

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 STATE OF MEXICO

María I. Ortiz-Rivera¹

José de J. Brambila-Paz^{1*}

Daniel Barrera-Islas¹

Enrique de J. Arjona-Suárez²

Glaforo 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.

*Autor responsable: 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 que, los ingresos de los productores son bajos. El objetivo del 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.

Recibido:

Aprobado:

Introducción

La demanda por alimentos orgánicos, como frutas, verduras y café, aumenta constantemente, por 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) estimada 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 ton, que representaron 11% más que en 2012, por aumento en la cosecha de frutas, hortalizas y granos (SAGARPA, 2017).

El durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] es uno de los cultivos caducifolios más importantes, por las variedades que se han adaptado a las condiciones climatológicas y producción de manera tradicional en el territorio mexicano. Este sector productivo, en los últimos diez años, ha enfrentado 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 ton). 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 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 que, 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, ya que 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) ácidos 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 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 que, 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).

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

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 que 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).

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, ya que 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).

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

	Precio		Referencia
	(\$/tonelada)	(\$/100 mL)	

Biomasa	788.00		Oleícola el Tejar ²
Semilla (aceite)	1554.00	58.57 - 85.77	Mezzomo <i>et al.</i> (2011) Cosmética Natural Casera Shop (2017) El Jabón Artesanal (2017)

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 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 **caracteriza** por la facilidad de cálculo e interpretación.

Árboles binomiales

² Entrevista con el director de Administración y Financiero. Oleícola el Tejar Ntra. Sra. de Araceli, S. Coop. and. Crta. Córdoba – Malaga km. 98, El Tejar, Córdoba, España.

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.

Para ejecutar este método, el proyecto se dividió en tres fases, como lo que propusieron 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 $[1-p]$) 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 por porque se planteó por que los productores podrían no obtener la certificación al final de los tres años previstos y porque los agricultores que invertirán determinada cantidad de dinero, generalmente en etapas (años), decidan no continuar con el proyecto de transición por la imposibilidad de cubrir los costos y 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).

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

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. Aquí, 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.

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

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

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 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, que no se vende representó 5% del total de la producción y se queda en los huertos, 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 climatológicos 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 transición son insuficientes para compensar los costos. El árbol binomial, en el año diez, presentan 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, bajo estos escenarios desfavorables, que se planteó fue similar a lo que concluyeron Delgado y Pérez (2013), 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).

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

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

La opción de abandono

Si el precio del durazno orgánico disminuyera, los costos de producción se **elevarán** 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 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)³.

³ 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.

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

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

Con la opción de abandonar la transición en los primeros cuatro años se obtuvieron valores positivos, lo que sugiere que es posible llevar a cabo 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).

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

Cuadro 8. Árbol binomial del valor presente del proyecto con el valor de los subproductos.

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 que, 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, considerando la opción de abandono por la incertidumbre de no lograr la certificación, el valor de la opción fue positivo; por lo que, 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 llevaron a cabo utilizando 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 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, 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.

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. Disponible en: <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. Disponible en: <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, 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., 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., 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., Neiryneck 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. Disponible en: <http://www.organicdatanetwork.net/home.html?L=0>
- Olgun, A., H. Adanaciog ̇lu, 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. pp: 120-123. *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: 300.
- 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, 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, S. Bellon. 2013. Combinig 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. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/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 Management*. 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). *Journal of Economics, Finance & Administrative Science* 21: 56-62.

Trigeorgis, L. 1996. *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. London, Cambridge, MA: MIT Press.

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.