

OPCIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA MEJORAR EL INGRESO DE LOS PRODUCTORES DE DURAZNO [*Prunus persica* (L.) Batsch] EN EL ESTADO DE MÉXICO

TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIONS TO IMPROVE THE INCOME OF PEACH [*Prunus persica* (L.) Batsch] PRODUCERS IN THE ESTADO DE MEXICO

María I. Ortiz-Rivera¹, José de J. Brambila-Paz^{1*}, Daniel Barrera-Islas¹, Enrique de J. Arjona-Suárez², Glafiro Torres-Hernández³, Ma. del Carmen López-Reyna⁴, Juvencio Hernández-Martínez⁵

¹Programa de Economía, ²Estadística, ³Ganadería, ⁴Agronegocios, Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ⁵Centro Universitario UAEM Texcoco. Carretera Texcoco-Los Reyes La Paz km 8.5. Av. Jardín Zumpango S/N Fracc. El Tejocote. (jbrambilaa@colpos.mx).

RESUMEN

La producción mexicana de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] está crisis económica, porque la superficie sembrada, la producción, los precios y el consumo nacional per cápita disminuyen paulatinamente. Por lo tanto, los ingresos de los productores son bajos. El objetivo de este estudio fue evaluar si la producción orgánica de durazno contribuiría a mejorar los ingresos de los productores en el Estado de México. La viabilidad económica de convertir el sistema de producción convencional al sistema de producción orgánica se evaluó mediante la teoría de las opciones reales y a través del método de los árboles binomiales se valoró la opción de abandono. En contraste con los métodos tradicionales de valoración, el enfoque de opciones reales considera la flexibilidad en las decisiones cuando existe volatilidad e incertidumbre en la rentabilidad de las inversiones. El valor cuantificado de los subproductos y residuos derivados del cultivo se sumó a los ingresos finales del agricultor, para comprobar si el importe ayudaría a mejorar su ingreso, durante y después del proceso de conversión. Invertir en la producción orgánica es factible, puesto que el valor de las opciones fue positivo, incluso cuando se consideró la opción de abandonar el proyecto. La valoración económica de los subproductos contribuyó a mejorar el ingreso de los productores.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, agricultura orgánica, agricultura convencional, opciones reales, subproductos.

ABSTRACT

Mexican peach production [*Prunus persica* (L.) Batsch] faces an economic crisis, as a result of the gradual decrease the area planted, production, prices, and national consumption *per capita*. Therefore, the producers have a low income. The objective of the study was to assess whether or not organic peach production would contribute to the improvement of the income of producers in the Estado de Mexico. The economic viability of turning the conventional production system into the organic production system was evaluated using the real options theory, while the abandonment option was assessed through the binomial option pricing model. In contrast to traditional valuation methods, the real options theory considers flexibility in decisions when the profitability of investments faces volatility and uncertainty. The quantified value of the crop by-products and residues was added to the farmer's final income to find out if the amount would help to improve his income, during and after the conversion process. Given the positive value of the options, investing in organic production is feasible, even when the project abandonment option was considered. The economic valuation of the by-products contributed to improve the income of the producers.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, organic agriculture, conventional agriculture, real options theory, by-products.

INTRODUCTION

The demand for organic food (such as fruits, vegetables, and coffee) is constantly increasing, as a consequence of the consumers' preference for environmentally friendly products (Granatstein *et al.*, 2016; You and Hsieh, 2017),

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2018. Aprobado: diciembre, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 279-293. 2020.

INTRODUCCIÓN

La demanda por alimentos orgánicos, como frutas, verduras y café, aumenta constantemente debido a la preferencia de los consumidores por productos amigables con el ambiente (Granatstein *et al.*, 2016; You y Hsieh, 2017), principalmente en países con ingresos altos (Sahota, 2015). En 2013 la agricultura orgánica representó menos de 1% del total de la superficie agrícola mundial y ocupó 5% del total de las ventas en los países desarrollados (Willer y Lernoud, 2015), pero es uno de los sectores alimentarios con tasas mayores de crecimiento (Seufert *et al.*, 2017). La tierra destinada a la producción orgánica de frutas de temporada, principalmente de manzanas (*Malus × domestica*), albaricoques (*Prunus armeniaca*) y peras (*Pyrus communis*), se duplicó entre 2008 y 2013 (OrganicDataNetwork, 2015) y el mercado global de alimentos orgánicos aumentó de 57 500 a 104 700 millones de dólares entre 2010 y 2015, con tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) de 12.9% (You y Hsieh, 2017). Esta es una oportunidad de negocio para los productores que deseen incorporarse al mercado de este tipo de frutas.

En México, la superficie agrícola es de 27.5 millones de ha y representa 25.2% de la superficie total (INEGI, 2015). En 2016 la agricultura participó con 65.4% en el PIB de las actividades primarias, alcanzó 198 mil t que fueron 11% más que en 2012, por el aumento en la cosecha de frutales, hortalizas y granos (SAGARPA, 2017). El durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] es uno de los cultivos caducifolios más importantes por las variedades adaptadas a las condiciones climatológicas y producción de manera tradicional en el territorio mexicano. Este sector productivo enfrenta una crisis económica porque la superficie sembrada y la producción se han reducido 22 y 20% (de 45 a 35 mil ha plantadas y de 222 a 176 mil t). El ingreso real por ha que recibe el productor muestra tendencia a disminuir (SIAP, 2017); además, el consumo nacional per cápita de la fruta ha disminuido y el clima para la producción es adverso (Santiago-Mejía *et al.*, 2015).

Ante este panorama, las opciones reales para los productores de durazno son necesarias, para que ellos mejoren sus ingresos y mantengan la producción. Una opción es transformar el sistema de producción convencional o tradicional en uno de

mainly in high-income countries (Sahota, 2015). In 2013, organic agriculture represented less than 1% of the total world agricultural area and 5% of total sales in developed countries (Willer and Lernoud, 2015); however, it is one of the food sectors with the highest growth rates (Seufert *et al.*, 2017). The land allocated to the organic production of seasonal fruits—mainly apples (*Malus × domestica*), apricot (*Prunus armeniaca*), and pears (*Pyrus communis*)—doubled between 2008 and 2013 (OrganicDataNetwork, 2015). The global organic food market increased from US\$ 57.5 billion to 104.7 billion between 2010 and 2015, with an estimated annual compound growth rate (TCAC) of 12.9% (You and Hsieh, 2017). This is a business opportunity for producers who wish to enter the market for this type of fruit.

In Mexico, the agricultural area covers 27.5 million ha, and represents 25.2% of the total area (INEGI, 2015). In 2016, as a result of the increase in the harvest of fruits, vegetables, and grains, agriculture accounted for 65.4% of the GDP of primary activities, reached a 198 000-t production, which represented an increase of 11% with regard to 2012 (SAGARPA, 2017).

Peaches [*Prunus persica* (L.) Batsch] are one of the major deciduous crops in the Mexican territory, owing to the varieties that are adapted to the weather conditions and traditional production methods. In the last ten years, this productive sector has faced an economic crisis, as a result of the 22 and 20% reduction of the sowing area and the production (from 45 to 35 thousand ha and from 222 to 176 thousand t, respectively). The actual income that the producer receives per ha shows a decreasing trend (SIAP, 2017); in addition, the national per capita consumption of the fruit has decreased and the climate for production is adverse (Santiago-Mejía *et al.*, 2015).

In the face of this scenario, peach producers need real options to improve their income and maintain their production. There are several reasons why transforming the conventional or traditional production system into an organic production system is a good option: organic fruit commands higher prices (Olgun *et al.*, 2006; Jimenez *et al.*, 2007; Bravin *et al.*, 2010; Peck *et al.*, 2010); the high quality of the product (Hondebrink *et al.*, 2017); it is a sustainable option; and it contributes to the rational exploitation of the land and food production with

producción orgánica; ya que el precio de la fruta orgánica es más elevado (Olgun *et al.*, 2006; Jimenez *et al.*, 2007; Bravin *et al.*, 2010; Peck *et al.*, 2010), el producto que se oferta es de alta calidad (Hondebrink *et al.*, 2017) y la opción es sustentable y contribuye a la explotación racional de la tierra y producción de alimentos con impacto ambiental menor (Tilman, 1998; Delgado y Pérez, 2013).

Para que el cultivo se considere orgánico deben transcurrir al menos 3 años sin usar agroquímicos no autorizados durante la producción y su venta. Esta disposición indica que la producción está “en conversión” o “transición” (Granatstein *et al.*, 2016). Durante esta fase, los rendimientos disminuyen y los costos totales de producción suelen aumentar. Por lo tanto, para fortalecer la economía del agricultor durante esta etapa podría añadirse el valor económico de los subproductos y residuos de la producción del fruto.

En los huertos de durazno se origina biomasa de tallos y hojas que se destruyen en el campo de cultivo sin beneficio económico directo (Askew y Holmes, 2002). Esa biomasa podría usarse para obtener biofertilizante, biocombustible o madera para la industria (Van Den Broek, 1997), generaría ingresos para los productores y ayudaría a reducir los impactos negativos al ambiente (FAO, 2003). Las semillas del fruto que no se vendió también podrían usarse, porque contienen una almendra con alrededor de 50% de aceite (Sánchez-Vicente *et al.*, 2009) y 27.5% de proteína (Rahma, 1988); muestra propiedades terapéuticas y ácidos grasos insaturados (Wu *et al.*, 2011), ácido oleico (58%), linoleico (32%) y palmítico (8%) (Kamel y Kakuda, 1992), y compuestos antioxidantes. Este recurso puede destinarse a la industria de alimentos y suplementos nutraceuticos para humanos (Sánchez-Vicente *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011) o animales, como combustible (Mezzomo *et al.*, 2009) o en la industria cosmética, como materia prima para jabones, lociones y cremas (Saadany *et al.*, 2004). El aspecto económico relacionado con la producción orgánica de durazno, basada en la teoría de las opciones reales o del aprovechamiento de sus subproductos y residuos no se ha documentado.

El objetivo de este estudio fue evaluar económicamente la conversión de la producción convencional de durazno a orgánica, en el Estado de México, e incorporar el valor económico de los subproductos y residuos del proceso de producción al ingreso del productor. La hipótesis fue que esta transición y uso

less environmental impact (Tilman, 1998; Delgado and Pérez, 2013).

A crop is considered organic when no unauthorized agrochemicals were used for at least 3 years during its production and sale. This regulation indicates that production is “in conversion” or “transition” (Granatstein *et al.*, 2016). During this phase, yields decrease and total production costs tend to increase. Therefore, in order to strengthen the farmer’s economy during this stage, the economic value of the by-products and waste of fruit production could be added.

In peach orchards, biomass is generated from stems and leaves destroyed *in situ* without direct economic benefit (Askew and Holmes, 2002). This biomass could be used to obtain biofertilizer, biofuel or timber for the industry (Van Den Broek, 1997), generating income for the producers and helping to reduce negative impacts on the environment (FAO, 2003). The seeds of the unsold fruit could also be used: its kernel has about 50% oil (Sánchez-Vicente *et al.*, 2009), 27.5% protein (Rahma, 1988), therapeutic properties and unsaturated fatty acids (Wu *et al.*, 2011), 58% oleic, 32% linoleic, 8% palmitic acids (Kamel and Kakuda, 1992), and antioxidant compounds. This resource can be sold to the food and nutraceutical supplements industry for humans (Sánchez-Vicente *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011) or animals; used as fuel (Mezzomo *et al.*, 2009); or sold to the cosmetic industry, as raw material for soaps, lotions, and creams (Saadany *et al.*, 2004). The economic aspect of organic peach production is not documented, whether it is based on real options theory or on the use of its by-products and waste.

The objective of this study was to economically evaluate the conversion of conventional peach production to organic peach production in the Estado de México, and to incorporate the economic value of the by-products and waste from the production process to the producer’s income. The hypothesis was that this transition and the use of by-products improve the income of peach producers.

MATERIALS AND METHODS

Location of study area

The study was carried out in the municipalities of Almoloya de Alquisiras, Sultepec, Temascaltepec, Tenancingo,

de los subproductos contribuyen a mejorar el ingreso de los productores de durazno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se desarrolló en los municipios de Almoloya de Alquisiras, Sultepec, Temascaltepec, Tenancingo y Texcaltitlán, Estado de México. Veintinueve productores de durazno se seleccionaron en 2015, mediante muestreo de bola de nieve. La información provino de entrevistas semiestructuradas, que incluían preguntas del proceso, los costos de producción, los rendimientos, los precios de venta, el manejo y la valoración de los subproductos, la problemática de la actividad y la comercialización. Los datos obtenidos se analizaron con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS 20.0).

Costos, precios y rendimientos de la producción orgánica de durazno

Los costos y los precios del durazno orgánico en México se desconocen, por lo cual una aproximación de estas variables se obtuvo comparando los valores de manzana y pera producidas en el régimen orgánico. El precio de la manzana orgánica “Gala” producida en Washington incrementó 39% (Taylor y Granatstein, 2013) y 59% respecto a la convencional (Glover *et al.*, 2002), y en Suiza el precio de las manzanas orgánicas se duplicó respecto a las convencionales (Bravin *et al.*, 2010). El costo del cultivo de manzana aumentaba 9% en Nueva York (Peckt *et al.*, 2010) y de 5 a 10% en Washington (Taylor y Granatstein, 2013) y en el Valle de Sacramento, California, el costo de producción orgánica de pera fue 11% más elevado que en el convencional (Ingels y Klonsky, 2012).

Por lo tanto, para esta investigación se supuso que el precio del durazno orgánico se duplicaría, respecto al precio del durazno tradicional y que los costos de producción serían 10% mayores que los del sistema convencional, por los precios de biofertilizantes, bioinsecticidas y biopesticidas; en la producción orgánica el rendimiento se estimó que sería 50% menor que en el sistema de producción convencional (Fauriel *et al.*, 2007; Sautereau *et al.*, 2013) (Cuadro 1).

Además de los supuestos mencionados, se infirió que para establecer este nuevo sistema de producción el durazno convencional ya se producía. El rendimiento promedio, en el Estado de México, era 10.59 t h⁻¹ (SIAP, 2017) y los productores deberían asociarse, como lo han hecho los agricultores de agave criollo orgánico y de cebada en el Estado de México, y constituirse en la forma legal para obtener la certificación (Gómez *et al.*, 2005) y reducir el costo de esta última (Delgado y Pérez, 2013).

and Texcaltitlán, Estado de México. Twenty-nine peach producers were selected in 2015 by snowball sampling. The information was obtained through semi-structured interviews, which included questions about the process, production costs, yields, sales prices, handling and valuation of by-products, activity issues, and commercialization. The data obtained was analyzed with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 20.0).

Costs, prices, and yields of organic peach production

The costs and prices of organic peach in Mexico are unknown. Therefore, the approximate value of these variables was obtained comparing the values of organic apples and pears. The price of “Gala” organic apples —produced in Washington— increased 39% (Taylor and Granatstein, 2013) and 59% compared with conventional apples (Glover *et al.*, 2002); meanwhile in Switzerland, the price of organic apples doubled compared with conventional apples (Bravin *et al.*, 2010). The cost of growing apples increased 9% in New York (Peckt *et al.*, 2010) and 5-10% in Washington (Taylor and Granatstein, 2013). Meantime, in the Sacramento Valley, California, the cost of producing organic pears was 11% higher than the cost of growing conventional pears (Ingels and Klonsky, 2012).

Therefore, for the purposes of this research, it was assumed that the price of organic peach would double, compared to the price of traditional peach, and that the production costs would be 10% higher than those of the conventional system, due to the price of biofertilizers, bioinsecticides, and biopesticides. The yield of organic production was estimated to be 50% lower than in the conventional production system (Fauriel *et al.*, 2007; Sautereau *et al.*, 2013) (Table 1).

In addition to the aforementioned assumptions, it was inferred that—in order to establish this new production system—a conventional peach production was already underway. The average yield in the Estado de México was 10.59 t h⁻¹ (SIAP, 2017). The producers should follow the example of their fellow farmers of organic native agave and barley and constitute a legal association to obtain the certification (Gómez *et al.*, 2005) and reduce its cost (Delgado and Pérez, 2013).

Quantification and analysis of biomass (By-products and waste)

Two trees were chosen per lot from each 8-10 years old orchard. The size of the sample was determined by the high cost of defoliating each tree (a process which takes approximately 4 h). The age of the garden matches the latest trend. During pruning, the fruit was picked and the biomass gained was weighed, the stems were defoliated, and the weight of the leaves

Cuadro 1. Ingresos y costos de la producción orgánica de durazno en el Estado de México (\$/ha).

Table 1. Income and cost of organic production of peaches in the Estado de Mexico (\$/ha).

Concepto / años	0	1	2	3	4	5	9	10
Inversión inicial	3 425							
VAN	200 777							
Ingresos		22 598	20 305	19 650	85 144	85 144	85 144	85 144
Costos de producción		35 471	32 612	33 211	27 755	27 755	27 755	27 755
Flujo de efectivo		(12 874)	(12 307)	(13 561)	57 388	57 388	57 388	57 388

Cuantificación y análisis de la biomasa (subproductos y residuos)

Una huerta de entre ocho y diez años de vida y de cada parcela se escogieron dos árboles; el tamaño de muestra se debió a que el costo por defoliar un árbol es alto, porque tarda alrededor de 4 h; la edad del huerto correspondió a la moda. Durante la poda se hicieron recolectas y pesó la biomasa ganada, se defoliaron los tallos y determinó el peso de las hojas. El aceite de las semillas de frutos, con algún defecto y determinó el rendimiento y compuestos del aceite.

Para fijar el precio que recibirían los agricultores por la venta de la biomasa y los residuos, ya que no hay información en el país, se aplicaron los precios promedio de compra de los subproductos del olivar de una cooperativa agrícola española líder mundial en la valorización y el aprovechamiento de la biomasa de esta especie. Los precios del aceite que se usaron fueron los de albaricoque (Cuadro 2).

Teoría de las opciones reales

Uno de los enfoques tradicionales de valorización es el flujo de caja descontado (FDC) que determina el valor de una

was determined. Damaged fruits were used to make oil whose yield and compounds were determined.

Given the lack of information in Mexico, the average purchase prices of the by-products of a Spanish olive grove were applied to fix the price that Mexican farmers would receive for the sale of biomass and waste. The prices were provided by a Spanish agricultural cooperative that is world leader in the valuation and use of the biomass of this species. The prices used were those of apricot oil (Table 2).

Real options theory

The Discounted Cash Flow (DCF) is one of the traditional valuation approaches and it determines the value of an investment by discounting its cash flows at a specified interest rate. This method is used to estimate the net present value (NPV) that operates in the condition of a defined cash flow estimated. If this criterion is positive ($NPV > 0$) it must be invested; otherwise it should be rejected (Westerfield *et al.*, 1999). This procedure is useful, but it has limitations for the evaluation of volatile and uncertain investments, such as excluding the risk in the returns and in the occurrence of contingent events (Trigeorgis, 1996).

Cuadro 2. Precio estimado de los subproductos del cultivo del durazno.

Table 2. Estimated price of the by-products of peach crops.

	Precio		Referencia
	(\$/tonelada)	(\$/100 mL)	
Biomasa	788.00		Oleícola el Tejar ¹
Semilla (aceite)	1554.00	58.57 - 85.77	Mezzomo <i>et al.</i> (2009) Mezzomo <i>et al.</i> (2011) Cosmética Natural Casera Shop (2017) El Jabón Artesanal (2017)

¹Entrevista con el director de Administración y Financiero. Oleícola el Tejar Ntra. Sra. de Araceli, S. Coop. and. Crta. Córdoba –Málaga km. 98, El Tejar, Córdoba, España.

inversión descontando sus flujos de caja a una tasa determinada de interés. Con este método se estima el valor actual neto (VAN) que opera en la condición de un flujo de efectivo definido, si este criterio resulta positivo ($VAN > 0$) significa que se debe invertir, de lo contrario debería rechazarse (Westerfield *et al.*, 1999). Este procedimiento es útil, pero para evaluar inversiones volátiles e inciertas presenta limitaciones, como excluir el riesgo en los rendimientos y en la ocurrencia de eventos contingentes (Trigeorgis, 1996).

Un método alternativo de valuación que complementa a los convencionales es la Teoría de las Opciones Reales (ROV) (Myers y Turnbull, 1977) que permite incluir la flexibilidad en la toma de decisiones y la volatilidad de las inversiones con incertidumbre (Trigeorgis, 1996). La ventaja de este método es que maneja la posibilidad de abandonar o diferir si el proyecto no se justifica económicamente o las condiciones no lo favorecen; al contrario, puede expandirse o continuar si los escenarios son buenos (Mun, 2002). Una opción real es el derecho, pero no la obligación, de ejercer una acción que tiene efectos en un activo físico o real, con costo y tiempo predeterminado.

Las opciones reales cuantifican con ecuaciones analíticas (modelo de Black-Scholes), simulación (Monte Carlo), modelos discretos (árboles binomiales, trinomiales y multinomiales) o ecuaciones diferenciales parciales (método de diferencias finitas) (Miroslav, 2016). En esta investigación se desarrollaron árboles binomiales que se caracterizaron por la facilidad de cálculo e interpretación.

Árboles binomiales

El método de árboles binomiales consiste en estimar el precio del activo subyacente en el tiempo discreto a través de operaciones algebraicas sencillas (Cox *et al.*, 1979). Un árbol binomial para un periodo incluye el valor inicial del activo subyacente (V_0), que aumenta o decrece con los factores u o d , los cuales obedecen a la volatilidad de los precios, el valor de la opción con incremento (V_0u) y valor en el entorno decrecido (V_0d).

Así que, el cálculo de las probabilidades p y $1-p$ es función de la siguiente expresión:

$$p = \frac{(1+r) - d}{\mu - d} \quad (1)$$

donde: p es la probabilidad para el valor de la opción en el contexto creciente; μ es el factor de crecimiento del valor del activo; d es el factor de decrecimiento del valor del activo; r es la tasa libre de riesgo.

An alternative valuation method that complements the conventional ones is the Real Options Theory (ROV) (Myers and Turnbull, 1977), which allows the inclusion of flexibility in the decision making and volatility of uncertain investments (Trigeorgis, 1996). The advantage of this method is that it includes the possibility of abandoning or deferring a project that is not economically justified or which faces unfavorable conditions; on the contrary, it can expand or continue, if the scenarios are good (Mun, 2002). A real option is the right (but not the obligation) to take an action that has effects on a physical or real asset, with a predetermined cost and time.

Real Options are quantified with analytical equations (Black-Scholes model), simulation (Monte Carlo), discrete modellings (binomial, trinomial, and multinomial trees) or partial differential equations (finite-difference method) (Miroslav, 2016). In this research, easily calculated and interpreted binomial option pricing models were developed.

Binomial option pricing model

The binomial option pricing model consists in estimating the price of the underlying asset in discrete time, through simple algebraic operations (Cox *et al.*, 1979). A period's binomial option pricing model includes the initial value of the underlying asset (V_0), which increases or decreases depending on the u or d factors. These factors obey price volatility, the value of the increased option (V_0u), and the value in the decreased environment (V_0d).

Therefore, the calculation of the p and $1-p$ probabilities is a function of the following equation:

$$p = \frac{(1+r) - d}{\mu - d} \quad (1)$$

where: p is the probability for the value of the option in the growing context; μ is the growth factor of the asset's value. d is the decreasing factor of the asset's value; r is the risk-free rate.

To execute this method, the project was divided into three phases, as proposed by Pareja and Cadavid (2016):

Phase 1: the net present value (NPV) of the evaluated project was calculated:

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^t \frac{FC_i}{(1+r)^i} \quad (2)$$

Para ejecutar este método, el proyecto se dividió en tres fases, como lo propuesto por Pareja y Cadavid (2016):

Fase 1: se calculó el valor real neto (VAN) del proyecto evaluado:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^t \frac{FC_i}{(1+r)^i} \quad (2)$$

donde: I es inversión; FC_i es flujo de efectivo para el momento i . r tasa libre de riesgo; t tiempo de duración del proyecto.

Fase 2: la volatilidad de la tasa continua de los precios reales pagados al productor se determinó con su desviación estándar (σ) (Mun, 2002):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

donde: n es el número de precios reales; x_i es el precio de cada periodo; \bar{x} es el promedio de x_i .

Fase 3: un árbol binomial se construyó desde VAN. Las utilidades resultantes se calcularon con las probabilidades fijadas (p y $[1-p]$) y se obtuvo la utilidad esperada. En esta fase el proyecto se dividió en cuatro etapas, similar a lo propuesto por Delgado y Pérez (2013). Las etapas se refieren a los años 1, 2 y 3, respectivamente y la etapa 4 alude a los años 4, 5 y ulteriores.

Para aplicar el método la opción de abandono se modeló porque los productores podrían no obtener la certificación al final de los tres años previstos y porque los agricultores que invertirán determinada cantidad de dinero, por lo general en etapas (años), decidan no continuar con el proyecto de transición por la imposibilidad de cubrir los costos, renuncien al proyecto y permanezcan con la producción tradicional, de acuerdo con Mascareñas (2015).

También con la opción de abandono se evaluó la posibilidad de añadir el valor de los subproductos de cada etapa al ingreso final del periodo, para buscar utilidad o ingreso mayor e incentivar a los productores para continuar con la transición.

Los valores descritos se expresaron en términos reales, la varianza se determinó con los precios promedio rurales reales de 1980 a 2015, que se deflactaron con el índice nacional de precios al productor (INPP), base 2015; El VAN se determinó para el cálculo de las opciones reales, con las tasas de interés manejadas y de descuento para un plazo de 10 años, las probabilidades y otros coeficientes (Cuadro 3).

where: I is investment; FC_i is the cash flow for the moment i ; r is risk-free rate; t is duration of the project.

Phase 2: the volatility of the continuous rate of the real prices paid to the producer was determined based on its standard deviation (σ) (Mun, 2002):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

where: n is the number of real prices; x_i is the price of each period; \bar{x} is the average of x_i .

Phase 3: a binomial option pricing model was built from the NVP. The resulting profits were calculated using the fixed probabilities (p and $[1-p]$) and the expected profit was obtained. In this phase, the project was divided into four stages, similar to the division proposed by Delgado and Pérez (2013). These three stages refer to years 1, 2 and 3, and stage 4 refers to years 4, 5, and subsequent years.

According to Mascareñas (2015), the abandonment option was modeled in order to apply the method, foreseeing that the producers might not obtain the certification at the end of the three years and that the farmers who invested a certain amount of money, usually in stages (years), might decide not to continue and instead give up the transition project—as a result of the impossibility of covering the costs—and stick to the traditional production.

In addition to the abandonment option, the possibility of adding the value of the by-products of each stage to the final income of the period was evaluated, in order to look for greater utility or income and to encourage producers to continue with the transition.

The abovementioned values were expressed in real terms. The variance was determined with the real rural average prices from 1980 to 2015, which were deflated using the national producer price index (INPP), base 2015. The NPV was determined for the calculation of the real options, with the 10-years interest and discount rates, as well as the probabilities and other coefficients (Table 3).

RESULTS AND DISCUSSION

Productive characteristics of the conventional peach tree system

The peach variety planted in the Estado de Mexico is the Diamante variety, also known as

Cuadro 3. Valores y parámetros para el cálculo de las opciones reales.

Table 3. Values and parameters for the calculation of real options.

r	Tasa libre de riesgo	0.08
σ	Volatilidad	0.23
P	Probabilidad de éxitos	0.55
$1-P$	Probabilidad de fracasos	0.45
μ	Coficiente (Up)	$e^{0.23} = 1.2586$
d	Coficiente (Down)	$e^{-0.23} = 0.7945$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características productivas del sistema convencional del duraznero

En el Estado de México la variedad de durazno plantada es Diamante, también conocida como Amapre, es de origen brasileño, se caracteriza por requerimiento bajo de frío (alrededor de 200 h frío). El tiempo de floración a cosecha es aproximadamente 125 d. El fruto es color amarillo, con consistencia media y pulpa pegada a la semilla. Los frutos pesan alrededor de 135 g. La producción de durazno presenta estacionalidad de enero a junio, la fruta fresca se destina al mercado y 88% de los productores entrevistados venden la fruta a intermediarios. Los ingresos y costos la producción convencional, durante 2015, se presentan en el Cuadro 4.

Biomasa

La poda del duraznero es una práctica empleada en el manejo del cultivo, cuyo propósito es mejorar la capacidad productiva del árbol, para obtener mayores rendimientos. De acuerdo con la investigación de campo, la biomasa se obtiene a partir del segundo y tercer año de vida del árbol, y posteriormente cada año, tras la poda del mismo. Para producir frutos con buena calidad debe reducirse (podar) 50 a 70% el

Amapre. This Brazilian peach is characterized by a low cold requirement (about 200 h of cold). The time from flowering to harvest is approximately 125 d. The fruit is yellow, it has a medium firmness, and its pulp is attached to the seed. The fruits weigh around 135 g. In Mexico, the season of peach production goes from January to June, fresh fruit goes to the market, and 88% of the producers interviewed sell their produce to intermediaries. Conventional production revenues and costs for 2015 are presented in Table 4.

Biomass

Peach pruning is a practice used in crop management to improve the productive capacity of peach trees in order to obtain higher yields. According to field research, biomass is obtained from the second and third years of the tree's life and, after it has been pruned, every year. To produce good quality fruits, the number of branches should be reduced (pruned) by 50 to 70%; with these percentages, 10-14 kg of biomass was obtained per tree. The leaves weighed between 4 and 4.5 kg, the rest of the weight came from the stems (9.6 t ha⁻¹). None of the farmers interviewed uses this by-product of production in any way whatsoever. After pruning, the biomass is collected, taken to the edge of the orchard, and burned.

Cuadro 4. Costos e ingresos de la producción convencional de durazno en el Estado de México del período 2015 (pesos por ha).

Table 4. Costs and income of the conventional production of peaches in the Estado de Mexico for the 2015 period (pesos per ha).

Concepto	Total
Costos de producción	28 487.41
Ingreso total	60 230.52
Ganancia neta	31 743.11

número de ramas; con estos porcentajes la biomasa por árbol fue entre 10 y 14 kg por árbol. El peso de las hojas osciló entre 4 y 4.5 kg, el resto correspondió a los tallos, y se obtuvieron 9.6 t ha⁻¹. Ninguno de los agricultores entrevistados le da algún manejo a este subproducto de la producción. Después de la poda la biomasa se recolecta, se lleva a la orilla del huerto y se quema.

Entre las opciones recomendables para usar la biomasa está la producción de energía eléctrica, y podría venderse a la red pública o a empresas privadas, mediante la creación de alguna asociación de productores, como en el caso de los subproductos del olivar.

Semillas del fruto

La fruta con defectos no se vende, fue 5% del total de la producción, se queda en los huertos, y equivale a cerca de 1.2 kg por árbol. Esta fruta no se aprovecha. Solo 2% de los productores entrevistados recolectan ese fruto para alimentar a su ganado. Estas cifras pueden variar con el manejo, los factores climáticos y la comercialización.

Este residuo tiene potencial para la extracción de aceite de la semilla. En México y otras partes del mundo no hay información de la producción comercial de este producto (Mezzomo *et al.*, 2011). La propuesta en esta investigación es que los productores, una vez asociados, podrán producir aceite y venderlo a empresas de la industria de los cosméticos, comercializadoras de aceites esenciales, tiendas naturistas o de alimentos para humanos (Cuadro 2).

Valoración económica con la teoría de las opciones reales

Cálculo del valor de la opción de abandono

Una ventaja de la técnica de las opciones reales es que a los directivos de las empresas les permite evaluar las opciones para agregar valor a sus empresas, contar con un instrumento que identifica y actúa ante circunstancias y oportunidades para aumentar las ganancias o aminorar las pérdidas (Tresierra y Carrasco, 2016).

En el proceso de conversión de los sistemas de producción, de convencional a orgánico, existe riesgo de detener o abandonar, temporal o definitivamente, el proyecto. Los ingresos durante los años de la tran-

Producers would be advised to set up some kind of association with the aim of using biomass for the production of electrical power, which could be sold to the public network or to private companies, as some Spanish agricultural cooperatives have done with olive by-products.

Fruit seeds

About 1.2 kg of damaged fruit per tree is not sold; it accounts for 5% of the total production and remains in the orchards. This fruit has no productive use. Only 2% of the producers interviewed gather that fruit to feed their livestock. These figures may vary depending on handling, weather factors, and commercialization.

Oil can be extracted from the seed which would otherwise be wasted. In Mexico and other regions of the world there is no information on the commercial production of this product (Mezzomo *et al.*, 2011). The proposal of this research is that producers' associations will be able to produce and sell oil to companies in the cosmetics industry, marketers of essential oils, health food stores or human food stores (Table 2).

Economic valuation based on the real options theory

Calculation of the abandonment option value

An advantage of the real options technique is that it enables companies' managers to evaluate the options that can add value to their companies; it provides them with an instrument that identifies and reacts to circumstances and opportunities with the aim of increasing profits or reducing losses (Tresierra and Carrasco, 2016).

In the process of converting production systems from conventional to organic, there is a risk that projects are (temporarily or permanently) stopped or abandoned. Revenues during the transition years are not enough to counterweight costs. On the tenth year, the binomial option pricing model presents the possible values that helped to evaluate the exercise of the option (Table 5). Four of the possible results did not exceed the sum of the costs of the initial stage at the end of the transition (MX\$ 99 555) (Table 1); for this

sición son insuficientes para compensar los costos. El árbol binomial, en el año diez, presenta los valores posibles que ayudaron a evaluar el ejercicio de la opción (Cuadro 5). Cuatro de los resultados posibles no superaron la suma de los costos de la etapa inicial al final de la transición (\$99 555) (Cuadro 1); por esto, se renunciaría a seguir con la inversión. Así, la opción de abandono planteado bajo estos escenarios desfavorables, fue similar a lo concluido por Delgado y Pérez (2013), y se incluyó la factibilidad de una opción de abandono en la transición de la conversión del sistema de producción de café convencional hacia el sistema de producción orgánico. Berger *et al.* (1996) evaluaron la opción de abandono en una compañía minera y de cierre temporal de una mina de oro en condiciones de incertidumbre (Tresierra y Carrasco 2016).

La opción de abandono

Si el precio del durazno orgánico disminuyera, los costos de producción se elevarían sobre la capacidad del productor para compensarlos y el interés del agricultor se perdiera para concluir el proceso de conversión del sistema tradicional a orgánico, lo recomendable sería abandonar la transición. Para esos casos, la simulación fue la siguiente: como los últimos cuatro valores son inferiores a la suma de costos de producción del primero al cuarto año (Cuadro 5), y son necesarios para la certificación, se les asignó valor de cero que representó los casos en los que no se acepta la inversión porque no fue rentable. El ejercicio de evaluación consistió en ir en reversa en cada subperiodo. De esta manera se calculó un árbol binomial

reason, the investment would be abandoned. Therefore, the abandonment option —considered under these unfavorable scenarios— was similar to the one proposed by Delgado and Pérez (2013) for the feasibility of an abandonment option in the transition phase of the conversion of a conventional coffee production system into an organic production system was included. Tresierra and Carrasco (2016) reported that Berger *et al.* (1996) evaluated the abandonment option in a mining company and the temporary closure of a gold mine under conditions of uncertainty.

The abandonment option

If the price of organic peach decreased, the production costs would rise above the producer’s ability to compensate for them, and if the farmer lost interest in concluding the conversion process from the traditional to the organic system, it would be advisable to abandon the transition. For these cases, the following simulation was carried out: since the last four values are lower than the sum of the production costs from the first to the fourth year (Table 5) and they are necessary to obtain the certification, they were assigned a value of zero to represent the cases in which an unprofitable investment is not acceptable. The evaluation exercise consisted of studying each subperiod in reverse. As a result, a new binomial option pricing model was calculated to obtain the value of the favorable scenarios and to obtain the real option of abandonment value at the beginning of the first year (Table 6)^[1].

Cuadro 5. Árbol binomial del valor presente del proyecto al inicio de la transición.

Table 5. Binomial option pricing model for the current value of the project at the beginning of the transition.

Año 0	1	2	3		9	10
200 777	237 981	282 081	334 351	- -	927 222	1 099 040
	169 388	200 777	237 981	- -	659 969	782 264
		142 907	169 388	- -	469 746	556 793
			120 565	- -	334 351	396 308
				- -	237 981	282 081
				- -	169 388	200 777
				- -	120 565	142 907
				- -	85 815	101 717
				- -	61 081	72 399
				- -	43 475	51 532
				- -		36 679

nuevo para obtener el valor de los escenarios favorables y conseguir el de la opción real de abandono al comienzo del primer año (Cuadro 6)^[1].

Con la opción de abandonar la transición en los primeros cuatro años se obtuvieron valores positivos, lo cual sugiere que es posible realizar la inversión. Sin embargo, debido a la probabilidad de abandonar el proyecto por no obtener la certificación al término del tiempo estipulado, se adicionó el valor de los subproductos que los productores podrían adquirir en cada periodo de producción y se obtuvo un nuevo valor (Cuadros 7 y 8).

With the abandonment option in the first four years, positive values were obtained, suggesting that it is possible to carry out the investment. However, in view of the likely abandonment of the project if the certification is not obtained at the end of the stipulated time, the value of the by-products that the producers could acquire in each production period was added and a new value was obtained (Tables 7 and 8).

The final value of the real option plus the value of the by-products is higher (Table 8). Therefore, the economic valuation of the by-products significantly

Cuadro 6. Árbol binomial con la opción de abandono en un horizonte de 10 años.

Table 6. Binomial option pricing model with the abandonment option in a 10-year horizon.

0	1	2	3		9	10
197 764	236 504	281 542	334 241	--	927 221	1 099 040
	163 654	197 680	236 723	--	659 969	782 264
		132 427	163 097	--	469 746	556 792
			102 375	--	334 351	396 308
				--	237 981	282 081
				--	169 388	200 777
				--	82 199	142 907
				--	0	0
				--	0	0
				--	0	0
				--	0	0

Cuadro 7. Ingresos, costos y valor de los subproductos y residuos de la producción orgánica de durazno en el Estado de México (pesos/ha).

Table 7. Income, costs, and value of the by-products and residues of organic production of peaches in the Estado de Mexico (pesos / ha).

Concepto/ años	0	1	2	3	4	5	9	10
Inversión inicial	3 425							
VAN	271 065							
Ingresos		22 598	20 305	19 650	85 144	85 144	85 144	85 144
Valor de los subproductos y residuos (\$/t)								
Biomasa		8 983	8 983	8 983	8 983	8 983	8 983	8 983
Fruto dañado		1 492	1 492	1 492	1 492	1 492	1 492	1 492
Costos de producción		35 471	32 612	33 211	27 755	27 755	27 755	27 755
Flujo de efectivo		(2 399)	(1 832)	(3 086)	67 863	67 863	67 863	67 863

¹ Para calcular el nuevo VAN se siguió un procedimiento iterativo iniciando de los valores del año diez hasta llegar al año cero. El cálculo de cada nodo para llegar a dicho valor se determinó con la siguiente expresión $V_0 = \frac{pV_0u + (1-p)V_0d}{1+r}$ donde: p es la probabilidad,

V_0u y V_0d son los valores superior e inferior del nodo correspondiente, y r es la tasa libre de riesgo. ❖ ¹ To calculate the new NPV, an iterative procedure was followed starting from the values of the tenth year ten and going backwards until year zero. In order to reach this

value, the calculation of each node was determined using the following equation: $V_0 = \frac{pV_0u + (1-p)V_0d}{1+r}$ where p is the probability,

V_0u and V_0d are the upper and lower values of the corresponding node, and r is the risk-free rate.

Cuadro 8. Árbol binomial del valor presente del proyecto con el valor de los subproductos.
Table 8. Binomial option pricing model for the current value of the project with the value of the by-products.

0	1	2	3		9	10
271 065	321 295	380 832	451 402	--	1 251 826	1 483 795
	228 688	271 065	321 295	--	891 012	1 056 121
		192 936	228 688	--	634 196	751 716
			162 773	--	451 402	535 049
				--	321 295	380 832
				--	228 688	271 065
				--	162 773	192 936
				--	115 857	137 326
				--	82 464	97 745
				--	58 695	69 572
				--		49 519

El valor final de la opción real con el valor de los subproductos es más elevado (Cuadro 8). Por lo tanto, la valoración económica de los subproductos afectó de manera significativa el ingreso y generó un soporte económico a los productores a la hora de tomar decisiones puesto que contribuyó a mejorar la ganancia y permitió incentivar la conversión de producción convencional a orgánico.

Ante estas dos circunstancias, y considerando la opción de abandono por la incertidumbre de no lograr la certificación, el valor de la opción fue positivo; por lo tanto, sería recomendable realizar la propuesta de invertir en la producción orgánica de durazno.

Los resultados presentados tienen solamente una argumentación económica. La transición hacia una agricultura orgánica es un proceso más complejo que involucra el medio ambiente en un sentido amplio, es decir, el entorno técnico, físico, ecológico y social. Las simulaciones y cálculos se efectuaron con parámetros y coeficientes técnicos y económicos que deben perfeccionarse.

La agricultura orgánica podría requerir más tiempo y mayores costos de los propuestos según la apropiación de los nuevos conocimientos y tecnologías que mejoren la eficiencia productiva y la comercialización. En las simulaciones se consideró como una opción favorable que el valor de los residuos debería compensar parte de los costos generados; sin embargo, esta información conviene validarse mediante estudios específicos.

Uno de los puntos cruciales abordados fue suponer el establecimiento de una asociación de productores, pero esto implica reorganizar los patrones de trabajo. Según algunos antecedentes de asociaciones

afectó el ingreso y generó un soporte económico para los productores. Ese soporte contribuyó a aumentar el beneficio, ayudando a los productores a tomar decisiones y alentando la conversión de producción convencional a orgánica.

Dadas estas dos circunstancias, considerando la opción de abandono —como resultado de la incertidumbre de no lograr la certificación—, el valor de la opción fue positivo; por lo tanto, sería recomendable hacer la propuesta de invertir en la producción orgánica de durazno.

Estos resultados tienen solo un argumento económico. La transición a la agricultura orgánica es un proceso más complejo que involucra el ambiente en un sentido amplio, es decir, el entorno técnico, físico, ecológico y social. Las simulaciones y cálculos se efectuaron con parámetros y coeficientes técnicos y económicos que deben perfeccionarse.

La agricultura orgánica puede requerir más tiempo y ser más costosa que lo que se propone en el estudio, dependiendo de la apropiación de nuevos conocimientos y tecnologías que mejoren la eficiencia productiva y la comercialización. En las simulaciones se consideró como una opción favorable que el valor de los residuos debería compensar parte de los costos generados; sin embargo, esta información debe validarse mediante estudios específicos.

Uno de los puntos cruciales abordados fue suponer el establecimiento de una asociación de productores, pero esto implica reorganizar los patrones de trabajo. Según algunos antecedentes de asociaciones

agrícolas en el Estado de México, es posible integrar a los productores de durazno bajo este esquema. Las asociaciones ofrecen perspectivas que los pequeños agricultores no pueden alcanzar de manera individual, incluyendo la capacidad de negociación y el compartir recursos, conocimientos y evidencias empíricas.

Las recomendaciones introducidas requieren la participación de instancias gubernamentales en combinación con aportes de diferentes campos de la ciencia como la edafología, la ecología, la hidrología y también la experiencia administrativa.

CONCLUSIONES

La opción técnica propuesta para invertir en la producción de durazno orgánico fue económicamente viable, sobre todo en el momento en el cual la incertidumbre de los precios del fruto se mostró evidente. Esta forma de producción podría ser una medida de protección y mejora de los ingresos de los productores. El uso integral de la biomasa de los durazneros podría abrir perspectivas de crecimiento no sólo de los productores sino también para la sociedad mediante el establecimiento de industrias o biorrefinerías.

Además de las ventajas económicas, la idea de incursionar en prácticas orgánicas y de aprovechamiento de los subproductos y los residuos de la producción agrícola preservarían, local y regionalmente, la conservación de la biodiversidad, el suelo, el agua, la atmósfera y la vida silvestre, elementos indispensables para continuar con el desarrollo y crecimiento de las actividades productivas.

El análisis de las opciones reales da a los agricultores y a los formuladores de política una visión estratégica que sirve de apoyo para gestionar la incertidumbre de inversiones volátiles y riesgosas y ejercer opciones dependiendo de las preferencias ante la inseguridad de lograr mejores rendimientos. Este enfoque incorpora la flexibilidad de tomar decisiones de inversión ante escenarios adversos, añadiendo un valor adicional no reflejado con las metodologías convencionales.

LITERATURA CITADA

Askew, M. F., and C. A. Holmes. 2002. The potential for biomass and energy crops in agriculture in Europe, in land use, policy and rural economy terms. *Int. Sugar J.* 104: 482-492.

farmers cannot reach individually, including the ability to negotiate and share resources, knowledge, and empirical evidence.

The recommendations introduced require the participation of government agencies in combination with contributions from different fields of science such as edaphology, ecology, and hydrology, as well as administrative experience.

CONCLUSIONS

The technical option proposed to invest in the production of organic peach was economically feasible, especially when the uncertainty of fruit prices became evident. This form of production could protect and improve producers' income. The comprehensive use of peach biomass could open growth prospects not only for producers, but also for society through the establishment of industries or biorefineries.

In addition to the economic advantages, the idea of carrying out organic practices and taking advantage of the by-products and residues of agricultural production would preserve the conservation of local and regional biodiversity, soil, water, atmosphere, and wildlife, which are essential elements to continue with the development and growth of productive activities.

The analysis of the real options provides farmers and policy makers a strategic vision that supports when they must handle the uncertainty of volatile and risky investments and exercise options depending on the preferences when they are not certain that they will obtain better yields. This approach incorporates the flexibility to make investment decisions in the face of adverse scenarios, adding an additional value not reflected by conventional methodologies.

—End of the English version—



- Berger, P. G., Ofek E., and I. Swary. 1996. Investor valuation of the abandonment option. *J. Financial Econ.* 42: 257-287.
- Bravin, E. D., Mencarelli-Hoffmann K., and F. Weibel. 2010. Economics evaluation of apple production systems. *Acta Hort.* 873: 219-226.
- Cosmética Natural Casera Shop. 2007. <https://www.cremas-caseras.es/> (Consulta: abril 2017).
- Cox, C. J., S., and M. Rubinstein. 1979. Option pricing: A simplified approach. *J. Financial Econ.* 7: 229-263.

- Delgado J., G., y P. Pérez A. 2013. Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales. *Contaduría Administración* 1: 87-115.
- El Jabón Artesanal. 2007. <https://eljabonartesanal.com/> (Consulta: abril 2017).
- FAO. 2003. WISDOM, Wood integrated supply/demand overview mapping, pp: 52.
- Fauriel, J., S. Bellon, D. Plenet, and M-J. Amiot. 2007. On-farm influence of production patterns on total polyphenol content in peach. *In: Niggli, U., C. Leifert, T. Alfoldi, L. Lück, and H. Willer. Improving sustainability in organic and low input food production systems. Proceedings of the 3rd International Congress of the European Integrated Project Quality Low Input Food (QLIF) 2007. University of Hohenheim, Germany. March 20-23.*
- Glover, J., Hinman H., Reganold J., and P. Andrews. 2002. A cost of production analysis of conventional vs. integrated vs. organic apple production systems. XB1041, Agric. Res. Center, Washington St. Univ. Pullman, WA. pp: 88.
- Gómez, L., L. Martin, M. G. Cruz, and T. Mutersbaugh. 2005. Certified organic agriculture in Mexico: Market connections and certification practices in large and small producers. *J. Rural Stud.* 21: 461-474.
- Granatstein, D., Kirby E, Ostenso H., and H. Willer. 2016. Global situation for organic tree fruits. *Sci. Hort.* 20: 83-12.
- Hondebrink, M., L. Cammeraat, and A. Cerdà. 2017. The impact of agricultural management on selected soil properties in citrus orchards in Eastern Spain: A comparison between conventional and organic citrus orchards with drip and flood irrigation. *Sci. Total Environ.* 581: 153-160.
- Hull, J. 2005. *Options, futures and other Derivatives.* Pearson Prentice Hall Upper Saddle River. New Jersey. 863 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014. http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2015/especiales/especiales2015_08_8.pdf (Consulta: agosto 2018).
- Ingels, C. A., and K. M. Klonsky. 2012. Sample costs to produce organic pears, Sacramento Valley. *Univ. Calif. Coop. Ext., Davis, CA.* pp: 21.
- Jimenez, M., Van Der Veken L., Neiryck H., Rodriguez H., Ruiz O., and R. Swennen. 2007. Organic banana production in Ecuador: its implications on black Sigatoka development and plant-soil nutritional status. *Renewable Agric. Food Syst.* 22: 297-306.
- Kamel, B. S., and Y. Kakuda. 1992. Characterization of the kernel oil and meal from apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69: 492-494.
- Mascareñas, J. 2015. Opción real de abandonar un proyecto de inversión (Real option to abandon an investment project). Universidad Complutense de Madrid. Madrid. pp: 28.
- Mezzomo, N., J. Martínez, and S. R. Ferreira. 2011. Economical viability of SFE from peach almond, spearmint and marigold. *J. Food Eng.* 103: 473-479.
- Mezzomo, N., Martínez J., and S. R. Ferreira. 2009. Supercritical fluid extraction of peach (*Prunus persica*) almond oil: Kinetics, mathematical modeling and scale-up. *J. Supercrit. Fluids* 51: 10-16.
- Miroslav, Č. 2016. Real options valuation with changing volatility. *Perspect. Sci.* 7: 10-18.
- Mun, J. 2002. *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, 2a. ed. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 415 p.
- Myers, S., and S. Turnbull. 1977. Capital budgeting and the capital asset pricing model: Good news and bad news. *J. Financ.* 32: 321-333.
- OrganicDataNetwork. 2015. Data tables on organic agriculture in Europe. The Website of the OrganicDataNetwork, Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick. <http://www.organicdatanetwork.net/home.html?L=0>
- Olgun, A., H. Adanacioglu, and G. Saner. 2006. An economic evaluation on organic cherry production: a case of Turkey. *J. Sustain. Agric.* 28: 117-130.
- Pareja J., V., y C. P. Cadavid. 2016. Valoración de patentes farmacéuticas a través de opciones reales: equivalentes de certeza y función de utilidad. *Contaduría Administra.* 61: 794-814.
- Peck, G. M., Merwin I. A., Brown, and M. G. Agnello. 2010. Integrated and organic fruit production systems for 'Liberty' apple in the northeast United States: a systems-based evaluation. *HortScience* 45: 1038-1048.
- Rahma, E. H. 1988. Chemical characterization of peach kernel oil and protein: Functional properties, *in vitro* digestibility and amino acids profile of the flour. *Food Chem.* 28: 31-43.
- Saadany, R. M. A., H. H. Kalaf, and M. Soliman. 2004. Characterization of lipids extracted from peach kernels. *ISHA Acta Horticulturae* 368: International Symposium on Postharvest Treatment of Horticultural Crops.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. 5to. Informe de labores 2016-2017. <https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/informes-de-labores-de-la-secretaria-de-agricultura-ganaderia-desarrollo-rural-pesca-y-alimentacion> (Consulta: agosto de 2018).
- Sahota, A. 2015. The global market for organic food and drink. *In: H. Willer, H., and J. Lernoud, J. (eds). The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2015.* Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland and International, Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn, Germany. pp: 120-123.
- Sánchez-Vicente, Y., A. Cabañas J. Renuncio, C. Pando. 2009. Supercritical fluid extraction of peach (*Prunus persica*) seed oil using carbon dioxide and ethanol. *J. Supercrit. Fluids* 49: 167-173.
- Santiago-Mejía, H., J. I. Cortés-Flores, A. Turrent-Fernández, M. Livera-Muñoz, E. García-Moya, H. A. Zavaleta-Mancera, y V. H. Volke-Haller. 2013. Respuesta de árboles de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch] compuesto de dos cultivares en un ambiente con incidencia de heladas: floración y amarre de fruto. *Agrociencia* 49: 573-592.
- Sautereau, N., S. Penvern J., Fauriel M., Petitenet, and S. Bellon. 2013. Comparing multiple performances for sustainable agriculture: is organic fruit farming a prototype? A comparison of performances with conventional fruit farming. *Acta Hort.* 873: 79-90.
- Seufert, V., N. Ramankutty, and T. Mayerhofer. 2017. What is this thing called organic? How organic farming is codified in regulations. *Food Policy* 68: 10-20.

- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp (Consulta: abril 2017).
- Statistical Package for Social Sciences (SPSS 20.0).
- Taylor, M., and D. Granatstein. 2013. A cost comparison of organic and conventional apple production in the state of Washington. *Crop Manage.* 8 p.
- Tilman, D. 1998. The greening of the green revolution. *Nature* 396: 211-212.
- Tresierra Á., and C. M. Carrasco. 2016. Valorización de opciones reales: modelo Ornstein-Uhlenbeck. (Spanish). *J. Econ., Finance Administrative Sci.* 21: 56-62.
- Trigeorgis, L. 1996. *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation.* London, Cambridge, MA: MIT Press. 406 p.
- Van Den Broek, R. 1997. The role of wood energy in Europe and OECD. *Wood Energy Today for Tomorrow (WETT): Regional studies.* FAO, Rome (Italy). Forestry Department.
- Westerfield, R. W., Jaffe, J. F., y S. Ross. 1999. *Finanzas Corporativas.* 5a ed. McGraw-Hill, México. 1049 p.
- Willer, H., and J. Lernoud. 2015. *The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends 2015.* FiBL & IFOAM Frick, Switzerland.
- Wu, H., J. Shi, S. Xue, Y. Kakuda, D. Wang, Y. Jiang, X. Ye, Y. Li, and J. Subramanian. 2011. Essential oil extracted from peach (*Prunus persica*) kernel and its physicochemical and antioxidant properties. *Food Sci. Technol.* 44: 2032-2039.
- You, P., and Y. Hsieh. 2017. A computational approach for crop production of organic vegetables. *Comput. Electron. Agr.* 134: 33-42.

