajas sobre la fijación de precios de los mismos en una competencia entre empresas que eligen la producción de productos funcionales y aquellas que no lo hacen. Para ello se utilizará una extensión del modelo de Bertrand, el cual permitirá simular lo que sucede en un escenario en donde al menos dos empresas elijan una estrategia que incluya la investigación y desarrollo de lácteos funcionales o no hacerlo y manufacturar productos genéricos. Dicha extensión del modelo de Bertrand se presenta en la siguiente sección.

4. Metodología

En esta sección se presenta, primeramente, el modelo de Bertrand y posteriormente se desarrollará una extensión de dicho modelo. Una vez realizada la extensión del modelo se procederá, en la siguiente sección, a aplicarlo en dos empresas hipotéticas de lácteos funcionales, las cuales tienen diferentes grados de sustitución de los productos y diferentes porcentajes de inversión en tecnología.

4.1 El modelo de Bertrand

El modelo de Bertrand parte de los supuestos de que existen dos empresas con un producto homogéneo y que compiten por precio, el cual es establecido de forma simultánea, es decir sin saber el precio que puso su competidor. El modelo supone que el consumidor es racional y que comprará el producto de la empresa que tenga el precio más bajo. Además, el modelo plantea que la capacidad de producción de las empresas es ilimitada, lo que implica que puede satisfacer toda la demanda. El modelo de Bertrand es un modelo de juegos no cooperativos, de tipo estático, con información completa, en el cual los participantes toman sus decisiones de manera simultánea sin conocer las estrategias de los otros jugadores, pero conociendo el impacto de sus decisiones para ellos y los demás involucrados. Guerrien & Jallais, (2008) explican de forma general el modelo de Bertrand mediante dos empresas que ofrecen un producto con un costo unitario constante, partiendo del supuesto que cada empresa anuncia un precio determinado para su producto.

De tal forma que el lanzamiento de un producto podría tener dos precios diferentes. Es decir, la empresa A anuncia el precio, pA , el cual es superior al precio, pB , de la empresa B , es decir $pA > pB$. En este sentido, los consumidores, aplicando el principio de racionalidad, intentarán comprar a la empresa B , sin embargo la empresa B podría contar con una capacidad de producción limitada, o tener un costo marginal superior al precio para la cantidad demandada. En este caso, la empresa B no podría vender sus productos a todos los consumidores que quieren comprárselo, por lo que habría que generar un racionamiento específico.

Así mismo, para Bertrand los costos unitarios y marginales son constantes. En este caso, la única posibilidad que se presume equilibrio, es el momento en donde cada empresa elige su jugada previendo racionalmente y correctamente el precio de la otra para alcanzar el máximo beneficio. En este momento, si la empresa A considera que la estrategia de la empresa B será lanzar un precio $pB = C$, entonces sólo le quedará la opción de lanzar un precio $pA = C$, puesto que de elegir un $pA > C$ los demandantes de bienes o servicios le comprarían a la empresa B , tomando en cuenta que el consumidor busca racionalmente un precio más bajo.

Para este caso, las elecciones $pA = C$ y $pB = C$ representarían el equilibrio de Bertrand, sin embargo no es una explicación suficiente ya que si una empresa no tiene ganancia no tendría ningún incentivo para producir, lo cual llevaría a suponer que ambas producen la mitad de la cantidad demandada (Guerrien & Jallais, 2008).

Si se parte del supuesto de que empresas i y j producen bienes diferenciados y que compiten eligiendo el precio al que colocarán el producto en el mercado, los precios que elegirán serán p_i y p_j respectivamente. En este caso, la cantidad demandada por los consumidores a la empresa i está determinada por la ecuación:

$$q_i(p_i, p_j) = a - p_i + bp_j \tag{1}$$

Donde a representa el costo más un porcentaje de utilidad y $b > 0$ representa un parámetro para evaluar que tan cercanos son sustitutivos los productos ofrecidos por ambas compañías, es decir, hasta qué punto el producto de la empresa i es sustituto de la empresa j .

Cabe resaltar, que se parte del supuesto de que no existen costos fijos de producción y que los costos marginales son constantes e iguales a c donde $c < a$; además de que las empresas deciden simultáneamente la fijación de sus precios sin posibilidad de colaboración.

Por ello se debe encontrar el equilibrio de Nash existente, no obstante de que las estrategias dependen de los precios que pueden fijar las empresas, por lo que el conjunto de estrategias de cada empresa estaría determinado por $S_i = [0, \infty]$ por lo tanto $p_i \geq 0$. De esta forma la función de ganancias de cada empresa representa el beneficio que logra cuando la empresa i elige el precio p_i y su oponente elige el precio p_j . Lo anterior está representado por la siguiente función de utilidad:

$$\pi(p_i, p_j) = q_i(p_i, p_j)[p_i - c] = [a - p_i + bp_j][p_i - c] \tag{2}$$

Para encontrar una solución al juego, a través de la curva de mejor reacción de las empresas i y j , es necesario derivar parcialmente ecuación (2) para lo cual primero se resuelve dicha ecuación y se obtiene:

$$\begin{aligned} \pi(p_i, p_j) &= [a - p_i + bp_j][p_i - c] \\ [a - p_i + bp_j][p_i - c] &= ap_i - ac - p_i^2 + cp_i + bp_j p_i - cbp_j \\ &= ap_i - p_i^2 + bp_j p_i - ac + cp_i - cbp_j \end{aligned} \tag{3}$$

Resuelta la ecuación (2) se deriva parcialmente con respecto a p_i y se obtiene:

$$\begin{aligned} \pi_i(p_i, p_j) &= ap_i - p_i^2 + bp_j p_i - ac + cp_i - cbp_j \\ \frac{\partial \pi_i(p_i, p_j)}{\partial p_i} &= a - 2p_i + bp_j + c = 0 \end{aligned} \tag{4}$$

Para obtener las funciones de mejor respuesta se despeja p_i de la ecuación 4:

$$2p_i = a + bp_j + c$$

$$p_i = \frac{a + bp_j + c}{2} \quad (5)$$

$$p_i = \frac{a+c}{2} + \frac{b}{2} p_j$$

Resolviendo la ecuación (5) para p_i y p_j se obtiene:

$$p_i = \frac{a + c}{2} + \frac{b}{2} p_j$$

$$p_i = \frac{a + c}{2} + \frac{b}{2} \left(\frac{a + c}{2} + \frac{b}{2} p_i \right)$$

$$p_i = \frac{a + c}{2} + \frac{b}{2} \left(\frac{a + c}{2} \right) + \frac{b^2}{4} p_i$$

$$p_i - \frac{b^2}{4} p_i = \frac{a + c}{2} + \frac{b}{2} \left(\frac{a + c}{2} \right)$$

$$2p_i - \frac{b^2}{2} p_i = (a + c) + b \left(\frac{a + c}{2} \right) \quad (6)$$

$$4p_i - b^2 p_i = 2(a + c) + b(a + c)$$

$$p_i(4 - b^2) = (a + c)(2 + b)$$

$$p_i = \frac{(a + c)(2 + b)}{(4 - b^2)}$$

$$p_i = \frac{(a + c)(2 + b)}{(2 + b)(2 - b)}$$

$$p_i = \frac{(a+c)}{(2-b)} = p_j$$

La ecuación (6) representa el equilibrio de Nash para este juego, lo que quiere decir que en este punto ninguna de las dos empresas tiene un incentivo de desviarse a otra estrategia.

Una vez planteado el modelo de Bertrand en una condición de oligopolio entre dos empresas con productos diferenciados se procederá a plantear modificaciones al modelo original, lo que permitirá establecer diversos escenarios, para ubicar las posibles estrategias que maximicen la función de utilidad de dos empresas lácteas que compiten en duopolio, en donde los precios se fijan en un inicio.

4.2 La extensión del modelo de Bertrand

En la presente sección se plantea una extensión del modelo de Bertrand, en el cual se añaden los supuestos de que ambas empresas pueden decidir entre dos estrategias posibles para la producción de bienes diferenciados, que no existen costos fijos de producción y que los costos marginales son constantes e iguales. El resultado de dicha extensión del modelo es un juego no cooperativo, de tipo estático, con información completa, en el cual los participantes toman sus decisiones de manera simultánea sin conocer las estrategias de los otros jugadores, conociendo el impacto que tienen sus decisiones en los otros jugadores y en que ambas empresas pueden decidir entre dos estrategias posibles para la producción de bienes diferenciados.

La primera estrategia, *A*, implica la inversión en algún elemento para el desarrollo de un lácteo funcional. La segunda estrategia, *B*, es la producción de un lácteo genérico. En el juego intervienen dos empresas, o jugadores, que compiten eligiendo el precio al que colocarán el producto en el mercado simultáneamente, en cuyo caso eligen los precios p_1 y p_2 respectivamente y sin oportunidad de cooperación. Como se señaló el modelo tiene el supuesto de que no existen costos fijos de producción y que los costos marginales son constantes e iguales a c en donde $c < a$ como lo plantea el modelo original de Bertrand.

En esta situación el conjunto de estrategias de las empresas i y j estaría determinado por $S_i = [0, \infty]$, por lo tanto el precio p_i sería $p_i \geq 0$, sin embargo se contemplaría un factor de inversión para la fabricación del lácteo funcional, el cual está determinado por $1 > \alpha S_i > 0$ donde $\alpha S_i = [\alpha > 0, \alpha > 1]$. En caso de que una empresa decida utilizar dicho factor para la producción del lácteo funcional $\alpha > 1$, y cuando una empresa decida no utilizar dicho factor $\alpha = 1$. En este caso, la cantidad demandada por los consumidores a la empresa i está determinada por:

$$q_i(p_i, p_j) = a - \alpha_i p_i + b_i p_j \tag{7}$$

En donde, como ya se señaló anteriormente, $1 > b > 0$ evalúa que tan cercanos son sustitutivos los productos, esto es, hasta qué punto el producto de la empresa i es sustituto de la empresa j .

De la misma forma que en el modelo tradicional de Bertrand, se requiere encontrar el equilibrio de Nash existente en el duopolio, por lo que la función de utilidad de cada una de las empresas representa el beneficio que logra cuando la empresa i elige el precio p_i y la empresa j elige el precio p_j . La función de utilidad resultante está expresada por la ecuación:

$$\pi_i(p_i, p_j) = q_i(p_i, p_j)[p_i - c] = [a - \alpha_i p_i + b p_j][p_i - c] \tag{8}$$

Para encontrar una solución al juego a través de la curva de mejor reacción de la empresa i y la empresa j es necesario derivar parcialmente la función de utilidad, para lo cual se resuelve la ecuación (8) y se obtiene:

$$\pi_i(p_i, p_j) = [a - \alpha_i p_i + b p_j][p_i - c] \quad (9)$$

$$[a - \alpha_i p_i + b p_j][p_i - c] = a p_i - a c - \alpha_i p_i^2 + \alpha_i p_i c + b p_j p_i - b p_j c$$

Derivado parcialmente la ecuación (9) con respecto a p_i y se obtiene:

$$\pi_i(p_i, p_j) = a p_i - a c - \alpha_i p_i^2 + \alpha_i p_i c + b p_j p_i - b p_j c$$

$$\frac{\partial \pi_i(p_i, p_j)}{\partial p_i} = a - 2\alpha_i p_i + \alpha_i c + b p_j = 0 \quad (10)$$

Para obtener las funciones de mejor respuesta se despeja p_i de la ecuación (10), con lo que se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$-2\alpha_i p_i = -b p_j a - \alpha_i c$$

$$2\alpha_i p_i = b p_j a + a + \alpha_i c \quad (11)$$

$$p_i = \frac{a + \alpha_i c + b p_j}{2\alpha_i}$$

Y por simetría:

$$p_j = \frac{a + \alpha_j c + b p_i}{2\alpha_j} \quad (12)$$

De este modo se resuelve el sistema de ecuaciones para p_i y p_j para encontrar el equilibrio de Nash como se muestra a continuación:

$$p_i = \frac{a + \alpha_i c + b p_j}{2\alpha_i}$$

$$2\alpha_i p_i = a + \alpha_i c + b p_j$$

$$2\alpha_i p_i = a + \alpha_i c + b \left(\frac{a + \alpha_j c + b p_i}{2\alpha_j} \right)$$

$$2\alpha_i p_i = a + \alpha_i c + \frac{b(a + \alpha_j c)}{2\alpha_j} + \frac{b^2 p_i}{2\alpha_j}$$

$$p_i \left(2\alpha_i - \frac{b^2}{2\alpha_j} \right) = a + \alpha_i c + \frac{b(a + \alpha_j c)}{2\alpha_j}$$

$$p_i = \frac{a + \alpha_i c + \frac{b(a + \alpha_j c)}{2\alpha_j}}{\frac{4\alpha_i \alpha_j - b^2}{2\alpha_j}} \tag{13}$$

$$p_i = \frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2}$$

Y por simetría:

$$p_j = \frac{2\alpha_i(a + \alpha_j c) + b(a + \alpha_i c)}{4\alpha_j \alpha_i - b^2} \tag{14}$$

Las ecuaciones (13) y (14) muestran en donde se ubica el equilibrio de Nash para este juego, lo que quiere decir que en este punto ni la empresa i ni la empresa j tienen un incentivo de desviarse a otra estrategia.

Si los resultados se transfieren a una matriz de pagos, pay outs, se podrían evaluar diversos escenarios en los que se modifique el factor de sustitución de productos, b , o el factor de inversión para la fabricación del lácteo funcional, α , debido a la elección de una u otra estrategia simultánea.

Como $1 > \alpha > 0$, si el jugador i decide invertir en un factor para la fabricación del lácteo funcional $\alpha < 1$ y si decide no hacerlo $\alpha = 1$ y lo mismo ocurrirá con el jugador j . Por lo tanto los pagos se encuentran determinados por la función de ganancia para lo cual se sustituyen ambos equilibrios como se muestra a continuación:

$$\pi_i(p_i, p_j) = [a - \alpha_i p_i + b p_j][p_i - c]$$

$$\pi_i(p_i, p_j) = \left[a - \alpha_i \frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} + b \frac{2\alpha_i(a + \alpha_j c) + b(a + \alpha_i c)}{4\alpha_j \alpha_i - b^2} \right] \left[\frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} - c \right]$$

$$\pi_i(p_i, p_j) = \left[\frac{a(4\alpha_i \alpha_j - b^2)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} - \alpha_i \frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right]$$

$$\begin{aligned}
& + b \frac{2\alpha_i(a + \alpha_j c) + b(a + \alpha_i c)}{4\alpha_j \alpha_i - b^2} \left[\frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right. \\
& \left. - \frac{c(4\alpha_i \alpha_j - b^2)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
\pi_i(p_i, p_j) = & \\
& \left[\frac{a(4\alpha_i \alpha_j - b^2) - \alpha_i [2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c)] + b [2\alpha_i(a + \alpha_j c) + b(a + \alpha_i c)]}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
& \left[\frac{2\alpha_j(a + \alpha_i c) + b(a + \alpha_j c) - c(4\alpha_i \alpha_j - b^2)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
\pi_i(p_i, p_j) = & \\
& \left[\frac{4a\alpha_i \alpha_j - ab^2 - \alpha_i(2a\alpha_j + 2\alpha_i \alpha_j c + ab + \alpha_j bc) + b(2\alpha_i a + 2\alpha_i \alpha_j c + ab + \alpha_i bc)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
& \left[\frac{2\alpha_j a + 2\alpha_i \alpha_j c + ab + \alpha_j bc - 4\alpha_i \alpha_j c + b^2 c}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \tag{15} \\
\pi_i(p_i, p_j) = & \\
& \left[\frac{4a\alpha_i \alpha_j - ab^2 - 2a\alpha_i \alpha_j - 2\alpha_i^2 \alpha_j c - \alpha_i ab - \alpha_i \alpha_j bc + 2\alpha_i ab + 2\alpha_i \alpha_j bc + ab^2 + \alpha_i b^2 c}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
& \left[\frac{2\alpha_j a + 2\alpha_i \alpha_j c + ab + \alpha_j bc - 4\alpha_i \alpha_j c + b^2 c}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
(p_i, p_j) = & \left[\frac{2a\alpha_i \alpha_j - 2\alpha_i^2 \alpha_j c + \alpha_i ab - \alpha_i \alpha_j bc + 2\alpha_i \alpha_j bc + \alpha_i b^2 c}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
& \left[\frac{2\alpha_j a + 2\alpha_i \alpha_j c + ab + \alpha_j bc - 4\alpha_i \alpha_j c + b^2 c}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \\
\pi_i(p_i, p_j) = & \left[\frac{\alpha_i \alpha_j (2a - 2\alpha_j c - bc + 2bc) + \alpha_i b(a + bc)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right] \left[\frac{\alpha_i \alpha_j (-2c) + \alpha_j (2a + bc) + b(a + bc)}{4\alpha_i \alpha_j - b^2} \right]
\end{aligned}$$

Suponiendo que se presentara un escenario donde las empresas pueden elegir entre invertir un 50% del disponible en un factor para la fabricación del lácteo funcional o decidir no invertir, las estrategias resultantes en competencia podrían ejemplificarse en una matriz de pagos, como se muestra en el cuadro 1

Cuadro 1 Matriz de pagos al invertir 50% en un factor para la fabricación del lácteo funcional

<i>Estrategia</i>		<i>Invertir</i>	<i>No Invertir</i>
<i>J u g a d o r j</i>			
<i>Invertir</i>	<i>J</i>	$\left[\frac{0.5a - 0.25c + 0.25bc + 0.5ba + 0.5b^2c}{1 - b^2} \right]$	$\left[\frac{a - c - 0.5bc + bc + 0.5ab + 0.5b^2c}{2 - b^2} \right]$
	<i>u</i>	$\left[\frac{-0.5c + a + 0.5bc + ba + b^2c}{1 - b^2} \right]$	$\left[\frac{-c + 2a + bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$
	<i>g</i>	$\left[\frac{0.5a - 0.25c - 0.25bc + 0.5bc + 0.5ba + 0.5b^2c}{1 - b^2} \right]$	$\left[\frac{a - 0.5c - 0.5bc + bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$
	<i>a</i>	$\left[\frac{-0.5c + a + 0.5bc + ba + b^2c}{1 - b^2} \right]$	$\left[\frac{-c + a + 0.5bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$
<i>No Invertir</i>	<i>o</i>	$\left[\frac{a - 0.5c - 0.5bc + bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$	$\left[\frac{2a - 2c - bc + 2bc + ba + b^2c}{4 - b^2} \right]$
	<i>r</i>	$\left[\frac{-c + a + 0.5bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$	$\left[\frac{-2c + 2a + bc + ba + b^2c}{4 - b^2} \right]$
	<i>i</i>	$\left[\frac{a - c - 0.5bc + bc + 0.5ab + 0.5b^2c}{2 - b^2} \right]$	$\left[\frac{2a - 2c - bc + 2bc + ba + b^2c}{4 - b^2} \right]$
	<i>d</i>	$\left[\frac{-c + 2a + bc + ba + b^2c}{2 - b^2} \right]$	$\left[\frac{-2c + 2a + bc + ba + b^2c}{4 - b^2} \right]$

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente sección se presenta la aplicación del modelo desarrollado, con el fin de observar hasta qué punto el sistema depende de la relación entre la inversión en el factor para la fabricación del lácteo funcional y el factor de relación que tienen los productos entre sí, ya que debido a sus cambios los productos podrían ser

sustitutos entre sí, lo que modificaría la función de utilidad de las empresas i y j .

5. Resultados y discusión

Una vez que en la sección anterior se ha presentado la extensión del modelo de Bertrand, se procede a plantear diversos escenarios para ubicar las estrategias para maximizar la utilidad de dos empresas lácteas que compiten en duopolio, en donde los precios se fijan inicialmente.

En la segunda sección se planteó que la innovación tecnológica es indispensable para el desarrollo de la industria láctea en diversos sectores, ya que el impulso comercial de los productos lácteos ha promovido cambios tecnológicos, fuera del campo exclusivo de la ganadería y el procesamiento de alimentos, para lograr innovaciones en el diseño de producto, su distribución y promoción.

Partiendo del principio de racionalidad, las empresas productoras comenzarían a invertir en tecnología e innovación, generando productos diferenciados, como es el caso de los productos lácteos funcionales. Así mismo, se supondría, por el mismo principio de racionalidad, que los productores de derivados genéricos tendrían incentivos para abandonar la producción de productos análogos de baja calidad.

Se busca simular, mediante la extensión del modelo de Bertrand, el comportamiento de dos empresas, que pueden decidir entre dos estrategias posibles para la producción de bienes diferenciados. La estrategia A implica la inversión en probióticos para el desarrollo de un queso funcional, mientras que la estrategia B contempla la producción de un queso genérico.

Las empresas, $E1$ y $E2$, compiten eligiendo el precio de su producto simultáneamente, en cuyo caso elegirán los precios $p1$ y $p2$ respectivamente y no tendrán la oportunidad de cooperación. Adicionalmente, para la simulación se ha agregado un factor α que incide en la inversión en probióticos para la conformación de productos funcionales o la decisión de no invertir en los mismos.

Por simplificación, en la simulación se presenta únicamente 3 escenarios que ejemplifican la dinámica del duopolio, no obstante que existen combinaciones ilimitadas para la conformación de configuraciones en el mismo duopolio.

Los escenarios propuestos distinguen por el factor de diferenciación de los productos b . En el primer escenario $b = 0.9$, lo que indicando un factor alto de sustitución entre los productos pues aunque son productos diferenciados se encuentran dentro del mismo rango de prioridad de compra para un consumidor; en el segundo escenario $b = 0.5$, lo que indica que los productos son medianamente sustitutos y en el tercero escenario $b = 0.1$, lo que indica que los productos no son sustitutos y que la prioridad de compra del consumidor es distinta para cada uno de ellos, o no satisfacen de similar forma la misma necesidad.

Así mismo, se contemplan dos valores posibles del factor de inversión $\alpha = 0.5$ o la elección de una estrategia que suponga la no inversión, en cuyo caso $\alpha = 1$.

Adicionalmente, se supone que el precio del lácteo funcional a , es superior a los costos de producción en todos los casos y que, para efectos prácticos, será igual al costo de producción más un porcentaje de utilidad. Así mismo, y como ya se mencionó anteriormente, en todos los casos se supondrá que no existe colusión entre los jugadores y las decisiones se toman de manera simultánea.

El costo de producción será de \$45, $c = \$45$ para ambas empresas y los costos fijos son inexistentes o despreciables para el análisis, cabe mencionar que los costos marginales son constantes e iguales a c y por lo tanto $c < a$, dado que el precio es igual al costo de producción más un porcentaje de utilidad. El margen de utilidad que se utilizara en la simulación es del 15% y por lo tanto $a = 51.75$.

A continuación se presentan las tres matrices de pagos, en los que se muestran los pagos obtenidos por las empresas sustituyendo los valores antes descritos en las funciones de ganancia que se muestran en la matriz anterior, ubicando asimismo el equilibrio de Nash en estrategias simples para cada escenario.

La matriz de pagos del primer escenario se muestra en el cuadro 2. En esta matriz el factor de sustitución entre los productos es $b = 0.9$, lo que indicando los consumidores perciben la misma utilidad, o satisfacción, al comprar a la empresa $E1$ o $E2$, aunque los productos son diferentes.

Cuadro 2 Matriz de pagos con factor de sustitución entre los productos $b = 0.9$

		EMPRESA 2	
		Invertir	No Invertir
EMPRESA 1	Invertir	(742.50 ; 742.50)	(197.96 ; 137.46)
	No Invertir	(137.46 ; 197.96)	(87.95 ; 87.95)

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 2, si las empresas $E1$ y $E2$ manufacturan productos similares el equilibrio se encuentra en la decisión de invertir un 50% del factor de inversión de probióticos, obteniendo un pago mayor a las estrategias que contemplan la No inversión o mantenerse produciendo derivados genéricos.

Considerando que, de acuerdo al modelo de Bertrand inicial, si una empresa se desvía del precio de equilibrio a un precio menor, en caso de que la empresa $E1$ optara por no invertir y la empresa $E2$ optara por invertir, la empresa $E1$ podría quedarse con la demanda total del producto, pero aun así no obtendría la máxima ganancia esperada.

La matriz de pagos del segundo escenario se muestra en el cuadro 3. En esta matriz el factor de sustitución entre los productos es $b = 0.5$, lo que indica que los consumidores perciben ciertas diferencias entre los productos y tienen preferencia al momento de estar los dos disponibles, es decir, prefieren el producto la empresa $E1$ sobre el producto de la empresa $E2$ o viceversa.

Cuadro 3 Matriz de pagos con factor de sustitución entre los productos $b = 0.5$

		EMPRESA 2	
		Invertir	No Invertir
EMPRESA 1	Invertir	(148.50 ; 148.50)	(112.5 ; 76.5)
	No Invertir	(76.50 ; 112.50)	(64.50 ; 64.50)

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el cuadro 3, si las empresas $E1$ y $E2$ manufacturan productos sustitutos el equilibrio se encuentra, nuevamente, en la decisión de invertir un 50% del factor de inversión de probióticos, obteniendo un pago mayor que el obtenido en cualquiera de las otras estrategias.

Sin embargo, se puede observar comparando el cuadro 2 con el cuadro 3, hay una disminución general en el sistema de ganancias derivado de un factor de sustitución medio, $b = 0.5$. Es decir, los consumidores podrían optar por cambiar su preferencia o no hacerlo con la misma probabilidad, lo cual supondría que en una competencia oligopólica los competidores se benefician en la medida en la que sus productos pueden ser sustitutos entre sí, para lograr un mayor margen de utilidades de forma colectiva.

La matriz de pagos del tercer escenario se muestra en el cuadro 4. En esta matriz el factor de sustitución entre los productos es $b = 0.1$, lo que implica que los productos no son sustitutos. Es decir, los compradores no perciben la misma utilidad, o satisfacción, al adquirir el producto de la empresa $E1$ sobre el producto de la empresa $E2$ o viceversa.

Cuadro 4 Matriz de pagos con factor de sustitución entre los productos $b = 0.1$

		EMPRESA 2	
		Invertir	No Invertir
EMPRESA 1	Invertir	(82.50 ; 82.50)	(79.48 ; 52.35)
	No Invertir	(52.49 ; 79.75)	(50.92 ; 50.92)

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 4, nuevamente el equilibrio para ambas empresas se encuentra en la decisión de invertir 50% del factor de inversión en probióticos, sin embargo, es visible que en la medida en que los productos se pueden sustituir, los consumidores no tendrán opciones para tomar una determinación de cambio de proveedor por lo cual, al generar una mayor diferenciación entre los productos y evitar las sustituciones, se obtiene un pago menor en el sistema de ganancias de forma colectiva.

Conclusiones

La investigación se centró en la competencia de la industria láctea. Se planteó que parte de la problemática de esta industria se debe a la baja inversión en tecnología e innovación y la baja diferenciación en la manufactura de productos. No obstante, se debe tener en cuenta que en la economía agrícola se presentan peculiaridades que pueden afectar las funciones de oferta y demanda de los productos.

La industria láctea ha pasado de elaborar productos con mínimas singularidades a la producción especializada de productos lácteos funcionales, debido a la demanda que existe de este tipo de productos. Así mismo, se ha visto incrementado el número de competidores en el sector que ofrecen productos con muy diversos atributos tangibles e intangibles

La elaboración de productos lácteos funcionales se ha presentado como una de las respuestas a los problemas de salud pública. Además, la diferenciación de los productos lácteos funcionales se presenta como un factor de competitividad.

Se demostró que el modelo desarrollado es robusto al momento de que se evaluaron las estrategias posibles de n competidores para fijar precios simultáneamente. Así mismo, con el modelo desarrollado fue factible considerar los diferentes grados de sustitución de los productos lácteos funcionales y los diferentes porcentajes de inversión en tecnología, además de que permitió evaluar escenarios en el que cada competidor logró maximizar sus utilidades e identificar la influencia y la relación de diversos componentes en un

determinado escenario, mediante el estudio de la interacción de estrategias de los jugadores. Cabe resaltar que el modelo puede ser utilizado en otros juegos que presenten características similares a las que se plantean en este trabajo.

Adicionalmente, se comprobó que, de acuerdo con lo planteado en el modelo de Bertrand inicial, en el duopolio si una empresa se desvía del precio de equilibrio y disminuye el precio, además de que una de las empresas tome la decisión de no invertir, la empresa que disminuyo el precio podría quedarse con la demanda total del mercado, pero no obtendría la máxima ganancia esperada en otros escenarios.

Así mismo, como un factor que de impulso a la evolución de la industria láctea, se demostró que si los productos no se pueden sustituir, las ganancias disminuyen, en comparación de cuando en el duopolio las empresas producen productos similares. Es decir, si los bienes o servicios que producen las empresas en un duopolio presentan características que produzcan el mismo nivel de utilidad, o satisfacción a los consumidores, la función de utilidad encuentra su máximo.

Entre las limitaciones que se presentan en la investigación se encuentran que solo se realizó la aplicación para dos empresas, con la posibilidad de invertir o no y con solo tres posibles grados de sustitución, lo cual limita la decisión de invertir o no dependiendo de los resultados que se tengan en el mercado, se agreguen más competidores y se tengan diferentes niveles de sustitución. Cabe señalar que dichos escenarios se analizarán en futuras investigaciones.

Referencias

- Accinelli, E., & Vaz, D. (2013). *Notas Docentes 3*. Recuperado el 06 de 11 de 2016, de Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República de Uruguay: <http://cienciassociales.edu.uy/departamentodeeconomia/wp-content/uploads/sites/2/2013/archivos/Nota03.pdf>.
- Ashwell, M. (2002). *Concepts of Functional Food*. Brussels, Belgium: ILSI Europe. Banda Ortiz, H., & Hirsch, J. (2014). Una aproximación a la crisis griega desde la teoría de juegos. *Eseconomía*, 7-42.
- Banda Ortiz, H., Lara Gómez, G., & Gómez Hernandez, D. (2013). VII Congreso Internacional de Investigadores en Competitividad. *El modelo de Bertrand aplicado a las AFORES en México: Una aproximación teórica* (págs. 2206-20218). Puerto Vallarta: Red Internacional de Investigadores en Competitividad.
- Cámara Nacional de Industriales de la Leche . (1 de septiembre de 2013). *Producción, importación y consumo de leche 2007*. Recuperado el 1 de septiembre de 2013, de CANILEC: <http://www.canilec.org.mx/estadisticas/archivo/2007.jpg>
- CANILEC. (2018). *Estadísticas del Sector Lácteo 2010-2017*. México: Cámara Nacional de Industriales de la Leche.
- Castro López, C. J., Sánchez Rodríguez, G., Iruegas Evaristo, L. F., & Saucedo Lugo, G. (2001). *Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México*. México: FIRA.
- CIAL Dun & Bradstreet. (2018). *Análisis de la Industria de Alimentos y Bebidas México*. México: CIAL Dun & Bradstreet.
- Dixit, A., & Nalebuff, B. (2010). *El arte de la estrategia: la teoría de juegos, guía del éxito en sus negocios y su vida diaria*. Barcelona: Antoni Bosch editor.
- Fudenberg, D., & Tirole, J. (1991). *Game Theory*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Gibbons, R. (1992). *Un primer curso de teoría de juegos*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Guerrien, B., & Jallais, S. (2008). *Microeconomía. Una presentación crítica*. París: Maia Ediciones.

- Guo, X. P., y O. Hernández Lerma (2005a), Zero Sum Continuous Time Markov Games with Unbounded Transition and Discounted Payoff Rates, *Bernoulli*, vol. 11, núm. 6, pp. 1009-1029.
- Gutiérrez Aceves, L. O. (2014). *Modelo de Comercialización para la Producción de Lácteos Funcionales como Factor de Competitividad en las Empresas Queretanas*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro
- Heifetz, A. (2012). *Game Theory. Interactive Strategies in Economics and Management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, H. (2007). Introduction. En J. Neuman, & O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*: 60th Anniversary Commemorative Edition (págs. vii-xiv). Princeton: Princeton University Press
- Mattila-Sandholm, T., & Saarela, M. (2003). *Functional Dairy Products, Volumen 1*. United Kingdom: Woodhead Publishing
- SADER. (30 de mayo de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Crece la producción de leche en México: SAGARPA: <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es>
- SAGARPA. (2018). *Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Leche de Bovino en México*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2002). *Economía*. México D.F.: McGraw-Hill
- SIAP. (2018). *Boletín de Leche abril-junio 2016*. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca
- Tarziján, J., & Paredes, R. (2006). *Organización Industrial para la estrategia empresarial*. México: Pearson Prentice Hall.
- USDA Foreign Agricultural Service. (2008). *Mexico Dairy and Products Annual 2008*. México City: USDA
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. 1944. *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press.