

## Análisis técnico-económico de diferentes sistemas de plantación de olivo en zonas semiáridas del Valle del Ebro

A. Arbonés<sup>1</sup>, M. Pascual<sup>2</sup> y J. Rufat<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Programa Us Eficient de l'Aigua. IRTA. FruitCentre, Parc Científic i Tecnològic Agroalimentari de Lleida. 25003 Lleida (Spain)

<sup>2</sup> Departament d'Hortofruticultura, Botànica i Jardineria. Universitat de Lleida. Av. Rovira Roure, 191. 25198 Lleida (Spain)

### Resumen

Se han calculado los indicadores de rentabilidad y costes de producción aceite de oliva virgen extra (AOVE) cv 'Arbequina' en diferentes sistemas de cultivo utilizados en el Valle del Ebro (España) tanto en condiciones de secano como de regadío. Los coeficientes técnicos y costes han sido estimados a partir de entrevistas a agentes del sector durante el año 2013. Los indicadores de rentabilidad utilizados han sido el valor actual neto (VAN), la relación VAN- Inversión (IVAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual equivalente (VAE). Este último es utilizado para comparar los resultados de sistemas con diferente vida productiva. Como indicadores de eficiencia se ha calculado el coste de producción de las olivas y del aceite, así como la relación beneficio/coste (RBC). La sensibilidad del VAE a cambios en la cuantía de inversiones, costes y beneficios se ha determinado mediante ajuste de modelos lineales de regresión a diferentes escenarios. Los resultados indican que la viabilidad de las plantaciones tradicionales en secano es muy dependiente de las ayudas agroambientales. Este mismo sistema, con riego de soporte que permita cubrir entorno el 35% de ETc se muestra rentable. El cultivo intensivo es el más rentable en las condiciones estudiadas, junto a los sistemas superintensivos, que pueden ser eficientes si son diseñados para un alto grado de mecanización. También se muestra la alta sensibilidad a variaciones de producción y precios de mercado a medida que se intensifica el cultivo, aumentando el riesgo asociado a las inversiones.

**Palabras clave:** Aceite de oliva, indicadores de rentabilidad, riego, plantación intensiva y superintensiva.

### Abstract

#### Technical and economic analysis of different olive production systems in semiarid regions of the Ebro Valley (Spain)

Profitability indicators and production costs of olive trees cv 'Arbequina' under different cropping systems in the Ebro Valley (Spain) were calculated. Technical and cost coefficients were obtained from a survey of different stakeholders during the year 2013. The profitability indicators used were Net Present Value (NPV), the NPV-Investment relationship (INPV), internal rate of return (IRR) and equivalent present value (EPV), this one used to compare the results of the different systems. As indicators of efficiency, cost of production of olives and oil and the relationship profit/cost (RPC) were calculated. To evaluate NPV sensitivity to investments changes, costs and benefits were determined by fitting regres-

---

\* Autor para correspondencia: josep.rufat@irta.cat

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.025>

sion linear models under changing scenarios. The results indicate that the viability of traditional rain-fed plantations depends on agri-environmental aids. When deficit irrigation is added, covering 35% of Etc, it is profitable. Intensive farming systems are the most profitable under the studied conditions. However, super-intensive systems could be efficient under a high degree of mechanization. Also, it is highly sensitive to changes in yield and olive oil prices due to farming intensification, increasing the risk.

**Key words:** Olive oil, profitability indicators, irrigation, intensive and superintensive olive orchard.

## Introducción

Los cultivos tradicionales mediterráneos poseen algunos elementos comunes que los hacen insustituibles en su vertiente de sostenibilidad del territorio tanto en su faceta socio-económica como medioambiental, al ocupar zonas donde otros cultivos alternativos presentan muchas limitaciones (Stroosnijder et al., 2008). El sector oleícola se enfrenta al reto de satisfacer una demanda mundial creciente de aceite de oliva, lo que constituye una oportunidad de primer orden para el sector agroalimentario español. Ello ha fomentado la investigación y el desarrollo tecnológico del cultivo (Pastor et al., 1999; Alegre et al., 2000; Girona et al., 2001; Faci et al., 2002; Santos et al., 2010), que han contribuido al desarrollo de sistemas de cultivo con producciones y rentabilidades del capital insospechadas hace unas pocas décadas (Vossen, 2004).

En las zonas áridas y semiáridas del valle del Ebro en que tradicionalmente se cultiva el olivo, las plantaciones de secano tienen densidades de unos 100 olivos/ha<sup>-1</sup>, adaptadas fundamentalmente al régimen pluviométrico. La puesta en servicio de nuevos regadíos, ya sean dimensionados para dotaciones a plena necesidad (6.000 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>), y más frecuentemente dimensionados para riegos de soporte (1.000 a 3.500 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>) hacen plantear a los agricultores la intensificación del cultivo mediante densidades de plantación superiores a las tradicionales.

Las zonas tradicionales de cultivo se asocian a un clima semiárido, con una temperatura

media anual entorno a los 15°C, con temperaturas invernales bajas que pueden provocar daños severos en los olivares de zonas más expuestas al frío. Las lluvias oscilan entre 300 y 500 mm año<sup>-1</sup>, repartidas irregularmente (Figura 1). Los suelos se caracterizan por ser poco profundos y calcáreos, en general poco fértiles y con una capacidad de retención de agua de moderada a baja. La estructura de la explotación tradicional se fundamenta en el cultivo en parcelas de pequeña dimensión, a menudo con alta pendiente, existiendo en muchos casos bancales, lo que dificulta la mecanización del cultivo.

Existen estudios en Andalucía, realizados en buenas condiciones edafoclimáticas, que indican que las plantaciones intensivas son más rentables que las plantaciones superintensivas, debido a que en el segundo caso la inversión realizada es superior y, el tamaño del seto, directamente relacionado con la producción, está condicionado por la anchura y la altura de la máquina recolectora (Pastor et al., 2006). Otras experiencias realizadas en Córdoba y Tarragona con sistemas superintensivos (1.975 y 2.469 olivos ha<sup>-1</sup>), indican que las producciones acumuladas de aceitunas, del 2º al 6º año, fueron notablemente más altas en Córdoba (13.788 kg ha<sup>-1</sup>) que en Tarragona (8.623 kg ha<sup>-1</sup>) posiblemente causadas por las diferencias climáticas, de fertilidad de suelo y también del agua suministrada (León et al., 2006). Abós et al. (2007) concluyen que estas últimas son una alternativa rentable a corto plazo, alcanzando una tasa interna retorno (TIR) entre el

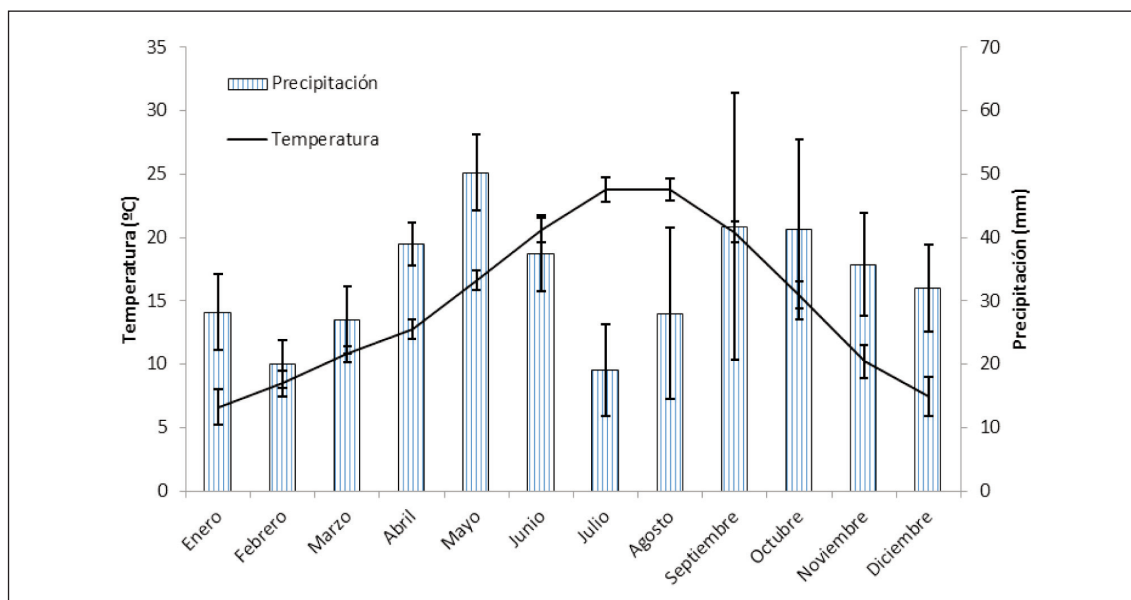


Figura 1. Climograma medio del valle del Ebro. Realizado con datos de 8 estaciones meteorológicas desde Tarragona hasta Navarra. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media de la temperatura y la precipitación media mensual.

Figure 1. Weather data in the Ebro Valley. Weather stations (8) were used from Tarragona to Navarra.

8 y 10%; si bien constataron una rentabilidad mayor en las plantaciones intensivas, próxima al 14%. No obstante, ambos sistemas manifestaron una alta sensibilidad a las variaciones del precio de la aceituna y la producción (20% y 30%, respectivamente), lo que implica un incremento del riesgo. Por último, los sistemas tradicionales en estas zonas presentan producciones sensiblemente mayores que las de las zonas media y baja del valle del Ebro, debido fundamentalmente a lluvias más cuantiosas.

El objetivo de este estudio es calcular los indicadores de rentabilidad y conocer la viabilidad económica de diferentes sistemas de cultivo de olivo en la zona del valle del Ebro, en la que conviven, según las disponibilidades de agua, desde los sistemas tradicionales de secano con los más evolucionados sistemas intensivos de regadío.

## Materiales y métodos

La información utilizada en el presente estudio ha sido obtenida de entrevistas realizadas a diferentes agentes representativos del sector: agricultores, técnicos de Agrupación de Tratamientos Integrados (ATRIAs), comunidades de Regantes, Cooperativas y empresas productoras y de servicios de diferentes zonas de Lleida, Tarragona, Zaragoza y Navarra. Si bien existen una gran variabilidad en los tipos de plantaciones de la zona estudiada, se han agrupado en cuatro sistemas de cultivo, adaptados de la clasificación propuesta por Stroosnijder *et al.* (2008). Así mismo, se ha evaluado la reconversión del olivar tradicional de secano a regadío mediante la plantación intercalada para incrementar la densidad, por cuanto constituye actualmente una solución ampliamente extendida.

Tipos de sistemas de plantación evaluados:

#### *Nueva plantación en secano*

Incluye aquellas plantaciones que no tienen disponibilidad de riego. La densidad más común suele situarse en el rango de 100 a 150 olivos ha<sup>-1</sup>, con un objetivo productivo entorno los 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de aceitunas, con una producción de 360 litros de aceite ha<sup>-1</sup>. Los antecedentes técnicos de esta tipología de sistema corresponden a los resultados de ocho años de control (1983-1990), en una plantación experimental de cv 'Arbequina' en secano (Solé, 1994).

Se considera que la entrada en producción tiene lugar desde el año 10 hasta el 14 y a partir del 15º año se obtiene una producción estable hasta el año 50, en que se considera finalizada la vida útil para este estudio. Esta puede llegar a ser mucho más larga considerando las edades de muchas plantaciones existentes en la zona.

La protección del cultivo contempla dos tratamientos fitosanitarios anuales. El mantenimiento del suelo se realiza con tres pasadas de cultivador al año y un pase de rulo previo a la cosecha. La recolección se realiza mediante dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

#### *Plantación tradicional con riego de soporte*

Este tipo de sistema se plantea cuando existe la posibilidad de un riego de soporte con dotaciones de 2.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> o inferiores, como es el caso de algunas áreas de nuevos regadíos en el Valle del Ebro donde existen plantaciones que tradicionalmente han sido de secano en buen estado productivo, con densidades entorno a los 100 árboles ha<sup>-1</sup>. Este tipo de plantación está siendo reconvertida por los agricultores, intercalando una línea de olivos, lo que supone un incremento de la densidad. En Andalucía, Pastor et al. (1990) en un olivar adulto concluyen que el

incremento de densidad es poco viable técnica y económicamente en secano. Sin embargo, en olivares transformados en nuevas zonas de riegos de soporte con dotaciones entre 1.000 y 2.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, se constata un incremento sensible de la producción al incrementar la densidad de plantación. Se considera que el incremento de rendimientos se realiza progresivamente desde el quinto año de plantación hasta el noveno año, con un potencial a plena producción (a partir del año 10) de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> de olivas, de las que se obtienen unos 1.200 litros ha<sup>-1</sup> de aceite. La vida útil de la plantación se considera de 45 años, aunque pueda ser superior. En estas plantaciones se estiman necesarios tres tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento de suelo mediante tres tratamientos de herbicidas en las líneas y tres desbrozados mecánicos entre los árboles. La recolección es realizada con dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

El coste del agua de riego se calcula en base a los precios indicativos de la Comunidad de Regantes Segrià Sud (Lleida) con un fijo anual de 74 € ha<sup>-1</sup> y un precio variable de 0,145 € m<sup>3</sup> según la tarifa vigente en 2013 en el caso de riego de soporte. Se considera un coste de oportunidad de 400 € ha<sup>-1</sup>, equivalente al arriendo de la tierra a terceros.

#### *Plantación intensiva en regadío*

Este sistema es factible, desde un punto de vista de recursos hídricos, cuando se dispone de un riego con dotaciones superiores a 3.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Estos sistemas de plantación se realizan con densidades entorno los 330 olivos ha<sup>-1</sup> (marcos de plantación habituales de 5 x 6 m). A partir del cuarto año suele producirse la entrada en producción, aumentando hasta décimo, en el que la plantación consigue su óptimo productivo. La producción de olivas esperada es de 8.000 kg ha<sup>-1</sup> y 1.920 L ha<sup>-1</sup> de aceite. La vida útil de la plantación se considera de 45 años, aunque posiblemente pueda ser superior.

Se prevén cuatro tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento del suelo con tres tratamientos de herbicidas en las líneas y tres pases de desbrozadora entre los árboles. En este caso, el agua de riego tiene un precio fijo anual de 95 € ha<sup>-1</sup> y un precio variable de 0,096 € m<sup>-3</sup> (tarifa 2013 para esta dotación en la CC.RR. Segarra-Garrigues). En este caso se ha considerado un coste de oportunidad de 500 € ha<sup>-1</sup>, precio de arriendo de tierras con esta dotación de agua. La recolección está prevista con dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

#### *Nueva plantación superintensiva*

Este tipo de sistemas se asocia a dotaciones de riego de unos 4.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> o superiores, con densidades de 1.000 olivos ha<sup>-1</sup> o mayores. En el tercer año se inicia la producción y a partir del 5º se considera la plantación establecida. Se prevé una producción media de olivas de unos 9.000 kg ha<sup>-1</sup> para obtener una producción de aceite de 2.160 litros ha<sup>-1</sup> (Rufat et al, 2013). La vida útil se considera de 22 años, teniendo constancia de la existencia de plantaciones en plena producción con 18 años.

Se prevén cinco tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento de suelo con cuatro tratamientos de herbicidas en las líneas y cuatro pases de desbrozadora en las calles. El agua de riego tiene un precio fijo anual de 110 € ha<sup>-1</sup> y un precio variable de 0,096 € m<sup>-3</sup> (tarifa de riego total en la CC.RR. Segarra-Garrigues). En este caso se ha considerado un coste de oportunidad de 600 € ha<sup>-1</sup>. La recolección está prevista con una pasada de vendimiadora.

#### *Nueva plantación superintensiva tutorada*

Este sistema se caracteriza por la posibilidad de alcanzar los rendimientos más altos y debe asociarse a dotaciones de agua no limitantes, a partir de 5.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, con

densidades de unos 1.670 olivos ha<sup>-1</sup> (marco mínimo de 4 x 1,5 m) formadas en seto y tutoradas. En el tercer año se inicia la producción y a partir del 5º se considera la plantación adulta. Se prevé una producción de olivas de unos 11.000 kg ha<sup>-1</sup> para obtener una producción de aceite de 2.640 l ha<sup>-1</sup>. El periodo de vida útil considerado es de 22 años, como en el caso anterior.

La protección fitopatológica se realiza mediante seis tratamientos anuales y el mantenimiento del suelo con cuatro tratamientos de herbicidas en las líneas y cuatro pases de desbrozadora en las calles. El coste del abonado es proporcional a la producción esperada. El agua de riego y los costes de oportunidad son los mismos que en el apartado anterior. La recolección está prevista en una pasada con máquina vendimiadora.

#### *Consideraciones de carácter general*

Las características principales de los sistemas de cultivo considerados son los que se muestran en la Tabla 1.

Para realizar la valoración de la producción de aceite se considera un rendimiento del 22% en peso. El precio percibido por el productor es de 3 € L<sup>-1</sup>, teniendo en cuenta el precio de un aceite de calidad virgen extra en zonas con Denominaciones de Origen o Indicaciones Geográficas Protegidas.

Los costes de mano de obra se contabilizan a 9 € h<sup>-1</sup>. El de la maquinaria (tractor más apero o máquina, incluido el operario) a 35 € h<sup>-1</sup>; en el caso de la recolección, si ésta se realiza con máquina vendimiadora, se contabiliza a 160 € h<sup>-1</sup> y en el caso de vibrador de paraguas se contabiliza a 60 € h<sup>-1</sup>. Los tiempos indicativos de realización de las labores son tiempos de trabajo para fincas en las que no existen impedimentos al rendimiento de las máquinas. En ningún caso se han contabilizado ayudas de las administraciones al cultivo.

Tabla 1. Características principales de los diferentes sistemas de producción  
 Table 1. Characteristics of the growing systems

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Olivos ha <sup>-1</sup>	150	200	330	1.000	1.670
Dotación riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		2.000	3.500	4.500	5.500
Objetivo producción (kg ha <sup>-1</sup> )	1.500	5.000	8.000	9.000	11.000
Producción aceite (L ha <sup>-1</sup> )	360	1.200	1.920	2.160	2.640
Vida útil estimada (años)	50	45	45	22	22
Año entrada en producción	10	0	4	3	3
Años hasta plena producción	14	9	9	4	4

Los productos de protección considerados se basan en las formulaciones autorizadas de dimetoato, fosmet, clorpirifos, imidacloprid, oxilcloruro de cobre, captan e hidróxido cúprico.

El coste del abonado se la calculado en función de la producción esperada. En secano es común abonar con mezclas de abonos con equilibrio 2-1-5, complementado con nitrógeno en primavera. En regadío se detectó más variabilidad, desde la aplicación convencional, con aplicación de invierno y una cobertera con abono nitrogenado en primavera hasta distribución mediante fertirrigación.

El coste de control químico de malas hierbas se ha calculado en base al uso de glifosato+MCPA y glifosato+ oxifluorfen. El sistema de poda considerado es manual con tijeras mecánicas.

En el caso de nuevos regadíos, el coste del derecho de la conexión de la finca a la red de riego y los precios del agua son muy variables en función de la dotaciones de riego y entre las comunidades de regantes (Tabla 2). En el presente estudio se han tomado las tarifas y precios de las CC. RR. Segrià Sud y Segarra-Garrigues.

#### Metodología de cálculo de los indicadores de viabilidad

Se han elaborado los flujos de caja de cada uno de los sistemas de plantación considerados para, a partir de su análisis, evaluar los indicadores de viabilidad escogidos: Valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el Punto muerto (PM), o *Break even point*, el índice de valor actual neto (IVAN), la razón Beneficio-Coste, calculada como razón entre el flujo actualizado de beneficios y el valor actual de los costes totales, y el Valor actual neto (VAE). Este último indicador ha sido el utilizado a efectos comparativos de los diferentes sistemas, dada la diferente vida útil de cada uno de ellos (ecuación 1).

$$VAE = VAN \cdot \frac{r \cdot (1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (1)$$

La tasa de descuento  $r$  se ha calculado según el modelo WACC –*Weighted Average Cost of Capital*– (Miles y Ezzell, 1980) o coste medio ponderado del capital, con el objetivo de ajustar la tasa de descuento al riesgo subyacente de los activos invertidos en los diferentes sistemas tecnológicos (ecuación 2).

Tabla 2. Costes (€ ha<sup>-1</sup>) e indicadores técnicos (horas de mano de obra y maquinaria) de la inversión necesaria en diferentes sistemas de producción  
 Table 2. Investment costs (€ ha<sup>-1</sup>) and technical indicators (labor and equipment) of the growing systems

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Plantas	312	200	666	2.000	3.334
Preparación terreno y plantar	860	745	860	990	1.170
Postes, cables, anclajes e instalación					2.600
Total Plantación	1.172	945	1.526	2.990	7.104
Coste de derecho de conexión red de riego		1.600	1.550	3.100	3.300
Instalación riego finca		2.500	2.700	3.000	3.100
Total Riego		4.100	4.250	6.100	6.400
Otros*	394	1.721	1.411	1.906	2.048
TOTAL Inversión	1.566	6.766	7.187	10.996	15.552
% de coste mano obra y maquinaria sobre total inversión	72,2	15,7	18,3	11,2	9,4

\* Corresponden a otros costes derivados de inversión como la puesta a punto del sistema de riego, la formación y tutorado de la plantación, gastos de abono, agua, fitosanitarios y otros gastos de cultivo durante el primer año.

$$WACC = (E \cdot k_e + D \cdot k_d) / (E + D) \quad (2)$$

Donde  $E$  : capital aportado por los inversores

$D$  : Cantidad financiada con crédito

$k_e$ : rentabilidad exigida por los inversores o tasa de oportunidad del capital de los inversores.

$k_d$ : coste de la deuda

$k_e$  se ha calculado mediante el método CAPM –Capital Asset Pricing Model– (Treynor, 1999) formulado como se muestra en la ecuación (3)

$$k_e = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) \quad (3)$$

Siendo:

$r_f$  : tasa de rentabilidad para inversiones sin riesgo.

$r_m$  : rentabilidad esperada de un mercado de capitales similar.

$\beta$ , coeficiente de riesgo de mercado. Se ha considerado como valor indicativo el valor 0,6, como representativo de un segmento como el de producción de aceituna de calidad.

La eficiencia económica se calcula como coste de producción de la aceituna y del aceite el coste de producción unitario del aceite y de las olivas, como cociente del VAE de costes y de VAE de producciones, (ecuación 4):

$$\text{Coste producción} = \frac{VAE_{\text{costes}}}{VAE_{\text{producción}}} \quad (4)$$

La relación Beneficio/Coste se ha calculado como razón entre el flujo actualizado de beneficios y la inversión inicial, (ecuación 5).

$$\frac{\sum_{i=1}^n Bi / (1+r)^i}{I_c} \quad (5)$$

Siendo Bi los beneficios del año i, r la tasa de descuento e lo la inversión inicial.

Por último, se ha realizado un análisis de sensibilidad de VAE a partir de las variaciones en la cuantía de las inversiones, Costes y Beneficios de cada uno de los sistemas estudiados.

## Resultados

Analizando los costes de inversión (Tabla 2), en el caso de sistemas de cultivo de secano, la mano de obra y la maquinaria representan el 72% de la inversión total de la nueva plantación, disminuyendo con la intensificación de los sistemas, hasta representar tan solo el 9,2% en el caso de los setos superintensivos. El capítulo más elevado de inversión para el sistema superintensivo tutorado es la plantación mientras que para el resto de los sistemas está constituido por el riego. Los derechos de conexión a la red de distribución de riego suponen un coste entre el 20 y 30% del total de la inversión, en las condiciones de las comunidades de regantes estudiadas. El montante total de la inversión es muy similar en el caso del sistema con riego de soporte y el intensivo, con una diferencia que no supera el 10%. También destaca la importancia del coste de plantación (plantas y tutorado) en el caso de los sistemas en seto superintensivo, que llega al 45% de la inversión total.

Durante el período productivo, los costes anuales aumentan proporcionalmente a la producción obtenida (Tabla 3), en particular para el caso de la mano de obra y maquinaria empleada en el proceso (Figura 2). Destacar entre los costes la poda, la recolección y el agua de riego, así como el coste de oportunidad. La importancia de los anteriores factores varía entre sistemas de cultivo. Los resultados de la evaluación económica y de los indicadores de eficiencia de los sistemas de cultivo analizados se resumen en la Tabla 4. En el caso de los sistemas tradicionales en secano, y en las condiciones evaluadas, el resultado obtenido muestra la inviabilidad de las inversiones en nuevas plantaciones. En contrapartida, los sistemas de cultivo con disponibilidad de riego muestran ser viables. El riego de soporte, con una inversión moderada e incrementando la producción desde el momento inicial, se muestra rentable, constituyendo una solución indicada para la mejora del olivar tradicional, aún en condiciones de suministro restringido de agua. En este escenario, este sistema muestra capacidad para generar una rentabilidad aceptable, aún con los costes de riego considerados.

En las condiciones estudiadas, la relación Beneficio/Coste es mejor en el sistema intensivo frente al resto, al igual que el VAN. Ello es resultado de una inversión inicial más moderada, de la mayor longevidad de este sistema de cultivo y de la tasa de descuento utilizada para la actualización de los flujos de caja.

El análisis de sensibilidad del VAE frente a variaciones de Inversión, Costes y Beneficios (Tabla 5 y Figura 3) muestra la baja sensibilidad de los sistemas de secano a cambios en las componentes, mientras que la implementación de riego de soporte aumenta la sensibilidad a variaciones de producción, precios o costes. Ello también es coherente con el incremento de las inversiones necesarias, llegando a la máxima sensibilidad en los sistemas superintensivos.



Tabla 3. Resumen de costes de producción (en € ha<sup>-1</sup>) e indicadores técnicos (h ha<sup>-1</sup> de mano de obra y de maquinaria) de los diferentes sistemas de cultivo de olivar en plena producción

*Table 3. Production costs (€ ha<sup>-1</sup>) and technical indicators (labor and equipment h ha<sup>-1</sup>) of the growing systems*

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Recolección	340	430	490	550	630
Poda	165	293	430	693	747
Eliminación restos de poda	45				
Laboreo	245				
Agua de riego		384	451	582	678
Abonado					
Abonos	60	250	300	350	400
Aplicación	35				
Tratamientos fitosanitarios					
Productos	73	115	146	177	208
Aplicación	56	84	140	210	294
Control malas hierbas					
Desbrozado		105	137	158	158
Herbicidas		120	120	160	160
Aplicación	84	105	182	210	
Coste oportunidad		400	500	600	600
Varios	60	70	170	230	230
<b>Total Costes</b>	<b>1.079</b>	<b>2.355</b>	<b>3.014</b>	<b>3.917</b>	<b>4.340</b>
Indicadores técnicos					
Mano de obra	31,6	33,3	47,9	65,7	80,4
Equipos mecánicos	11,6	13,3	16,9	20,7	23,4
Recolectora	4,5	6	7	3	3,5

Los costes de producción obtenidos fluctúan en un amplio rango, según los sistemas de cultivo (Tabla 4). El sistema tradicional es el que presenta mayores costes de producción de la aceituna, de 0,86 € kg<sup>-1</sup> (3,89 € L<sup>-1</sup> de aceite), frente a los sistemas intensivos y su-

perintensivos, en los que el precio de coste oscila entre 0,47 y 0,56 € kg<sup>-1</sup> (2,14-2,53 € L<sup>-1</sup> de aceite). Estos costes de producción se encuentran dentro de los rangos reportados en diferentes estudios (de Graaff et al., 2008; Vossen et al., 2011).

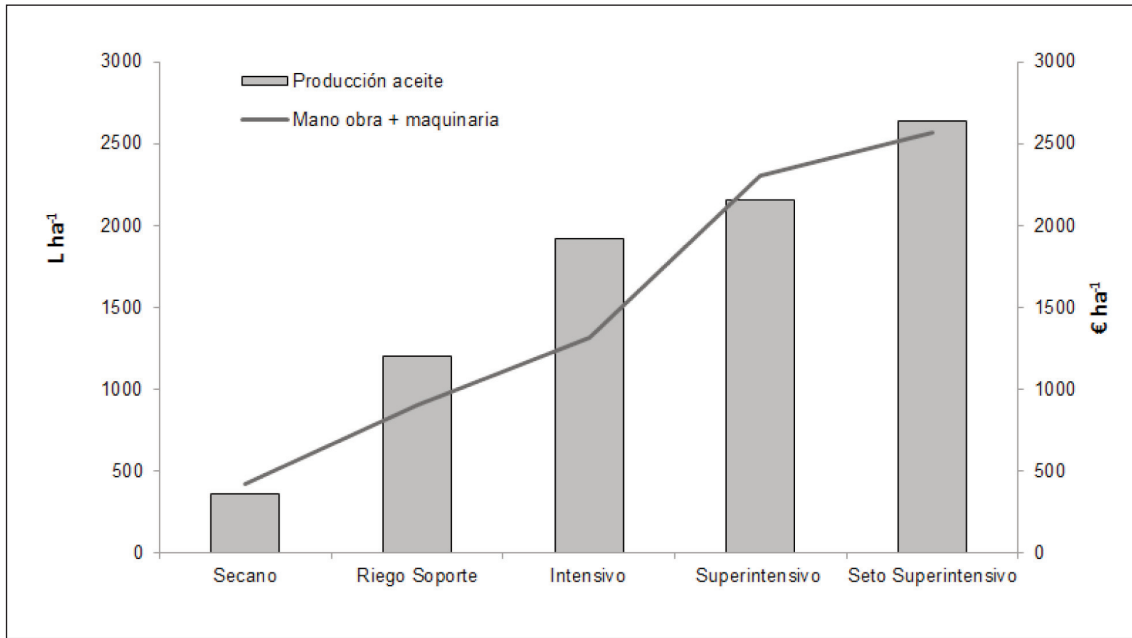


Figura 2. Producción anual de aceite y coste de mano de obra y maquinaria durante el periodo productivo de los diferentes sistemas de cultivo.  
 Figure 2. Annual olive oil yield and labour and equipment costs during the bearing period of the growing systems.

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad: VAE y VAN en € ha⁻¹, TIR, IVAN y B/C, y de eficiencia económica: costes de producción de olivas (CO, en € L⁻¹) y de aceite (CA, € kg⁻¹) y tasa de descuento (r) según los diferentes sistemas de cultivo.  
 Table 4. Profitability indicators: EPV and NPV in € ha⁻¹, IRR, INPV and RPC, and economic efficiency indicators: olive production costs (CO, en € L⁻¹) and oil production costs (CA, € kg⁻¹) and discount rate (r) of the growing systems

	CO	CA	r	VAE	B/C	PM	IVAN	VAN	TIR
Secano	0,86	3,89	2%	-238,9				-7.048	
Riego de soporte	0,58	2,65	2%	323,8	5,73	20	2,85	19.319	7,7
Intensivo	0,47	2,14	5%	1.304,0	6,83	10	1,72	22.378	11,8
Superintensivo	0,57	2,58	5%	729,1	4,29	11	0,87	9.597	8,2
Superintensivo tutorado	0,60	2,74	5%	998,5	3,46	10	0,85	13.144	8,3

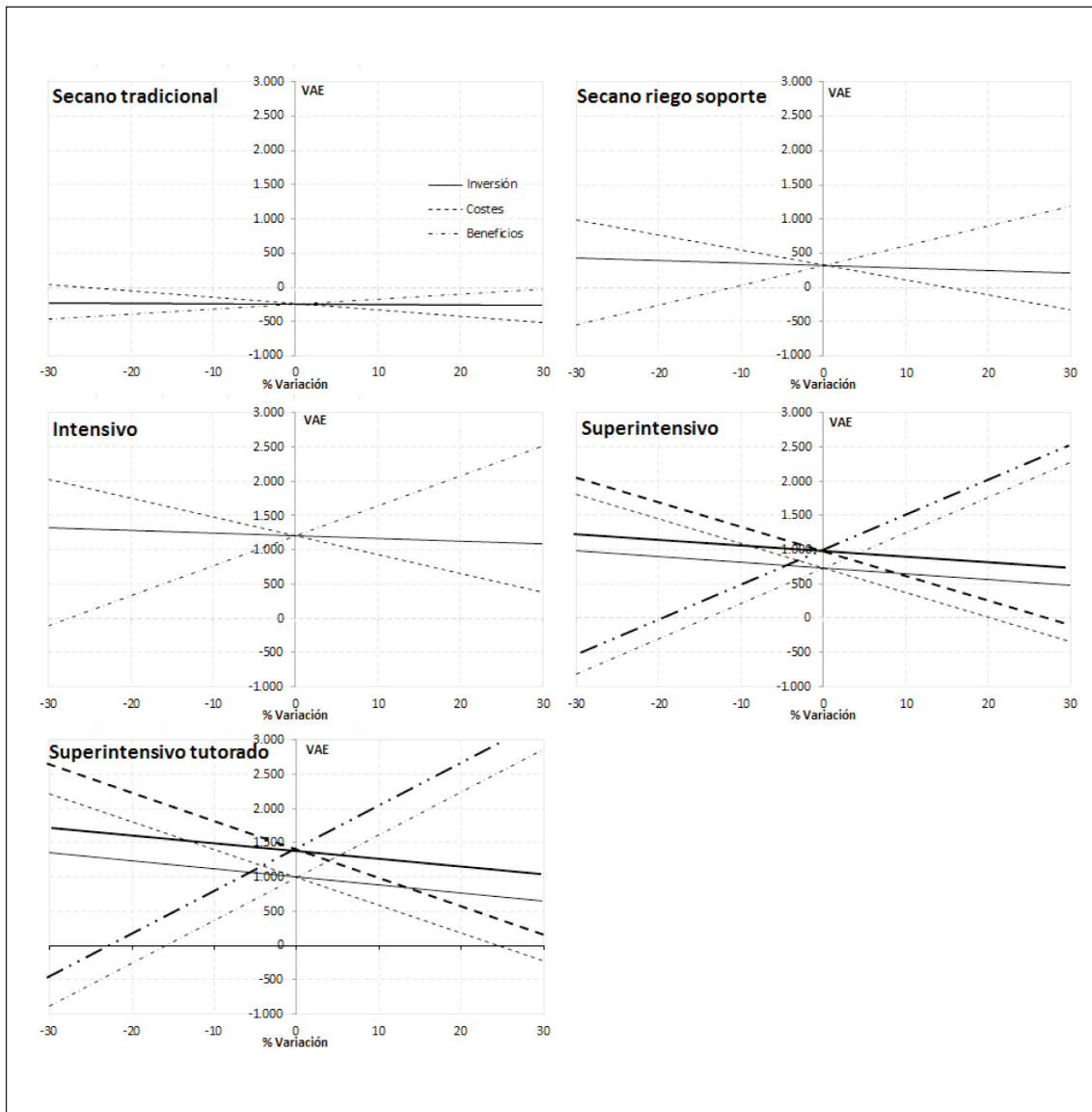


Figura 3. Variación de VAE en función de la variación porcentual de inversiones, costes y beneficios de los diferentes sistemas de plantación estudiados. Las líneas de trazo grueso en los sistemas superintensivo y superintensivo tutorado representan la respuesta de estos sistemas cultivados en condiciones de mecanización integral.

Figure 3. EPV variation as a consequence of the investment, costs and profit percent variation of the growing systems. Bold lines in superintensive and support superintensive systems are the response to global mechanization.

Tabla 5. Coeficientes de los modelos de regresión lineal  $VAE = f(\text{Inversiones, Costes, Beneficios})$ . Los coeficientes indican la variación de VAE (en € ha<sup>-1</sup>) por cada 1% de variación de la media de la variable dependiente (datos de Tabla 4)

Table 5. Coefficients of the linear regression models  $EPV = f(\text{Investment, Costs, Profit})$ . Coefficients indicate EPV variation (in € ha<sup>-1</sup>) for every 1% variation from the dependent variable average (data in Table 4)

	Inversiones	Costes	Beneficios
Secano	-0,53	-9,23	7,37
Riego de soporte	-3,81	-21,83	28,87
Intensivo	-4,19	-27,60	43,80
Superintensivo	-8,35	-35,90	51,55
Superintensivo tutorado	-11,81	-40,80	62,62

## Discusión

En general, la intensificación del cultivo implica más consumo de recursos, en particular mano de obra y maquinaria. Las alternativas tecnológicas del proceso de producción en el caso de los sistemas superintensivos, como son la mecanización de la recolección y de la poda, permiten una alta reducción de estos insumos (del 59% al 25% del coste total anual).

Los resultados obtenidos son coherentes con otros trabajos realizados en diferentes zonas productoras, atendiendo las características específicas de cada caso y las diferencias metodológicas existentes (Vossen, 2004; Vossen et al., 2011; Beckingham y Malley, 2007; European Commission. Directorate general for agriculture and rural development, 2012; Duarte et al., 2006).

El mantenimiento de un régimen de ayudas al cultivo constituye un factor decisivo para mantener una renta mínima de explotación en amplias zonas de olivar de secano (Duarte et al., 2008). Sin embargo, los costes de producción de aceite en este sistema sugieren la necesidad de impulsar las estrategias dirigidas hacia el fomento de la calidad y la mejora

de la eficacia de comercialización, que pueden contribuir positivamente a la mejora de los resultados en este tipo de explotaciones (European Commission. Directorate general for agriculture and rural development, 2012). Los costes del cultivo en plena producción son superiores a los obtenidos por JARC (2005), debido principalmente a los costes de poda, fitosanitarios y mantenimiento del suelo. Los costes de producción obtenidos fluctúan en un amplio rango, según los sistemas de cultivo (Tabla 4). El sistema tradicional es el que presenta mayores costes de producción de la aceituna, de 0,86 € kg<sup>-1</sup> (3,89 €L<sup>-1</sup>de aceite), frente a los sistemas intensivos y superintensivos, en los que el precio de coste oscila entre 0,47 y 0,56 € kg<sup>-1</sup> (2,14-2,53 €L<sup>-1</sup>de aceite). Estos costes de producción se encuentran dentro de los rangos reportados en diferentes estudios (de Graaff et al., 2008; Vossen et al., 2011).

El sistema tradicional con riego de apoyo se muestra como una alternativa capaz de rentabilizar el olivar cuando no existe la posibilidad de disponer de una dotación completa de agua de riego, presentándose como una alternativa viable cuando el agua y el capital son limitados. El punto muerto de la inversión (PM) podría reducirse a 15 años si la do-

tación de riego de soporte llegara a alcanzar los 3.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ya que las inversiones serían similares y en cambio las producciones se incrementarían.

Los resultados de los sistemas intensivos y superintensivos muestran la viabilidad de todos ellos. Sin embargo, el sistema intensivo ofrece algunas ventajas frente al resto. Aunque debe hacerse hincapié en la necesidad de una adecuada gestión de los costes de la producción e incorporando los recursos necesarios para el mantenimiento de rendimientos altos, como se desprende de la alta sensibilidad que sobretodo los sistemas superintensivos muestran a cambios de rendimiento, costes o inversiones (Figura 3). También estas últimas son mucho más sensibles a la producción y precios de venta pudiendo afectar considerablemente a la rentabilidad obtenida (Santos et al., 2009). A la vez, se pone de manifiesto la necesidad de incorporar tecnologías para reducir el peso que tienen la mano de obra y la recolección en los sistemas superintensivos. En este caso, la mecanización de la poda tiene especial relevancia. Comparando con AEMO (2012), los costes de producción son superiores teniendo en cuenta que las inversiones y costes de oportunidad no son tenidos en consideración.

Los resultados de IVAN reflejan una situación muy ligada a la disponibilidad y facilidad de acceso al capital y a las características de la inversión. Los resultados de IVAN, más altos para los sistemas de riego de soporte y intensivo, son indicativos de la idoneidad de la inversión en condiciones de acceso restringido al capital. Una primera interpretación indica que los sistemas con riego de soporte e intensivo, son más aconsejables al pequeño o medio productor, con mayor oportunidad para rentabilizar los recursos de trabajo propio. Mientras que las superintensivas pueden responder mejor a las exigencias del inversor (Freixa et al., 2011), con más capacidad para asumir el riesgo inherente a la aplicación intensiva de capital y trabajo.

## Conclusiones

El sistema intensivo muestra el mejor resultado frente al resto. Este sistema permite alcanzar buenos rendimientos con menores inversiones, comparando con plantaciones superintensivas, las cuales necesitan de mayores inversiones y tecnología de producción. Además el riesgo económico es menor.

La plantación tradicional con riego de soporte y con un incremento inicial de la densidad se muestra rentable, constituyendo una buena solución a las zonas tradicionales de cultivo con bajas dotaciones de agua de riego.

Los sistemas superintensivos presentan buenas rentabilidades a corto plazo pero con mayores riesgos económicos por las elevadas inversiones y costos anuales del cultivo.

Las nuevas plantaciones en secanos áridos y semiáridos no son viables, lo que se ajusta a la conveniencia de las políticas agrosociales de ayuda a este tipo de sistemas de cultivo.

## Bibliografía

- Abós J, Fabo JM, Agreda J, Otazu J (2007). Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Rentabilidad y futuro. Navarra Agraria 165: 29-33.
- AEMO (Asociación Española de Municipios del Olivo) (2012). Aproximación a los costes del olivo. 53 pp.
- Alegre S, Marsal J, Mata M, Arbonés A, Girona J (2000). Estrategias de riego deficitario controlado para el riego del olivar. Información Técnica Económica Agraria 21: 275-278.
- Beckingham C, Malley KO (2007). Economics of NSW olive production. Primefacts. New South Wales. Department of Primary Industries, 409 pp. Disponible en: [http://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/197682/Economics-of-NSW-olive-production.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/197682/Economics-of-NSW-olive-production.pdf)
- De Graaff J, Duran Zuazo VH, Jones N; Fleskens L (2008). Olive production systems on sloping

- land: prospects and scenarios. *Journal of environmental management* 89(2): 129-39. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17913332> (24 enero 2014).
- Duarte F, Jones N, Lúcio C, Nunes A (2006). The Reform of the Olive Oil Regime and its Impacts on the Olive and Olive Oil Sector: a case study in Northern Portugal - Trás-os-Montes. *New Medit* 5(2): 4-15.
- Duarte F, Jones N, Fleskens L (2008). Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment?. *Journal of environmental management* 89: 86-98.
- European Commission. Directorate general for agriculture and rural development (2012). EU olive oil farms report Based on FADN data. L3 Microeconomic analysis of EU agricultural Holdings 80 pp.
- Faci JM, Berenguer MJ, Gracia S (2002). Effect of Variable Water Irrigation Supply in Olive (*Olea europaea* L.) cv. "Arbequina" in Aragon (Spain). I. Fruit and Oil Production. *Acta Horticulturae* 568: 341-344.
- Freixa E, Gil JM, Tous J, Hermoso JF (2011). Comparative Study of the Economic Viability of High and Super-High Density Olive Orchards in Spain. *Acta Horticulturae* 924: 243-254.
- Girona J, Luna M, Arbonés A, Mata M, Rufat J, Marsal, J (2001). Respuesta de olivos jóvenes a diferentes cantidades de agua de riego. *Fruticultura profesional* 120: 29-34.
- JARC (Joves Agricultors i Ramaders de Catalunya) (2005). El conreu de l'olivera. Alternatives i viabilitat. 100 pp.
- León L, de la Rosa R, Guerrero N, Rallo L, Barranco D, Tous J, Romero A, Hermoso JF (2006). Ensayos de variedades de olivo en plantación de alta densidad. *Fruticultura Profesional* 160: 21-26.
- Miles JA y Ezzell JR (1980). The weighted average cost of capital perfect capital market sandproject life: a clarification. *J. of Financial and Quantitative Analysis* 15(3): 719-730.
- Pastor M, Humanes J, Jiménez P (1990). Increased densities in traditional rainfed adult olive groves in Andalucía. *Acta Horticulturae* 286: 291-294.
- Pastor M, Castro J, Mariscal MJ, Orgaz F, Fereres E, Hidalgo J (1999). Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias de agua de riego. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales* 14 (3): 393-404.
- Pastor M, Hidalgo JC, Vega V, Fereres E (2006). Viabilidad económica de plantaciones superintensivas en Andalucía. *Vida Rural* 80: 60:66.
- Rufat J, Arbonés A, Pascual M, Villar JM (2013). Riego y fertirrigación en olivo superintensivo. Simposio Expoliva Jaén. Mayo 2013. Libro Actas. pp. 1-4.
- Santos A, Abos J, Garnica J, Lizar B (2009). Rentabilidad y futuro de las nuevas plantaciones de olivo en regadío en Navarra. II Jornadas nacionales de olivicultura SECH. Marzo 2009. Tarra-gona. Libro Actas. pp. 78.
- Santos A, Amezqueta J, Saez R, Garnica J (2010). Formas de conducción para recolección mecánica del olivo. *Navarra Agraria* 182: 35-40.
- Solé M (1994). Influencia del riego de auxilio por goteo con pequeñas dosis de agua en olivar de las Garrigas (cv "Arbequina"). *Fruticultura profesional* 62: 24-36.
- Stroosnijder L, Mansinho MI, Palese AM (2008). OLIVERO: the project analysing the future of olive production systems on sloping land in the Mediterranean basin. *Journal of environmental management* 89(2) pp. 75-85. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17935859> [Accessed January 24 2014].
- Treynor JL (1999). Towards a Theory of Market Value of Risky Assets. En *Asset Pricing and Portfolio Performance: Models Strategy and Performance Metrics* (Ed. RA Korajczyk). London, RiskBooks 15-22.
- Vossen PM (2004). Olive Oil: History Production and Characteristics of the World's Classic Oils. *HortScience* 42(5): 1093-1100.
- Vossen PM, Elkins RB, Bianchi ML, Klonsky KM, Livingston P, De Moura RL (2011). Sample cost to establish a medium-density olive orchard and produce bottled olive oil. UC Cooperative Extension (OO-NC/CC-11). Disponible en: <http://coststudies.ucdavis.edu>

(Aceptado para publicación el 20 de mayo de 2014)