

Estudio sobre la maximización del beneficio de las empresas productoras de limones teniendo en cuenta la fecha de cosecha de los frutos

J.M. Brotons^{1,*}, F.J. Manera², A. Conesa³ y I. Porras⁴

¹ Departamento de Estudios Económicos y Financieros. Universidad Miguel Hernández. Avda. de la Universidad, s/n, 03202. Elche. Alicante

² Departamento de Física y Arquitectura de Computadores. Universidad Miguel Hernández. Ctra. de Beniel, km 3,2. 03312 Orihuela. Alicante

³ Departamento de Producción Vegetal y Microbiología. Universidad Miguel Hernández. Ctra. de Beniel, km 3,2. 03312 Orihuela. Alicante

⁴ Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). Estación Sericícola. 30.150, La Alberca (Murcia)

Resumen

En las variedades de limón Fino o Primofiori la recolección se suele realizar en dos cortes, en el primero se recolecta únicamente la fruta que alcanza el calibre adecuado y en el segundo se recolecta todo el limón que queda en el árbol. Los precios suelen ser decrecientes durante la fase de recolección. Por otra parte hay que tener presente que el calibre de los limones no deja de crecer durante dicho periodo. Para determinar el momento óptimo del primer corte, se ha medido semanalmente el calibre de los limones, su peso, y el porcentaje de limones aptos y se ha determinado en base a los precios facilitados por la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia y el Ministerio de Agricultura el momento que permite al agricultor obtener unos mayores ingresos. Este momento de recolección se ha determinado tanto para el agricultor que vende su producción en el árbol como aquel que comercializa directamente sus producciones, para lo que se han considerado los precios de la Red de Mercas. Del trabajo se concluye que siempre que el aforo de la producción indique que hay menos de 600.000 t, los precios serán altos a lo largo de la campaña. Si el agricultor vende su cosecha a terceros le interesa dar un corte sobre la semana 44. Si se decide por recoger y vender su producción a la red MERCASA, obtendrá unos ingresos estables.

Palabras clave: Precios, coste, beneficio, crecimiento frutos, recolección.

Abstract

Study on maximising profits obtained by lemon-producers based on fruit harvesting time

The lemon varieties Fino and Primofiori are usually harvested in two lots, the first consisting of the fruit that has reached a suitable size and the second of all the fruit remaining on the tree. The prices tend to fall as the season progresses. It should not be forgotten that the size of the fruits does not cease to increase during this time so that one factor offsets the other. To determine optimal moment for the first harvest, fruit calibre and weight needs to be measured weekly and the percentage of lemons ready for market deter-

* Autor para correspondencia: jm.brotons@umh.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.024>

mined. The prices quoted by the Spanish Ministry of Agriculture and the Department of Agriculture of the Province of Murcia will help growers decide whether the time is right for harvesting from an economic point of view. In this work this moment is determined both for growers who sell their crop on the tree and those who sell their production directly, so that we also consider the prices of the Spanish transport and wholesale market network (MERCASA). From the study, we conclude that as long as total production remains below 600,000 tonnes, prices will be high throughout the campaign. If growers sell their production to a third party, the first harvest should be around week 44. If the growers decide to harvest themselves and sell their crop to the market network (MERCASA), their income will be more stable.

Key words: Lemon, prices, cost, benefits, fruit growth, harvesting.

Introducción

La producción cítrica española se concentra en la costa Mediterránea, donde se produce casi el 95% de la producción. Su vocación es casi totalmente exportadora, con destino al mercado en fresco. De hecho España es el mayor exportador mundial de cítricos para consumo en fresco, ascendiendo el valor de las exportaciones en 2011 a 424 millones de dólares (FAO, 2014). El destino de las exportaciones va dirigido principalmente Alemania con 116.098 t y Francia con 102.472 t. Los siguientes países exportadores en importancia para el mercado en fresco son Turquía y México con 354 y 269 millones de euros, respectivamente.

En cuanto a la producción de limón, se produce casi el 80% en el sureste peninsular (MAGRAMA, 2014a). La variedad más importante es el limón Fino que es una variedad de otoño invierno (Porras, 2014).

Pese a la importancia de los cítricos en la economía nacional, de acuerdo con Caballero et al. (2011) este sector presenta graves problemas de competitividad derivados de la comercialización y de la estructura productiva. En particular,

1. En el ámbito mayorista, las estructuras comerciales locales (empresas y cooperativas) presentan una dimensión insuficiente frente al oligopolio en la UE constituido por un reducido número de grandes cadenas comerciales.

2. La existencia de acuerdos de asociación de la UE con terceros países, que se van renovando uno tras otro y cada vez con mayores concesiones perjudiciales para el sector cítrico. Los países más perturbadores para el sector cítrico español son Marruecos, Egipto y Turquía.

3. En el aspecto estructural, la división de la propiedad tiene menores inconvenientes en Andalucía y Murcia, pero es de claro minifundio en la Comunidad Valenciana. Una de las inevitables consecuencias es la existencia de una citricultura de costes altos.

En este mismo estudio se destaca la importancia de la mano de obra especialmente en la recolección y acondicionamiento de la fruta que supone algo más del 30% de los costes totales. Por su parte, García (2014) indica que el personal fijo es asimilable en la mayoría de los casos al agricultor propietario de la tierra, realizando las labores de suministro de factores de producción tales como abonos y fitosanitarios, manejo y mantenimiento del riego y la fertilización, apoyo a la recolección y transporte, a la poda y recogida de la misma, etc.

Son numerosos los estudios que se han llevado a cabo sobre los costes de producción del limón como el estudio de O'Connell et al. (2010) donde se analizan los costes de producción de los limones en Florida, y se detallan los costes de establecimiento y anuales de producción; Ozkan et al. (2004) en Turquía, incide especialmente en el consumo de energía.

Con respecto a los costes de manipulación, conviene destacar el análisis llevado a cabo por la Asociación Murciana de Productores Agrarios (AMOPA, 2006), en el que se detallan los costes de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia.

Con respecto a la cadena de formación de valor y formación de precios del sector cítrico, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2012) indica que la considera formada por cuatro etapas en cada una de las cuales se realizan actividades con distintos niveles de sofisticación:

1. Producción. Incluye producción y recolección, aunque hay que indicar que esta última es asumida habitualmente por el comprador. Los productores suelen ser agricultores o cooperativas, sociedades agrarias de transformación o sociedades agrarias.
2. Comercialización en origen. Incluye actividades del tipo de gestión de cítrica, lavado, pesado, paletización, desverdizado, control, trazabilidad, etc. Lo llevan a cabo las centrales hortofrutícolas, que son instalaciones de almacén y manipulado del producto. El enlace entre productores y las centrales hortofrutícolas es llevado a cabo en muchas ocasiones por corredores.
3. Comercialización en destino. Destacan la Red de Mercas, que son agentes asentados en mercados municipales en los que se gestiona de manera diaria la recepción y venta de productos, los intermediarios, y las cooperativas de segundo grado.
4. Venta en tienda que incluye tanto la tienda tradicional como la distribución moderna en base a grandes superficies.

A partir de estas cuatro etapas, queremos destacar el flujo tradicional en la que el producto pasa por cada una de las cuatro etapas de la cadena y la configuración moderna en

la que el producto pasa directamente de la comercialización en origen a la venta en tienda, supermercado o hipermercado. En la configuración tradicional, el precio de salida mayorista para el limón se encuentra entre 0,817 y 1,109 €/kg, siendo su coste acumulado entre 0,651 y 0,815 €/kg, y el precio en el árbol entre 0,27 y 0,426 €/kg. Por su parte, la configuración moderna presenta los mismos precios en el árbol, y un precio de salida de la plataforma de comercialización en destino de 0,859 y 1,179 €/kg, con un coste acumulado entre 0,708 y 0,916 €/kg. En esta última configuración de la cadena de valor, los costes en la comercialización, de acuerdo con el citado estudio, se estiman entre 0,349 y 0,424 €/kg. Se trata de valores medios de las distintas empresas consultadas y de todo el año (MAGRAMA, 2014b).

Los costes de desverdizado se incluyen en el apartado de coste de confección, que se sitúa entre 0,135 y 0,152 €, lo que supone alrededor del 40-45% del coste total de comercialización. Hay que tener presente que en la mayor parte del año, la fruta se recolecta del árbol en su color característico, pero hay una parte de la campaña en que la recolección se realiza en verde, por lo que hay que someterla al proceso de desverdizado. Sin embargo, pese a la abundancia de estudios sobre los costes de los cítricos, no existe bibliografía que analice la incidencia de los costes de desverdizado a lo largo de la campaña, y ello pese a que al inicio de la misma, cuando la fruta está verde, este coste puede llegar a suponer casi el 50% del coste de confección.

El objeto de este trabajo es determinar el momento óptimo de la recolección del limón que permita maximizar el beneficio para el agricultor, que se obtiene por diferencia entre los ingresos y los gastos. Para ello se van a considerar la evolución de las siguientes variables durante el periodo de recolección (15/9 a 31/12), además de considerar la estimación de la producción nacional para cada año,

1. Tamaño y peso semanal del fruto.
2. Porcentaje de limones aptos para la recolección.
3. Precio medio semanal del limón, "un corte" (el primer corte), "todo limón" (el segundo y último corte) y los precios de la Red de Mercas.
4. Coste de recolección (asumido por el comprador).
5. Coste de desverdizado obtenido a partir de la estimación del índice de color y del número de días que se considera que debe estar en la cámara.

El estudio abarcará dos partes,

1. Se realizará para el agricultor, por lo que se considerará el precio medio semanal del limón, el tamaño y peso semanal del fruto y el porcentaje de limones aptos para la recolección.
2. Y de otra parte, se analizará como ejemplo de la comercialización en destino en la Red de Mercas, de los que el Ministerio de Agricultura ofrece información semanal sobre la evolución de sus precios de venta. En esta segunda parte del estudio se considerarán además del tamaño, peso y porcentaje de limones aptos para la recolección, el coste de recolección (que en la Región de Murcia, de donde se tienen los datos de la Red de Mercas, es asumido habitualmente por el agricultor) y el coste de desverdizado, que está presente en la mayor parte del periodo analizado.

Para la determinación del momento óptimo de recolección se utilizará un programa de optimización, metodología que ha sido ampliamente usados en la agricultura, en trabajos como Feinerman y Voet (1995) que obtienen el óptimo a largo plazo de la fertilización e irrigación de un cultivo perenne a través de dos modelos de optimización dinámica estocástica; o Salles y Gomes (2010) que desarro-

llan un modelo de optimización para las plantaciones de caña de azúcar usando una herramienta de planificación lineal; o Bartolini et al. (2007) que evalúan el impacto de la agricultura y los escenarios de la política del agua en la sostenibilidad de una selección de sistemas de irrigación de fincas en Italia. Los problemas y limitaciones de la programación lineal para el sector agrícola y también son analizados en Bauer y Kasnakoglu (1990).

La aplicación particular para el sector cítrico ha sido realizada, entre otros por Caixeta-Filho (2006) que considera la competitividad del sector en Brasil como una función del control de calidad en la transformación de la fruta en zumo. Por su parte Axelrad y Feinerman (2009) usan un modelo que determina el óptimo de un "mix" entre cultivos y la asignación limitada de agua y tierras entre los potenciales usuarios. Finalmente Jin y Chun-jie (2009) concluyen que el incumplimiento de las hipótesis básicas del mercado de competencia perfecta como la irracionalidad en la formación de los precios de los cítricos y distribución del beneficio, reduce el interés de los productores y consumidores directamente, por lo que se debe establecer un mecanismo a largo plazo para mantener el firme crecimiento de la producción de cítricos y de los beneficios de los agricultores.

Material y métodos

Para estudiar la evolución del calibre de los frutos de limón, se escogen 4 árboles en plena producción y buen estado sanitario de la variedad Fino (clon 49), se etiquetan al azar y se mide el calibre de 10 frutos (5 en la cara norte y 5 en la cara sur). A partir de la semana 38, se calcula el porcentaje de frutos por encima de 58 mm (García Lidón et al., 2003), es decir los que se consideran aptos para ser cortados.

De árboles próximos de la misma variedad se cogen 20 frutos semanales se calibran y pesan, para obtener el peso medio de los frutos calibrados en los 4 árboles.

Se han considerado dos situaciones: la primera, el agricultor produce la fruta y la vende en el árbol a un comercializador, en cuyo caso, realiza dos recolecciones, la primera aprovechando los precios altos de principio de campaña, y la segunda a finales de diciembre. La segunda situación el agricultor la recolecta, la procesa para su venta y la vende.

En el primer caso el agricultor hace dos cortes:

1. El primer corte se han tomado los precios denominados "un corte", que es la recolección de aquella fruta que presenta un calibre adecuado para la comercialización y que representa el precio pagado al agricultor en la finca por kilo de fruta, sin considerar gastos de corte ni de transporte.
2. Por su parte, para el segundo corte se ha tomado el precio "todo limón" y que tampoco incluye gastos de corte ni de transporte, y hacen referencia al precio pagado al agricultor por kilo por recolectar toda la fruta que queda en el árbol.

En el segundo caso, el agricultor es el que recolecta la fruta y manipula para su posterior venta. Se han considerado los precios facilitados por MAGRAMA (2014b) que hacen referencia al precio de venta en la Red de Mercas. Esta red pertenece a MERCASA que es una empresa pública de la Administración del Estado, que presta servicio público al conjunto de la cadena alimentaria, de manera especial en el escalón mayorista de alimentación fresca, facilitando la comercialización mayorista procedente de origen; al comercio minorista en todos sus formatos, a la hostelería independiente u organizada, y a las empresas de restauración social (MERCASA, 2014). El precio a que se vende ya lleva los gastos de recolección, desverdización, desvío, confección y transporte.

Los precios del primer y segundo corte se han obtenido a partir de la información facilitada por la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia (CARM, 2014a).

En el presente trabajo se abordan los ingresos por hectárea, sus principales costes (que varían en función de la semana de recolección) y por último se determina la semana en que habrá que realizar el primer corte para que los beneficios sean máximos.

Ingresos por hectárea

Para determinar los ingresos por hectárea de este tipo de explotaciones se han efectuado los siguientes pasos:

1. Se ha estimado la relación existente entre precios "un corte" ($P_a^{!C}$) y número de semana (x).
2. De la misma forma se ha estimado la relación entre precios de la Red de Mercas y el número de semana.
3. La relación entre el tamaño los frutos $g(x)$ y el número de semana ha sido considerada.
4. Los ingresos del agricultor no sólo vienen determinados por el peso de los frutos sino también por el porcentaje de limones aptos para recolección, $Ap(x)$. Su relación con el número de semana ha sido estimada.
5. En base a las anteriores estimaciones pueden estimarse los ingresos del agricultor, $I_a(x)$ como la suma de,
 - a) Los ingresos del primer corte, que son el producto del precio del limón para el agricultor "un corte" en la semana x , $(P_a^{!C})(x)$ por los kilos recolectados, que son los que resultan de multiplicar la producción total esperada (PT) por el porcentaje que el peso de la semana " x ", $g(x)$ representa sobre el peso de la semana 52, $g(x)/g(52)$ y por el porcentaje de limones aptos de la semana x , $Ap(x)$.

b) Los ingresos del segundo corte, que son el peso de los restantes frutos en la

semana 52 al precio de “todo limón” de dicha semana. $P_a^{TL}(52)$.

$$I_a(x) = P_a^{1C}(x) \cdot PT \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) + P_a^{TL}(52) \cdot PT \cdot \left(1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right) \quad [1]$$

Costes por hectárea

En particular se han estimado los siguientes costes:

1. Los costes de recolección. Se obtienen de una encuesta a 15 comercializadores de limón. Los precios dados por todos ellos son muy similares, ya que vienen regulados por convenio y pueden variar si se utiliza el sistema a destajo. El coste varía a lo largo de la campaña bajando progresivamente a medida que avanza, como consecuencia de haber mayor número de frutos por recolectar y porque a principio de campaña el número de piezas aptas para recolectar es menor y al estar el fruto verde se debe de recolectar con más cuidado para evitar golpes, que aparecerán en formas de manchas después del proceso de desverdizado. Por ello, estos costes, $R(x)$, se han estimado como una función lineal negativa de la semana x .
2. Costes de desverdizado, $D(x)$. De acuerdo con Conesa et al. (2014) el coste de desverdizado depende del color que presente el fruto en el momento de la recolección. Estos autores llegan a predecir el coste de desverdizado en una fecha determinada de la siguiente forma:
 - a. Estiman el índice de color para una fecha determinada en la Región de Murcia en función de los datos históricos de que disponen.
 - b. A partir del índice de color estiman el número de días que habrá que tener en cámara de etileno la fruta para que alcance color característico.

c. Por último, multiplicando el coste diario de la cámara de etileno por el número de días estimado que ha de estar la fruta en dicha cámara se realiza una estimación de dicho coste

3. Coste de producción total para el agricultor.

a. Si la venta se realiza en el árbol, $C_a(x)$.

b. Coste total para el agricultor si lo vende en la Red de Mercas, $C_c(x)$, y varía a lo largo del tiempo. Incorpora:

i. El coste fijo anterior ($C_a(x)$) con independencia de la fecha de recolección.

ii. El coste del primer corte que se aplica sobre los kilos recolectados en el primer corte y que son el resultado de multiplicar la producción total por el porcentaje de limones aptos, y ponderados por el cociente entre el peso del limón en la fecha de corte y el peso al final de la campaña $PT \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x)$, que

incluye el coste fijo (cf), de recolección ($R(x)$), de desverdizado ($D(x)$) y la comisión (c_v) sobre el precio de venta en la red de Mercas, $P_M(x)$, que asciende a $c_v \cdot P_M(x) \text{ €/kg}$.

iii. El coste del segundo corte, que ya no incluye desverdizado por tener la fruta su color característico, y que se aplica exclusivamente sobre los limones no recolectados en el

primer corte, $PT \cdot \left(1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right)$.

$$C_c(x) = C_a(x) + PT \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot [cf + R(x) + D(x) + c_v \cdot P_M(x)] + \\ + PT \cdot \left[1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right] \cdot [cf + R(52) + c_v \cdot P_M(52)] \quad [2]$$

Siendo $g(x)$ el peso del limón medido en gramos en la semana x y $Ap(x)$ el porcentaje de limones aptos.

Determinación de la semana del primer corte para maximizar los beneficios

Por último para la determinación de la semana de la primera recolección, hay que maximizar los beneficios, $B_a(x)$ definidos como una función de x . Como restricción se impone

que el porcentaje de limones aptos para la recolección sea mayor del 40% (ya que en caso contrario no resulta rentable la recolección) y que la semana obtenida esté entre la 37 (segunda semana de septiembre) y la última del año, periodo en el cual los precios son decrecientes y la fruta que ya es apta para el consumo sufre un crecimiento continuo.

1. El programa de optimización que se plantea para el agricultor que vende directamente en el árbol es,

$$\text{Max } B_a(x) = PT \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot P_a^{IC}(x) + \\ PT \cdot \left[1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right] \cdot P_a^{TL}(52) - C_a(x) \quad [3]$$

s.a. $Ap(x) \geq 0,4$
 $37 \leq x \leq 52$

2. Si se repite dicho programa para el agricultor que realiza la venta en la Red de

Mercas, su beneficio, $B_c(x)$ se obtiene de acuerdo con la siguiente expresión,

$$\text{Max } B_c(x) = PT \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot [P_M(x) \cdot (1 - c_v) - cf - R(x) - D(x)] + \\ PT \cdot \left[1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right] \cdot [P_M(52) \cdot (1 - c_v) - cf - R(52)] - C_a(x) \quad [4]$$

s.a. $Ap(x) \geq 0,4$
 $37 \leq x \leq 52$

Resultados y discusión

Ingresos

Precios del limón

De acuerdo con los datos de MAGRAMA (2014b) la evolución semanal de los precios de las variedades Fino en origen (pagados al agricultor y que no incluyen ni recolección ni transporte) ha sido decreciente durante los años 2005 a 2013, salvo en los años 2007 y 2009 (Figura 1.A). En la figura 1.B se incluyen los precios medios de origen (un corte y todo limón) y los precios medios de la Red de Mercas durante el intervalo 2005-2013, excepto los años 2007 y 2009 que se consideran anómalos.

Como puede observarse:

1. El precio en la Red de Mercas se mantiene estable entre las semanas 38 y 43 (de mediados de septiembre a finales de octubre) por encima de los 0,90 €/kg, descendiendo después ligeramente hasta los 0,78 €/kg que se alcanzan a finales de noviembre (semana 48) y permaneciendo más o menos estables desde entonces hasta final de año.
2. Por su parte el precio "un corte" es el que más decrece en este periodo pasando de precios en torno a 0,44 €/kg a precios cercanos a 0,15 €/kg.
3. Por último, el precio "todo limón" también presenta una tendencia decreciente, pero más suave, pasando de 0,24 a 0,12 €/kg, que aunque supone una reducción del 50% respecto del precio inicial, el precio sólo se reduce en 0,12 €/kg en promedio.

Para una mejor comprensión de la disparidad en la evolución de los precios en los distintos años se debe tener en cuenta además las producciones anuales y sus precios a final de año. La Figura 2 muestra una relación muy elevada entre dichas variables ($R^2 = 0,8783$). Los dos años en que los precios "un corte" no han seguido una tendencia decreciente han sido los años 2007 y 2009 que se corresponde con años en los que la producción no ha alcanzado las

600.000 t y el precio ha sido claramente superior al resto. De esta forma, el agricultor puede tener una idea sobre la evolución del precio del limón. Para ello habrá de tener en cuenta en primer lugar las estimaciones realizadas sobre la cosecha. Si estas son superiores a 600.000 t, es de esperar que el precio a principio de campaña descienda de la forma en que se indica en la Figura 1.B. Si las previsiones apuntan a años con escasa producción, es de esperar que los precios aumenten a medida que nos acercamos al final de año. Aunque la producción es desconocida "a priori", se realizan estimaciones muy fiables a principio de campaña sobre los que el agricultor puede tomar las decisiones oportunas. Las previsiones sobre aforo de cítricos de la Región de Murcia pueden consultarse en la página web de la Consejería de Agricultura y Agua (CARM, 2014b). Por otra parte, la Asociación Interprofesional de Limón y Pomelo (AILIMPO), con sede en Murcia, que agrupa a 81 empresas productoras y comercializadoras a nivel nacional, realiza su aforo de cosecha y balance de cada campaña, que es publicado en su web www.ailimpo.com. Para el análisis de la fiabilidad de dichas previsiones se puede ir comparando anualmente el aforo con la producción real que se conoce a posteriori. Los datos de los aforos aportados por las Consejerías de Agricultura de las distintas Comunidades Autónomas, se ajustan mucho a las producciones reales finales.

En resumen, para entender el comportamiento de los precios podemos establecer la máxima de que si la producción es baja, los precios serán altos toda la campaña, mientras que si el mercado está adecuadamente abastecido, los precios seguirán un perfil descendente durante los meses de septiembre a diciembre. El precio medio semanal "un corte" del limón en el periodo 2004-2013, y sin tener en cuenta los años anómalos (2007 y 2009) evoluciona de acuerdo con la expresión, $y = 0,001x^2 - 0,1148x + 3,3197$, $R^2 = 0,9965$, donde "x" denota el número de la semana del año, e "y" el precio del limón en euros/kg.

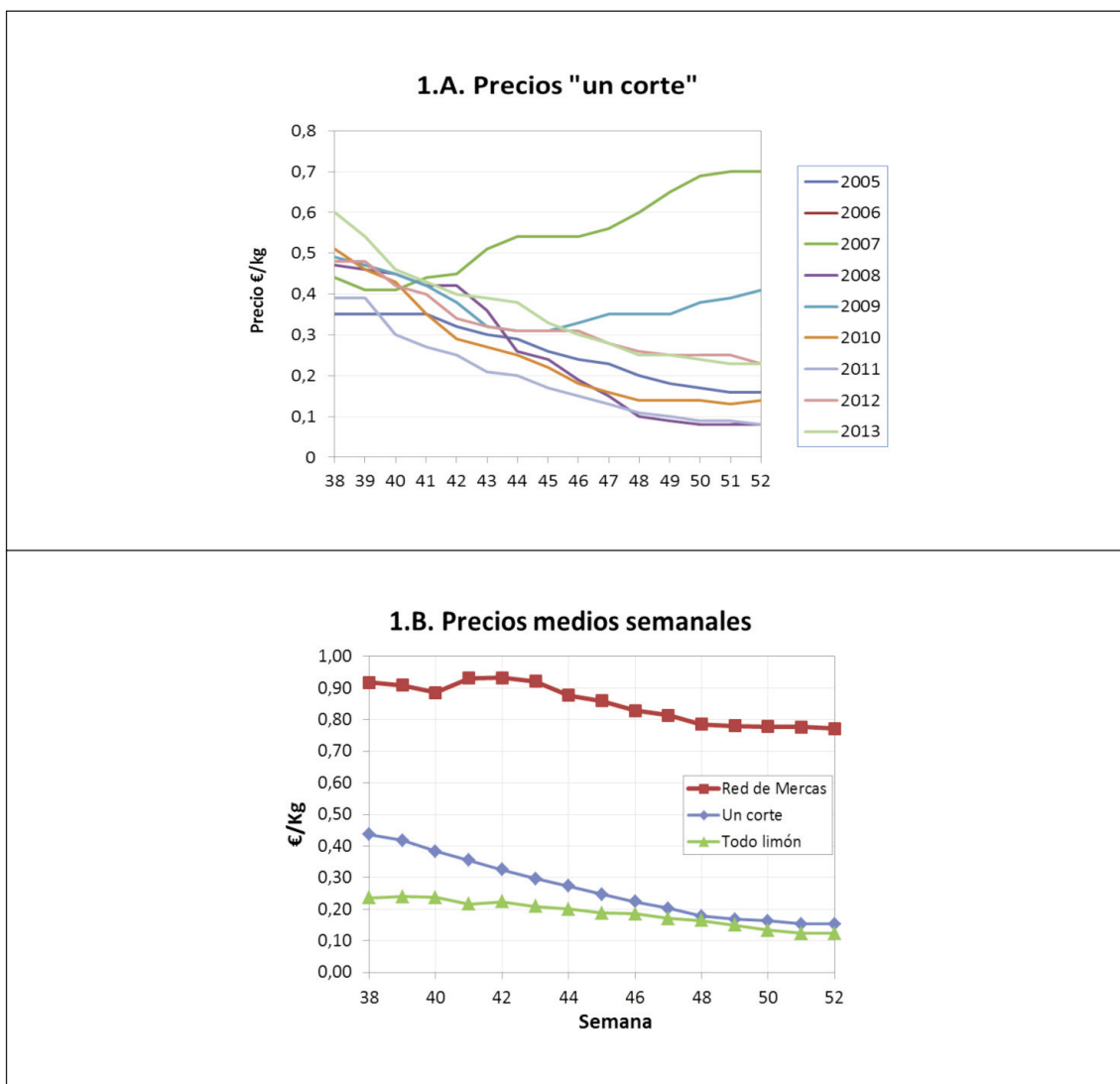


Figura 1. Precios semanales del limón en origen (un corte) y precios medios en origen (un corte y todo limón) y en MERCASA, sin considerar los años anómalos (2007 y 2009).

Elaboración propia a partir de MAGRAMA (2014b) y CARM (2014a).

Figure 1. Weekly prices of lemon at origin (one cut) and mean prices at origin (one cut and all lemon) and in MERCASA. Own chart based on MAGRAMA (2014b) and CARM (2014a).

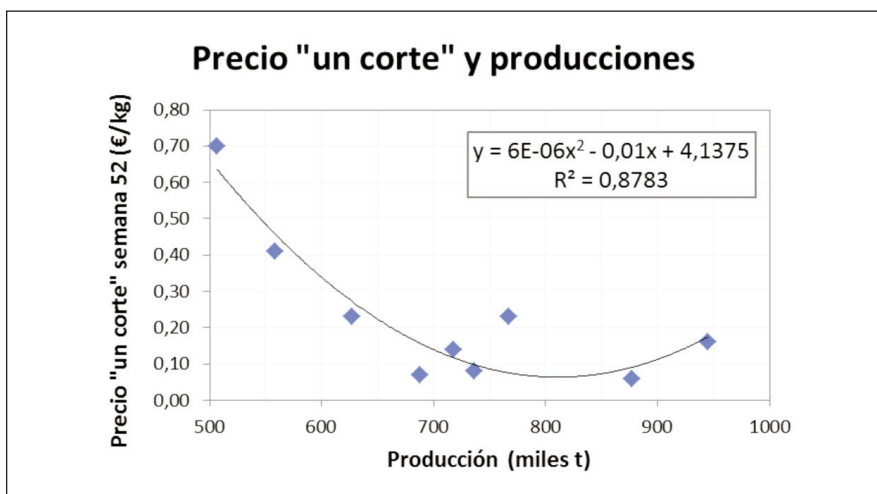


Figura 2. Relación entre producción de limones y precio semana "un corte", semana 51, (MAGRAMA, 2014b).

Figure 2. Relation between lemon production and weekly price "one cut", week 51, (MAGRAMA, 2014b).

Crecimiento del fruto

A la vista de la Figura 1, la primera cuestión a considerar sobre el momento óptimo de venta de la fruta depende de las previsiones de producción a principio de campaña, de forma que si se espera un año de producciones escasas, es recomendable esperar a final de campaña, pero si se espera suficiente producción, parece que la decisión más acertada para el agricultor es vender la fruta cuanto antes, pero hay que tener en cuenta otros factores, ya que el tamaño del limón va creciendo con lo cual gana en peso y calibre lo que hace que el porcentaje de limones aptos para la recolección aumente.

El diámetro del fruto desde la caída fisiológica de junio, aumenta de valores en torno a 25 mm hasta valores cercanos a 60 mm (Figura 3.A, en la que además se muestran las correlaciones entre peso y tamaño del fruto con el número de semana del año, en ambos casos superiores al 0,99), y aunque no fueron medidos los calibres iniciales del fruto, esta

gráfica tiene una forma sigmoide similar a la que propuso previamente Bain (1958). De aquí se deduce que aunque el limón presente condiciones adecuadas para la recolección, con el paso de las semanas el fruto va ganando tamaño y si el precio se mantiene estable, los ingresos para el agricultor aumentarán. Resulta evidente que el aumento excesivo de tamaño también hará que los limones no resulten aptos para la venta. Por ello, y dado que no todos los limones evolucionan de la misma forma se ha estudiado la evolución de la cantidad de limones que presentan un tamaño adecuado.

Como puede apreciarse en la Figura 3.B, a partir de la semana 36 (principios de septiembre) algunos frutos comienzan a tener ya el calibre adecuado, porcentaje que va aumentando hasta alcanzar valores en torno al 90% a finales de año (semana 50 o 51). La relación entre tamaño y número de semana es muy elevada, superior a 0,99.

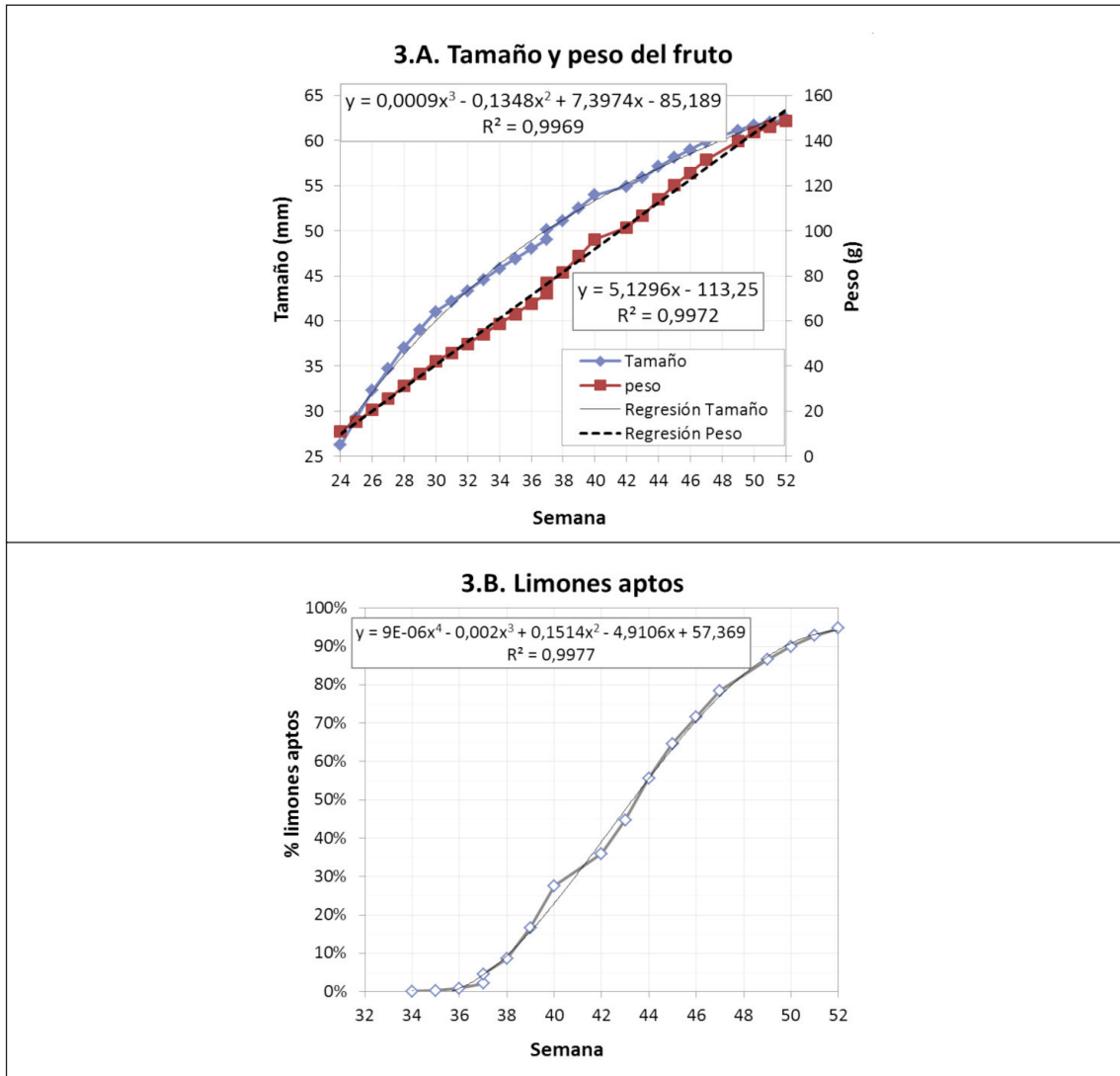


Figura 3. Tamaño del fruto por semanas, y porcentaje de limones aptos. Valores medios de los años 2009 a 2012.
 Figure 3. Fruit size at different weeks and percentage of marketable lemons. Mean values 2009 – 2012.

Ingresos

Los ingresos por la venta de cítricos son la suma de los ingresos del primer y segundo corte. Con respecto al primero, hay que tener presente que con el paso del tiempo el tamaño de los limones aumenta, y en consecuencia, habrá un mayor número de los mismos con calibre comercializable, aunque su precio de venta será sensiblemente inferior. Por su parte, el segundo corte se ha supuesto a final de diciembre, por lo que su precio es

el medio de la última semana del año. Resulta evidente que hay que diferenciar al agricultor que sólo produce de aquel que además comercializa su propia producción.

Para determinar el momento óptimo del primer corte del agricultor que exclusivamente produce, se ha estimado la relación entre el número de semana del año y el precio medio ("un corte") de los años normales de los que se dispone de información (2005 a 2013, con excepción del 2007 y 2009),

$$P_a^{1C}(x) = -0,001x^2 + 0,1148x - 3,3197, R^2 = 0,9961 \quad [5]$$

Donde x es el número de semana, y $P_a^{1C}(x)$ el precio por kilogramo de fruta "un corte" de la semana x.

su producción se ha obtenido dicha relación para los mismos años (2005 a 2013, con excepción del 2007 y 2009) entre los precios medios de la red de Mercas $P_M(x)$ y el número de semana del año (x),

Por su parte para estimar el momento óptimo del agricultor que además comercializa

$$P_M(x) = 0,0003x^3 - 0,0375x^2 + 1,6859x - 24,056, R^2 = 0,943 \quad [6]$$

En ambos casos hay que tener presente que el peso del fruto crece de acuerdo con la si-

guiente ecuación, donde g(x) es el peso de un limón medio en gramos,

$$g(x) = 5,1296x - 113,25, R^2 = 0,9969 \quad [7]$$

Teniendo en cuenta el aumento de peso de acuerdo con la expresión [7], el porcentaje de limones aptos al principio es muy bajo, crece con el paso de las semanas, siendo, al final del periodo, la inmensa mayoría de los frutos ap-

tos para la venta. A partir de los datos medios (Figura 3.B) se ha estimado la siguiente expresión para la evolución de los limones aptos para la venta (kg),

$$Ap(x) = 9 \cdot 10^{-06}x^4 - 0,002x^3 + 0,1514x^2 - 4,9106x + 57,369, R^2 = 0,9977 \quad [8]$$

Tras la estimación de estas tres variables (precios, peso y porcentaje de limones aptos), se han estimado los ingresos de una hectárea en función de la semana de recolección. Para ello se ha considerado una parcela de una hec-

tárea con una producción media de 48.000 kg, que se alcanzan en la semana 52.

La estimación de los ingresos se ha realizado de acuerdo con la expresión [1]

$$I_a(x) = 48.000 \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot P_a^{1C}(x) + 48.000 \cdot \left(1 - \frac{g(x)}{g(52)}\right) \cdot Ap(x) \cdot P_a^{TL}(52) \quad [9]$$

Para obtener los ingresos para agricultor que además comercializa la fruta, $I_M(x)$, bastaría con sustituir en la expresión [9] los precios en el árbol "un corte" y "todo limón" $P_a^{LC}(x)$ y $P_a^{TL}(52)$ por los precios en la Red de Mercas $P_M(x)$ y $P_M(52)$ respectivamente. La evolución de los ingresos por la venta en el árbol y en la Red de Mercas $I_a(x)$ y $I_M(x)$ puede observarse en la Figura 4. De dicha figura se deduce:

1. En cuanto a los ingresos para el agricultor que vende su producción en origen, a medida que se retrasa el primer corte sus ingresos aumentan, y ello pese a que el precio medio esperado es menor. Este incremento se mantiene hasta la semana 44-45 (segunda quincena de octubre), momento a partir del cual, el mayor tamaño alcanzado por los frutos ya no compensa el

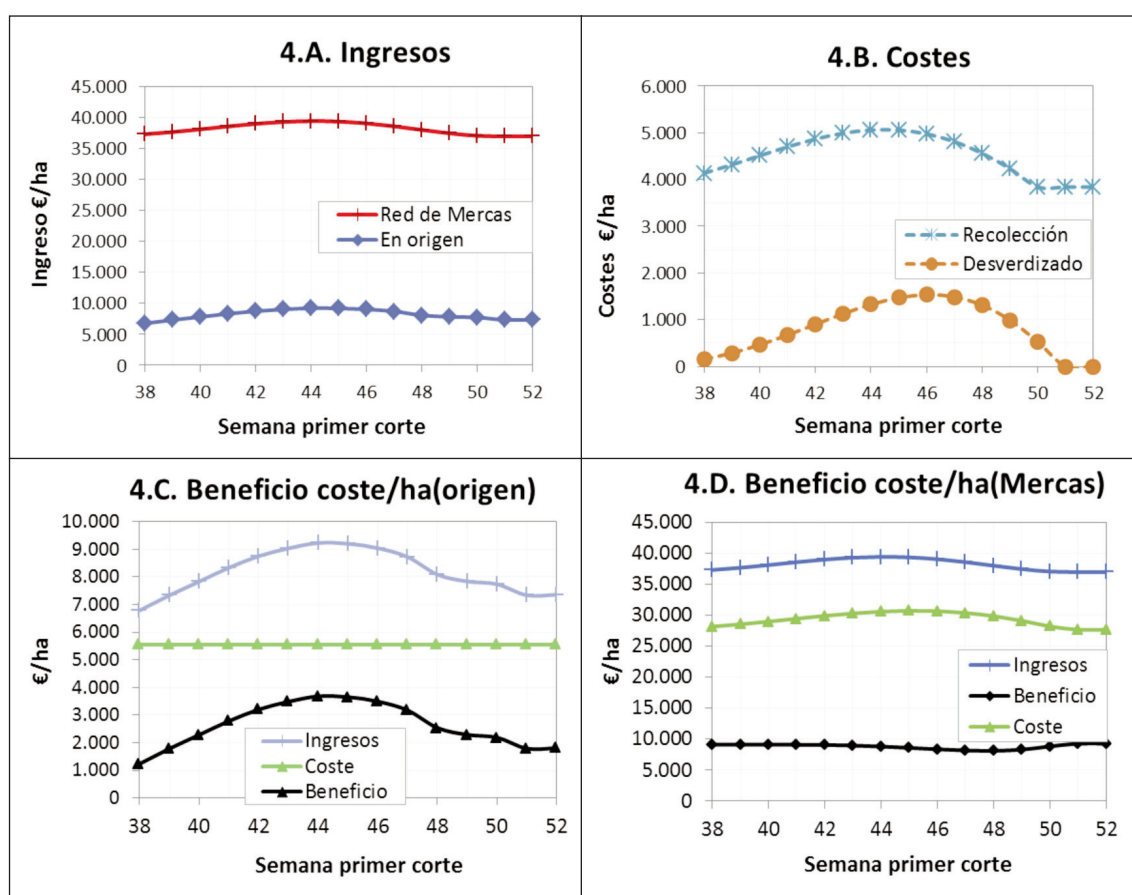


Figura 4. Evolución de los ingresos alcanzables semanalmente en origen y en la Red de Mercas para una hectárea de limón Fino con una producción estimada a final de año de 48.000 kg /ha. Coste semanal de desverdizado y recolección. Evolución de los ingresos, costes y beneficio por hectárea para el agricultor con venta en origen y con venta en la red de Mercas.

Figure 4. Evolution of possible weekly income at origin and in the Mercas network for one hectare of Fino lemon with an estimated end of year production of 48,000 kg /ha. Weekly cost of degreening and harvesting. Evolution of income, costs and benefits per hectare of Fino lemon for grower selling at origin and in Mercas network.

descenso de los precios, y los ingresos comienzan a descender. Téngase presente que los limones no recolectados en el primer corte, lo serán en el segundo en la semana 52, pero a un precio muy inferior.

- Comportamiento similar presenta el agricultor que decida su venta en la Red de Mercas, a unos precios superiores, pero soportando unos costes mayores, aunque, la variación relativa es muy inferior. Hay que tener presente que aunque los ingresos sean superiores, también habrá de hacer frente a mayores gastos, que se analizan a continuación.

Costes

Al igual que en el caso de los ingresos, se considerarán los costes del agricultor exclusivamente como productor y para el caso en que realiza además la función de comercializador.

Costes de producción y comercialización

Para el caso del agricultor que realiza funciones exclusivas de productor, los costes de producción se consideran fijos, y no dependen del volumen recolectado. De acuerdo con García (2014) ascienden a 5.551,6 €/ha. Por otra parte los costes de comercialización, de acuerdo con el mismo autor, son directamente proporcionales a las cantidades recolectadas. Dicha estructura de costes permanece constante durante todo el periodo analizado y se muestra un resumen en la Tabla 1.

Para el agricultor que realiza además la función de comercialización, habrá de sumar a los costes anteriores, los propios de la distribución en destino que se muestran en la Tabla 1 (García y Contreras, 2014; García, 2014). En este caso, se han considerado que todos los costes son proporcionales al volumen comercializado y se han expresado en €/kg. En dicha tabla no se han considerado ni los cos-

Tabla 1. Costes de producción del limón Fino, anuales por hectárea y costes de comercialización del limón Fino por kilo en la Red de Mercas
Table 1. Annual production costs per hectare of Fino lemon, and marketing costs per kilo of Fino lemon in Mercas network

Costes anuales de producción	€/ha	Costes de comercialización	€/kg
Poda anual	523,4	Transporte a almacén	0,014
Costes de maquinaria	698,4	Personal de gestión	0,016
Fitosanitarios	258,0	Personal de manipulación-confección	0,093
Fertilizantes	711,6	Material de embalaje y etiquetado	0,096
Herbicidas	61,0	Gastos de energía, agua, consumibles	0,016
Mantenimiento	92,6	Gastos generales	0,03
Energía eléctrica	199,0	Coste total unitario(€/kg) 0,265	
Personal fijo	1.583,4		
Riego	1.424,2		
TOTAL	5.551,6		

Fuente: García y Contreras, 2014 y García, 2014.

tes de recolección ni los de desverdizado, que sólo los asume el agricultor si decide comercializarlos en destino, y que se analizan en los epígrafes siguientes.

Costes de recolección

De acuerdo con Analistas Económicos de Andalucía (2011) se han estimado unos costes de recolección, $R(x)$, de 0,20 €/kg al inicio de

la campaña (semana 38) y un decrecimiento de los mismos de forma lineal hasta los 0,08 al final del periodo considerado (semana 52). La expresión general de dichos costes es,

$$R(x) = -0,0092 \cdot x + 0,5415 \quad [10]$$

Costes de desverdizado, $D(x)$. Se han estimado a partir de la semana de recolección (x),

$$D(x) = \begin{cases} -0,723 \cdot x^2 + 59,822 \cdot x - 1172,912 & \text{si } x \leq 50 \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad [11]$$

El coste de desverdizado es una función del tiempo, es decir a medida que pasa el tiempo, el limón está más amarillo y en consecuencia necesita estar menos días en cámara de desverdizado. De la expresión [11] se deduce que el coste del desverdizado del limón Fino decrece desde 0,065 €/kg en la semana 42 hasta los 0 €/kg a partir de la semana 50 cuando la fruta ya ha alcanzado el color característico. La evolución de los costes de desverdizado y de recolección en €/ha puede seguirse en la Figura 4. Los costes de recolección incluyen los de las dos recolecciones, mientras que los del desverdizado, sólo los de la primera, ya que en la segunda, el limón ya presenta su color característico.

1. Los costes de desverdizado crecen al principio porque cada vez se recolectan muchos más limones llegando a alcanzar los 1.500 €/ha, pero llega un momento que

pese al aumento de la recolección, el limón está prácticamente amarillo y los costes por hectárea decrecen hasta resultar nulos (final del periodo considerado).

2. De la misma forma los costes unitarios de recolección son mayores al principio que al final, por lo que a medida que pasan las semanas aumenta la proporción de kilos recolectados con mayores costes de recolección, pero llega un momento (semana 44, finales de octubre) en que se alcanza el máximo por hectárea (5.060 €/ha) momento a partir del cual empieza a decrecer, hasta que todo los limones son aptos para la recolección (final del periodo considerado).

A modo de resumen, el coste total para el agricultor se estima a partir de la expresión [2], para una comisión por venta en el Merca del 20% y unos costes fijos unitarios de 0,265 €/kg:

$$C_c(x) = 5.551,6 + 48.000 \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot [0,265 + R(x) + D(x) + P_M(x) \cdot 0,2] + 48.000 \cdot \left(1 - \frac{g(x)}{g(52)}\right) \cdot Ap(x) \cdot [0,265 + R(52) + P_M(52) \cdot 0,2] \quad [12]$$

Siendo $g(x)$ y $Ap(x)$ el peso del limón medido en gramos y el porcentaje de limones aptos, y $g(52)$ el peso en la semana 52. Por su parte

los costes de recolección y de desverdizado se denotan por $R(x)$ y $D(x)$ respectivamente.

Maximización del beneficio

Dado que el objetivo del presente trabajo es determinar aquella semana en la que el agricultor, tanto si opta por venderlo en el árbol, como si opta por su venta a través de los Mercas, podrá maximizar el beneficio.

Para ello ha de tener presente que desde principio de septiembre hasta finales de diciembre, tiene una fruta que está creciendo en tamaño y en peso y por tanto, el porcentaje de limones aptos para la recolección aumenta con el tiempo. Por otra parte, hay que considerar que el precio del limón, tanto en origen ("un corte" o "todo limón") como en la Red de Mercas va decreciendo desde el ini-

cio de la campaña hasta finales de diciembre, reduciéndose en consecuencia los ingresos.

En consecuencia el agricultor deberá determinar la fecha de recolección en la cual el beneficio sea máximo, es decir que el efecto motivado por el crecimiento del fruto sea mayor que el efecto motivado por el descenso de los precios. El estudio se realiza asumiendo dos recolecciones, e imponiendo la condición de que el porcentaje de limones aptos para la recolección sea superior al 40%, y que el primer corte ha de realizarse entre la semana 37 y final de año (semana 52).

El programa de optimización que se plantea para el agricultor se obtiene a partir de la expresión [3]:

$$\begin{aligned} \text{Max } B_a(x) &= 48.000 \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \cdot P_a^{IC}(x) + \\ & 48.000 \cdot \left[1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right] \cdot P_a^{TL}(52) - 5.551,6 \end{aligned} \quad [13]$$

s.a. $Ap(x) \geq 0,4$
 $37 \leq x \leq 52$

Si se repite dicho programa para el agricultor que realiza las funciones de comerciali-

zador, su beneficio, $B_c(x)$ se obtiene a partir de la expresión [4],

$$\begin{aligned} \text{Max } B_c(x) &= 48.000 \cdot [P_m(x) \cdot 0,8 - R(x) - D(x)] \cdot \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) + \\ & 48.000 \cdot \left[1 - \frac{g(x)}{g(52)} \cdot Ap(x) \right] \cdot [P_m(52) \cdot 0,8 - R(52)] - 5.551,6 \end{aligned} \quad [14]$$

s.a. $Ap(x) \geq 0,4$
 $37 \leq x \leq 52$

La evolución de los ingresos, gastos y beneficios en cada uno de los casos puede seguirse en la Figura 4. Como puede comprobarse:

1. Si la venta se realiza en el árbol, y si el primer corte se realiza en la primera semana del periodo considerado (semana 39, se-

gunda quincena de septiembre) el agricultor obtiene unos beneficios esperados de 7.335,84 €/ha, y a partir de ahí, el agricultor aumenta sus ingresos esperados en la medida en que decida aplazar su recolección hasta la semana 44 (segunda quincena de octubre) cuando se alcanzan 9.232,56 €/

ha, a partir de la cual los ingresos descienden hasta niveles cercanos al principio.

2. Por su parte, si el productor vende su producción en el la red de Mercas, los beneficios son muy estables en torno a 14.000 €/ha. La evolución de los precios, con un descenso menos acusado, compensa aproximadamente la disminución de los costes de desverdizado y de recolección analizados.

Pese a que el beneficio es superior, hay que tener presente que de esta forma el agricultor asume un riesgo mayor ya que ha de hacer frente a dos actividades, la de recolección y la de manipulación y envasado. Los costes estimados para esta segunda actividad son los estimados para una empresa que se dedique de forma continuada a la misma, que pueden diferir de los soportados por aquellas que lo realizan de forma ocasional. Además, hay que considerar el efecto de un exceso de oferta puntual en un Merca en particular, que podría hundir los precios y con ello los beneficios de la empresa.

En cualquier caso, el objetivo del artículo no es más que la determinación del momento óptimo de recolección. El óptimo obtenido es independiente de los costes fijos considerados.

Como conclusiones del análisis de la evolución semanal de los principales costes de producción del limón y de sus precios podemos decir:

1. La evolución semanal de los precios es claramente decreciente desde el inicio de la campaña, semana 38 hasta final de año. Si la producción esperada no supera las 600.000 toneladas, puede considerarse un año anómalo y los precios tienden a crecer.
2. El agricultor que vende su cosecha en el árbol, teniendo presente la evolución de los precios y del calibre, maximiza sus beneficios en promedio si realiza la primera recolección por la semana 44 (segunda quincena de octubre) pudiendo llegar a alcanzar unos beneficios de 9.232,56 €/ha,

si a los ingresos de dicho corte se le suman los de un último corte a final de campaña.

3. Si la venta se produce en la Red de Mercas, el beneficio es bastante estable a lo largo del año, no pudiéndose concluir a priori, que interese más recolectar en una semana u otra, ya que el menor precio del limón lo compensa, con unos costes de desverdizado y de recolección que decrecen con el paso de las semanas.

Bibliografía

- AILIMPO. Asociación Interprofesional de Limón y Pomelo. <http://www.ailimpo.com/>. Fecha de acceso, 21 de enero de 2015.
- AMOPA (2006). Estudio técnico-económico de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia. Murcia: Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios.
- Analistas Económicos de Andalucía (2011). Competencia y Cadena de Valor en la producción y distribución de Cítricos. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Junta de Andalucía. Disponible en <http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/Informe%20Sector%20C3%ADtricos.pdf>
- Axelrad G, Feinerman E (2009). Regional Planning of Wastewater Reuse for Irrigation and River Rehabilitation. *Journal of Agricultural Economics* 60(1): 105-131.
- Bain JM (1958). Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of Valencia orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *Australian Journal of Botany* 6: 1-24.
- Bartolini F, Bazzani GM, Gallerani V, Raggi M, Viaggi D (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural Systems* 93(1-3): 90-114.

- Bauer S, Kasnakoglu, H (1990). Nonlinear Programming Models for Sector Policy Analysis. *Economic Modeling* 7(3): 275-90.
- Caballero P, De-Miguel MD, Fernández-Zamudio, MA (2011). Análisis y posibles actuaciones empresariales. *Vida rural* 328: 52-57.
- Caixeta-Filho JV (2006). Orange harvesting scheduling management: a case study. *Journal of the Operational Research Society* 57: 637-642.
- CARM (2014a). Consejería de Agricultura de la Región de Murcia. Disponible en [http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1396&IDTIPO=100&RASTRO=c212\\$m1174](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1396&IDTIPO=100&RASTRO=c212$m1174) Fecha de acceso: 24 de octubre de 2014.
- CARM (2014b). Consejería de Agricultura de la Región de Murcia. Disponible en [http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1400&IDTIPO=100&RASTRO=c934\\$m1174,1392](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1400&IDTIPO=100&RASTRO=c934$m1174,1392). Fecha de acceso: 15 de enero de 2015.
- Conesa A, Brotos JM, Manera FJ, Porras I (2014). The degreening of lemon and grapefruit in ethylene atmosphere: A cost analysis. *Scientia Horticulturae* 179: 140-145.
- FAO (2014). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>. Fecha de acceso: 15 junio 2014.
- Feinerman E, Voet H (1995). Dynamic optimisation of nitrogen fertilisation of citrus and the value of information from leaf tissue analysis. *European Review of Agricultural Economics* 22(1): 103-118.
- García J (2014). Análisis del sector del limonero y evaluación económica de su cultivo. IMIDA. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia. Murcia. España.
- García J, Contreras F (2014). Análisis económico del cultivo del limonero Fino y Verna en la región de Murcia. *Levante Agrícola* 53(I): 47-53.
- García Lidón A, Del Río JA, Porras I, Fuster MD, Ortuño A (2003). El limón y sus componentes bioactivos. *Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Serie Técnica* N° 25. 127 pp. Murcia.
- Jin HE, Chun-jie QI (2009). Empirical study on price formation and profit distribution of citrus in China, taking citrus in Yichang as an example. *Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition)* 6: 36-43.
- MAGRAMA (2014a). Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, alimentación y medioambiente. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>. Fecha de acceso: 15 junio 2014.
- MAGRAMA (2014b). Observatorio de precios de los alimentos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y medioambiente. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-alimentacion/observatorio-precios/>. Fecha de acceso: 15 junio 2014.
- MERCASA (2014). Disponible en www.mercasa.es. Fecha de acceso: 15 junio 2014.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marítimo (2012). Estudio de la cadena de valor y formación de precios del sector cítrico. <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/servicios/observatorio-de-precios-de-los-alimentos/frescos.aspx>. Fecha de acceso: 15 de junio de 2014.
- O'Connell NV, Craig EK, Freeman MW, Klonsky KM, De Moura RL (2010). Sample costs to establish an orchard and produce lemons, low-volume irrigation, San Joaquin Valley. University of California, Cooperative Extension.
- Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F (2004). Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management* 45 (11-12): 1821-1830.
- Porras I (2014). Limonero, pomelo y lima. En: *La Fruticultura del siglo XXI en España*. Coordinadores: J.J. Hueso Martín; J. Cuevas González. *Serie Agricultura* N° 10: 301-325. Edita Cajamar Caja Rural.
- Salles M, Gomes E (2010). Optimized agricultural planning of sugarcane using linear programming. *Revista Investigación Operacional* 31(2): 126-132.

(Aceptado para publicación el 17 de febrero de 2015)