

## Deliverable A.2-1:

### REPORT ON "ECONOMIC ADVANTAGES OF THE DIFFERENT NUTRITIONAL BALANCES AND DIFFERENT SUBSTRATES. YIELD AND QUALITY"

Action	A.2	Definition of nutrients solution for soilless horticulture production
Dissemination level <sup>1</sup>	CO	
Nature <sup>2</sup>	R	
Due delivery date	10/2015	
Actual delivery date	06/2016	
Number of pages	15	

Lead beneficiary	CEBAS-CSIC
Contributing beneficiaries	CEBAS-CSIC

Document Version	Date	Author(s)	Comments
1	30-4-2016	Francisco García Sánchez, Francisco Rubio Muñoz	

#### Acknowledgement:

This deliverable was produced under the co-finance of the European financial instrument for the Environment (LIFE) programme during the implementation of the project "LIFE DRAINUSE" (LIFE14 ENV/ES/000538).

<sup>1</sup> Dissemination level: **PU** = Public, **PP** = Restricted to other programme participants, **RE** = Restricted to a group specified by the consortium, **CO** = Confidential, only for members of the consortium.

<sup>2</sup> Nature of the deliverable: **R** = Report, **P** = Prototype, **D** = Demonstrator, **O** = Other.

## Abstract

This deliverable comments briefly as economic studies in agricultural systems to know if a particular investment will provide an economic benefit in the medium to long term should be. Mainly us focus in compare them advantages and disadvantages of them systems without soil with regard to the cultivation in soil giving three examples in crops of tomato, cucumber and gerbera. These three studies suggest that crops without soil are more profitable than crops on soil, although it is necessary to make a considerable investment to adapt a cultivation greenhouse with soil cultivation without soil. On the other hand, the main drawback is that in crops without soil where non-sterilizing the re-circulating nutrient solution can proliferate certain pathogens easier that in crops with soil, and crops without soil is needed much more qualified staff to manage these systems. In terms of how it affects the composition of the nutrient solution in the crop nutrient guidelines are given how the farmer must assess the economic aspects, and as related with the production of the crop and environmental issues.

## Resumen

En este entregable se comenta de forma resumida como se deben hacer los estudios económicos en los sistemas agrícolas para saber si una determinada inversión aportará un beneficio económico a medio o largo plazo. Principalmente nos centramos en comparar las ventajas e inconvenientes de los sistemas sin suelo con respecto al cultivo en suelo dando tres ejemplos en cultivos de tomate, pepino y gerbera. Estos tres estudios apuntan que cultivos sin suelo son más rentables que los cultivos en suelo, aunque es necesario realizar una inversión considerable para adaptar un invernadero de cultivo con suelo a cultivo sin suelo. Por otra parte, el principal inconveniente es que en los cultivos sin suelo donde no se esteriliza la solución nutritiva recirculante pueden proliferar ciertos patógenos de forma más fácil que en los cultivos con suelo, y además en cultivos sin suelo se necesita un personal mucho más cualificado para saber manejar estos sistemas. En cuanto a cómo afecta la composición de nutrientes de la solución nutritiva en el cultivo se dan una serie de pautas de cómo el agricultor deben valorar los aspectos económicos, y como relacionarlos con la producción del cultivo y los aspectos medioambientales.

## Indice

1. Introducción .....	4
2. Conceptos económicos básicos .....	4
3. Estudio económico en diferentes cultivos hortícolas comparando cultivos con suelo y sin suelo.....	7
4. Aspectos económicos de la fertilización nitrogenada en cultivos hortícolas.....	12
5. Conclusiones .....	14
6. Bibliografía .....	15

# 1. Introducción

Muchos estudios científicos han demostrado que la producción, rendimiento y calidad de los productos de especies hortícolas en cultivos hidropónicos depende mucho del equilibrio nutricional que se aplica a los cultivos y los sustratos utilizados. Lo importante es que esto afecta el equilibrio económico de las producciones. Varios protocolos pueden utilizarse para riego y aplicación de nutrientes con los costes correspondientes. Por lo tanto, será muy útil tener tanta información como sea posible con respecto a las diferentes posibilidades de nutrición y los costes que producen y cómo los distintos sustratos pueden afectar estos saldos. En esta sección se expone los conceptos económicos básicos que hay que saber para hacer estudios de este tipo, y se analizan algunos casos prácticos relacionados con el sustrato y solución nutritiva empleados en los sistemas agrícolas sin suelo.

## 2. Conceptos económicos básicos

Cualquier agente económico desarrolla un proceso de inversión cuando destina unos recursos con el fin de obtener, mediante su utilización, una corriente de utilidades en períodos posteriores. La evaluación de la inversión consiste en la cuantificación de dichas utilidades previstas en comparación con los desembolsos realizados. La inversión se dice que es viable cuando las utilidades futuras superan a las cantidades desembolsadas. En la evaluación de inversiones es necesario establecer, desde un principio, la procedencia de los recursos y los objetivos previstos. Así, cuando el inversor y los recursos son privados, la inversión se califica de privada y el objetivo fundamental es maximizar los flujos de caja. En este caso estamos ante un objetivo estrictamente de tipo financiero y, por consiguiente, su evaluación es de carácter financiero. Cuando el inversor es la Administración (Local, Autonómica, Estatal, etc.) la inversión se denomina pública, ya que los recursos son de origen público y se persiguen otros tipos de objetivos (sociales, medioambientales, etc.), además del estrictamente financiero. En este caso estamos ante una evaluación de carácter económico y social. Ambos tipos de análisis tienen muchos aspectos formales en común y es en las cuestiones de fondo donde estriban las diferencias. En la **evaluación financiera** se asignan precios de mercado a productos y a factores de producción con lo cual es fácil evaluar la rentabilidad que proporciona la inversión. En la **evaluación económica** hay que tener en cuenta, además de los aspectos financieros de la inversión, aquellos otros que contribuyen a incrementar o disminuir el bienestar de la comunidad, en este caso los precios de mercado no son representativos, en la mayoría de los casos, de los costes y beneficios reales desde el punto de vista de la sociedad (imperfecciones del mercado, «externalidades», etc.). Los diferentes métodos de valoración económica de las «externalidades» representan un amplio campo de estudio dentro de la denominada Economía Ambiental. Estos métodos son claves para introducir en los flujos monetarios los impactos negativos que sobre el medio ambiente ocasionan los residuos, vertidos, y los recursos utilizados, que pueden poner en peligro el propio sistema de producción.

La mayoría de estos métodos se pueden dividir entre los que se basan en el sentir de las poblaciones (condicionado por la subjetividad y las rentas de las personas) y los que se apoyan en el coste de reparación o reposición de los daños causados. En la agricultura se deben valorar:

- 1) El recurso agua (coste desalación) que tendrían que sufragar los agricultores de la zona una vez agotados o deteriorados los acuíferos de los que se nutren, por sobreexplotación,

contaminación o intrusión marina. 2) Los costes de eliminación o reciclado de los sustratos, una vez desechados. Los demás residuos son comunes en los diferentes sistemas de producción (residuos vegetales, plásticos de cubierta, envases plásticos, etc.). También es necesario tener en cuenta, en nuestro caso, la incidencia de la actividad extractiva (tierra y arena), así como el conflicto con otros usos del territorio y sus consecuencias desde el punto de vista de su ordenación. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que la mayoría de los trabajos de valoración de «externalidades» hacen referencia al impacto de instalaciones concretas o cambios de usos sobre poblaciones preestablecidas o territorios cuyos recursos naturales los hacían acreedores de cierta protección. En el caso que nos ocupa, un territorio casi desértico en población y vegetación que se convierte en escenario de la concentración de agricultura intensiva mayor del mundo y con un reparto de rentas muy importante.

## 2.1. Análisis de la rentabilidad financiera de los procesos productivos

A diferencia del análisis del rendimiento físico de los procesos productivos, el análisis de la rentabilidad de éstos se encuentra plenamente formalizado desde hace tiempo. Sus fundamentos e instrumentos aparecen expuestos en multitud de manuales de economía de la empresa. Como punto de referencia metodológico se pueden consultar autores como: Ceña y Romero, 1989; Casley y Kumar, 1990; y Romero, 1992. Para los cálculos se puede utilizar la aplicación informática EVALIN de gran claridad y concisión.

### 2.1.1. Parámetros que definen una inversión

La puesta en marcha de un proceso productivo supone la inversión de un capital monetario (K), con el propósito de obtener unos ingresos netos (cobros menos pagos, ordinarios y extraordinarios) o flujos de caja anuales ( $R_1, R_2, R_0$ ), durante el período de años (n) de vida útil del proyecto. Estos tres parámetros permiten analizar la rentabilidad del proyecto a partir de varios criterios consistentes en comparar los flujos de caja con el pago de inversión efectuado para poner en marcha el proceso productivo, con el motivo de comprobar si aquellos compensan o no suficientemente los desembolsos realizados.

### 2.1.2. Influencia del tiempo en el valor del dinero

El primer problema que plantea la comparación entre flujos de caja y pago de inversión viene dado por el desfase temporal que se produce entre ambos parámetros. En efecto, el pago de inversión se realiza al inicio del proyecto o fraccionado a lo sumo, mientras que los flujos de caja se producen durante toda la vida útil del proyecto. Independientemente del efecto de la inflación y de la incertidumbre. La preferencia por el dinero presente con respecto al dinero futuro es clara por motivo del tipo de interés o precio del dinero en el mercado de capitales. Esta preferencia supone que cualquier inversor preferirá percibir  $Q$  € en el presente a hacerlo dentro de tres años ya que podría colocarlas a interés compuesto durante esos tres años y obtener  $Q(1+i)^3$  €. También podría obtener  $Q$  € dentro de tres años colocando hoy  $Q(1+i)^{-3}$  € a interés compuesto con lo cual podemos decir que  $Q$  € del tercer año equivalen a  $Q(1+i)^{-3}$  € actuales. Tenemos, pues, un método para “actualizar” los valores de los flujos de caja que se esperan obtener a lo largo de la vida útil del proyecto: basta con dividirlos por  $(1+i)^j$ , siendo j el año correspondiente a cada flujo.

### 2.1.3. Supuestos simplificados para la evaluación de inversiones

Una vez, visto el modo generalmente admitido de «actualizar», paliando así la heterogeneidad de las unidades monetarias correspondientes a años distintos veamos los siguientes supuestos en los que nos apoyamos, inicialmente, para realizar la evaluación de inversiones:

- a) Los cobros y pagos de un año se producen en un mismo instante al final de dicho año.
- b) El inversor puede estimar sin equivocarse el pago de inversión (K), el flujo de caja (R) de cada año, así como fijar la vida útil del proyecto (n).
- e) Los flujos de caja generados por la inversión no varían monetariamente, es decir, no experimentan aumentos o disminuciones por efecto de la inflación o de la deflación.
- d) Existe un mercado perfecto de capitales. Es decir, el inversor puede tomar o conceder préstamos en la cantidad y plazo que desee e independientemente de la cuantía del capital prestado.

## 2.2. Criterios de evaluación de inversiones

### 2.2.1. El Valor Actual Neto y la Relación Beneficio/inversión

El Valor Actual Neto (VAN) es el resultado de restar a la suma de ingresos netos o flujos de caja convenientemente actualizados, el importe del pago de inversión. Si el pago de inversión no está fraccionado, tenemos que el VAN del proyecto sería:

$$VAN = \frac{R_1}{(1+i)} + \frac{R_2}{(1+i)^2} + \frac{R_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n} - K$$

Un VAN positivo indica que el proyecto, para el tipo de interés elegido, es financieramente viable. Por el contrario, si el VAN es negativo el proyecto no será viable y quedará descartada su ejecución, ya que el proyecto proporciona al inversor un número de unidades monetarias menor de las que el inversor proporciona al proyecto. Enfocada de esta manera, la viabilidad representa una especie de condición necesaria, aunque no suficiente, que tiene que cumplir todo proyecto desde el punto de vista financiero. El criterio VAN, tal como se ha definido, es un índice que mide la rentabilidad absoluta de una inversión. Si queremos construir otro índice que informe sobre la rentabilidad relativa de la inversión, la forma más sencilla de hacerlo consistirá en dividir el VAN generado por el proyecto por su pago de inversión. Dicho cociente nos indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Este nuevo índice recibe el nombre de relación beneficio/inversión (Q).

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

## 2.2.2. El plazo de recuperación

Se entiende por plazo de recuperación de una inversión el número de años que transcurre desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados, y nos indica el momento de la vida de la inversión en el que el valor actual neto de la misma se hace cero. A partir de dicho momento, si los cobros superan a los pagos, conforme transcurran los años se irán generando incrementos positivos en el VAN de la inversión. El plazo de recuperación, a diferencia del VAN o de la relación beneficio/inversión, no proporciona información acerca de la rentabilidad absoluta o relativa de la inversión, ni proporciona ningún criterio para definir la viabilidad de la misma. Este concepto indica que, a igualdad de los criterios anteriores. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su recuperación y además indica el año a partir del cual el inversor irá obteniendo rendimientos positivos.

## 2.2.3. La Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR es el tipo de interés que permitiría igualar la suma de los flujos netos de caja actualizados con el valor de la inversión. Si el pago no está fraccionado la TIR sería el tipo de interés (A) al que se cumpliría la siguiente igualdad:

$$K = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1 + \lambda)^j}$$

Vemos pues que la TIR viene a ser el tipo de interés al que podría retribuir el proyecto el dinero invertido en el mismo. En consecuencia, si el valor de la TIR (A) es superior al tipo de mercado podemos considerar financieramente viable el proyecto, y si ocurre lo contrario es inviable. Evidentemente, cuanto mayor sean la TIR y el VAN más atractivo financieramente se presenta el proyecto al mostrar una elevada rentabilidad financiera. En el cálculo de la TIR hay que incluir entre los costes las «externalidades» originadas y para ello hay que valorar tales «externalidades» con los métodos mencionados anteriormente.

# 3. Estudio económico en diferentes cultivos hortícolas comparando cultivos con suelo y sin suelo

## 3.1. Enarenado VERSUS sustrato en tomates

Tres cuestiones son prioritarias acerca de la rentabilidad financiera que nos haga decidimos por la opción enarenado o sustrato: 1) ¿Hasta qué punto interesa financieramente introducir sustrato para sustituir un enarenado cuando sólo se requiera inversión en retranqueo?; 2) ¿Idem con retranqueo y aporte de arena o también si interesa más instalar sustrato o enarenado en un invernadero con suelo agrícola?; 3) ¿Interesa más introducir sustratos o implantar el enarenado con aporte de suelo agrícola cuando se carece de éste?.

Las respuestas a estas preguntas se apoyan en los rendimientos de precios y costes obtenidos durante dos ciclos de cultivo en experiencias realizadas en el período (1993-1995), en la estación experimental de Las Palmerillas (López-GálveL y Naredo, 1996) con dos sustratos

de cultivo (dos contenedores de perlita con distinta granulometría y dos tipos de lana de roca) frente al enarenado con agua de distintas calidades y eligiendo como especie de cultivo el tomate. Respondiendo las preguntas por el mismo orden que se plantearon en primer lugar podemos decir que, para el cultivo anual no resulta financieramente interesante sustituir por sustratos un enarenado que esté sólo pendiente de la labor de retranqueo. En segundo lugar que sólo interesaría sustituir un enarenado necesitado de retranqueo y aportación de arena por sustratos si abaratan costes de los equipos de riego necesario. En tercer lugar, que si se carece de suelo fértil interesa más introducir sustratos que implantar el enarenado con aportación de tierra. Las conclusiones enunciadas anteriormente son válidas para los dos tipos de agua empleadas (CE de 0.5 y 3.0  $dS/m^{-1}$ ). **Comparando la rentabilidad de la inversión en sustratos se aprecia que el sustrato de lana de roca de características de plantas de 10 x 10 x 100 cm con 55 kg  $L^{-1}$  de densidad aparente aventaja a los demás**, seguido del sustrato de lana de roca de características (plancha de 24 x 7.5 x 100 cm) con densidad aparente de 80 kg  $L^{-1}$  de densidad aparente y 18 L de capacidad con envoltura de polietileno) frente a los dos tipos de perlita de características: 1) Perlita de granulometrías, una de diámetro inferior a 1.5 en la parte superior y otra de diámetro entre 1,5-5 mm en la parte inferior. El contenedor era una maceta de poliestireno troncopiramidal de 0,3 m de altura y capacidad de 27 L. 2) Perlita, con una granulometría de diámetro inferior a 5 mm, servida en sacos de polietileno de 40 L de capacidad y de medidas 120 cm de longitud y 20 cm de diámetro.

Por último, la introducción de las «externalidades» relativas al agua y a los residuos de sustratos mejora la posición del enarenado, pero no llega a alterar las conclusiones antes avanzadas sobre su comparación con los sustratos: cuando se carece de suelo sigue interesando más introducir sustratos que implantar el enarenado. Lo cual nos lleva a apreciar que el aumento del precio del agua o el pago por la eliminación de residuos no son instrumentos eficaces para reorientar las decisiones de inversión, al menos en temas de cultivo intensivo como los estudiados, hacia usos más eficientes, menos contaminantes del agua y de los materiales en general. En el caso que nos ocupa aparece clara la necesidad de una normativa que obligue a recircular el agua en el cultivo en sustratos, a fin de mejorar el rendimiento y reducir la contaminación en el uso de la misma, teniendo en cuenta además su escasez en zonas áridas. Por otra parte cabe observar que las TIR de la inversión total mantienen unos valores relativamente aceptables tras cargar las externalidades, lo cual deja entrever la posibilidad de que los sistemas de producción intensiva estudiados sean capaces de trabajar con el agua desalada, soportando íntegramente los costes de desalación (1  $€m^{-3}$ ).

*Como conclusiones en lo relativo a los sustratos parece lógico dirigir la investigación, la normativa y la información en las direcciones siguientes orientadas a limitar su uso, por las razones siguientes: 1) Una tendencia a evitar su extensión en zonas que disponen de suelos naturales, aptos para el cultivo, y en donde resulta más que dudosa la rentabilidad de la implantación de sustratos. 2) Otra tendencia a minimizar el impacto ambiental utilizando sustrato de menor volumen, recirculando el agua de drenaje y eliminando los residuos. 3) Una tercera conducente a la formación de los agricultores en estas tecnologías con elevadas exigencias en conocimientos técnicos y económicos. Para ello se deben incluir dichos planes de formación continuada en los programas operativos de las OPFH.*

### 3.2. Suelo VERSUS sustrato en pepino

Engindeniz y Gül (2009) llevaron a cabo un estudio económico para determinar costes y rendimientos asociados con la producción de pepino sin suelo en invernadero en la localidad de Menderes-Izmir (Turquía) y desarrollaron un presupuesto guía para los pequeños productores que vayan a utilizar la técnica de cultivo sin suelo.

#### **Procedimiento de análisis económico.**

Los datos relacionados con el rendimiento del cultivo se registraron durante todo el período de producción, así como los datos de ingresos y gastos para elaborar un presupuesto para los agricultores. Todo el análisis técnico y económico se hizo en base a una superficie de invernadero de (1000 m<sup>2</sup>). Las partidas de costos de producción de los cultivos de invernadero se pueden clasificar en costos de inversión inicial, los costos variables, y los costos fijos. Los costes variables asociados a la producción de cultivos son todas las entradas que se relacionan directamente con la producción de pepino como mano de obra, fertilizantes, plantas procedentes del semillero, electricidad, comercialización, transporte, etc. Los costes variables se calculan mediante el uso de precios de los insumos y los costos laborales actuales. Los costos fijos incluyen los intereses sobre el total de costes de la inversión inicial, los costes de inversión iniciales anuales, los intereses de los costes variables totales, costes administrativos, y el alquiler de la parcela. El interés se define como una cantidad pagada o calculada para el uso de capital. La suma se expresa generalmente en términos de una tasa o porcentaje del capital involucrado, se llama la tasa de interés. En este estudio, los intereses de los costes de inversión iniciales totales y los costos variables totales se calculó mediante el cobro de una tasa de interés simple del 12% (tasas anuales de interés en depósitos de ahorro de €) en la mitad de los costes de inversión iniciales totales y los costos variables totales. La razón para dividir el interés anual por dos es debido a que los productores prefieren dos cosechas anuales en invernaderos sin calefacción en esta región. Los costos administrativos pueden determinarse por ser el 2-7% del valor total de la producción bruta o 3-7% de los costos totales. Los gastos administrativos se estimaron en 3% de los costes variables totales. La depreciación de la inversión inicial se calculó utilizando el método de línea recta. Otros factores como los tipos de suelo y la disponibilidad de agua afectan a la renta de la tierra. Este invernadero está exento de impuestos a la propiedad y no estaba asegurado. Los costes fijos y los costes variables igualaron a los costes totales de producción. Los costos totales fueron restados de los ingresos brutos totales para el cálculo de los ingresos netos. Sin embargo, se analizaron los costes, el rendimiento y los datos de precios para determinar la rentabilidad de una producción típica a base de pepino en suelo en este estudio. Los datos se analizaron estadísticamente y se convirtieron en un perfil económico de un módulo típico de invernadero. Una estructura del invernadero de 1.000 m<sup>2</sup> fue seleccionada como la representación del módulo económico más común en términos de tamaño de la unidad más utilizada para expandir una operación existente o utilizado por los operadores potenciales como unidad de planificación para la entrada en la industria de hortalizas en invernadero.

Atención especial se llevó a cabo para comparar los aspectos económicos de la producción de pepino sin suelo o con sustrato. De acuerdo con los resultados de una encuesta en la región, se suponía que el rendimiento medio total de producción de pepino en suelo convencional en un invernadero de 1.000 m<sup>2</sup> fue de 23.000 kg. Además, los costes variables medios y los costes totales de producción de pepino basados en suelo en esta superficie se determinaron como 1.222 € y 2.662 € respectivamente. El rendimiento neto total obtenido en el cultivo con suelo fue de 1.478 € (1€ por cada 1,48 m<sup>2</sup>). Los costos variables y fijos de producción sin suelo fueron mayores que la producción basada en el suelo. A pesar de que los costes de material y los costes

totales fueron mayores para los sistemas de cultivo sin suelo en comparación con los sistemas basados en el suelo, el coste ajustado y los costes de operación eran generalmente más bajos y el rendimiento general de los cultivos exceden con mucho el cultivo en el suelo. Sin embargo, el rendimiento neto de la producción sin suelo (€1,84 m<sup>-2</sup>) fue mayor que la producción con suelo (€1,48 m<sup>-2</sup>), ya que su rendimiento y los ingresos brutos son más altos. La producción sin suelo de pepino es una alternativa económicamente viable para la producción de pepino, además de que las técnicas de cultivo sin suelo permiten un control más preciso del medio ambiente y ofrece la posibilidad de un aumento de la producción y la mejora de la calidad. Tiene las ventajas adicionales de un uso óptimo de agua y nutrientes, el ahorro de energía, mientras que la desinfección del suelo ya no es necesario. Por otro lado, las inversiones tienen que ser hechas en la construcción y mantenimiento de los sistemas. La introducción de sistemas sin suelo implica un aumento de los insumos para la construcción y mantenimiento, en comparación con el cultivo en el suelo. El grado de aumento de los insumos depende del sistema sin suelo utilizado y también el grado de perfección de medidas de control utilizados por el sistema particular adoptado, es decir, el coste inicial para el establecimiento de un sistema sin suelo es mayor en comparación con el sistema basado en suelo, pero el coste anual de funcionamiento es menor con el sistema sin suelo. En relación con lo anterior, el coste de la estructura del invernadero, el costo de los dispositivos de gestión ambiental de efecto invernadero y los controles, que son importantes para un cultivo sin suelo éxito se debe tomar en consideración (Olympios, 1999).

*Como conclusión: los sistemas de cultivo sin suelo son más eficiente en el uso de agua y fertilizantes, y causan menos daño al medio ambiente. La principal ventaja proporcionada por los cultivos sin suelo es la restricción de la superficie y la disminución de la contaminación del agua subterránea a través de los efluentes de efecto invernadero ya que son ricos en nitratos y fosfatos. Por otra parte, el reciclado del exceso de solución nutritiva, que se ejecuta después de cada aplicación de riego, se traduce en un considerable ahorro de fertilizantes. La desventaja es el riesgo de una rápida dispersión de patógenos del suelo por la solución de recirculación de nutrientes y que los agricultores deben tener un alto grado de cualificación tanto en aspectos técnicos como económicos.*

### 3.3. Soil VERSUS soilless in gerbera

**Grafiadellis** et al., (2000) realizó un estudio en plantas de gerbera para establecer si económica y financieramente el cultivo sin suelo (PSS) es mejor que el cultivo con suelo (TS). Se utilizaron tres criterios de evaluación: 1) el valor actual neto (VAN) (Levy y Sarnat, 1994a), 2) la relación beneficio/costo (B/C) (Gittinger, 1972), y 3) la relación riesgo-exposición (RE-Ratio) (Gitman, 1977). Además, los factores que afectan al nivel de los beneficios de ingresos se investigaron mediante la realización de análisis de sensibilidad.

#### Procedimiento de la evaluación económica.

Se utilizó la teoría financiera moderna para estimar los rendimientos de las inversiones (Levy y Sarnat, 1994b; Papadopoulos, 1986). Al evaluar los proyectos alternativos, los costes e ingresos esperados deben ser estimados, y se tienen que utilizar los criterios de selección específica (Horne y James, 1977). Este enfoque, conocido como la ingeniería económica, se ha empleado en la evaluación de nuevas tecnologías agrícolas (Feder et al, 1993; Organización de las Naciones Unidas, 1995 y la Alimentación; Lambregts et al., 1993). El principio de los flujos de efectivo incrementales establece que un proyecto puede evaluarse considerando todas las entradas de efectivo y salidas adicionales inducidos por la inversión (Levy y Sarnat, 1994c).

Esto implica que los costes y beneficios "con" y "sin" de la inversión debe ser comparada para determinar qué solución alternativa produce un rendimiento más alto. El método presente valor neto (Levy y Sarnat, 1994a) se puede definir algebraicamente por la siguiente ecuación:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0$$

donde  $S_t$  = el recibo de caja neto esperado al final del año  $t$ ;  $I_0$  = el desembolso inicial;  $r$  = tasa de descuento (la tasa anual mínima requerida de rendimiento de las nuevas inversiones);  $n$  = vida media esperada; y  $t$  = la duración del proyecto en años. Además, el uso de NPV multi-año se basa en la vida económica del proyecto. Su signo puede ser positivo o negativo dependiendo de si hay un flujo neto descontado o salida durante la vida económica del proyecto (Helfert, 1991). La relación  $B/C$  es el valor presente de los beneficios en relación con el valor actual de los costes (Gittinger, 1972). La regla de decisión es la siguiente: 1) si  $B/C$  ratio es  $> 1$  o el  $VAN > 0$ , se aceptará el proyecto y 2) si la relación  $B/C < 1$  o el  $VAN < 0$ , se rechazará el proyecto (Pagoulatos, 1992). Gitman (1977) desarrolló una nueva relación basada en la exposición al riesgo (RE-Ratio), que en lugar de evaluar la variabilidad o dispersión, mide el grado de exposición al riesgo presente en una alternativa de inversión de capital dado. El RE-Ratio se puede interpretar como la representación de la reducción de los flujos de caja anuales (expresado como porcentaje de la inversión neta) que podría ser experimentado por año y permitir que el proyecto siga siendo aceptable. Esta relación representa en realidad una transformación lineal de una relación beneficio/costo. La forma específica de RE-Ratio es la siguiente:

$$RE - Ratio = (B/C - 1) * \left( \frac{1}{F_{k,n}} \right)$$

donde  $B/C$  = coste/beneficio; y  $F_{k,n}$  = el factor por el valor presente de una anualidad  $n$ -año descontado a  $k$  por ciento o:

$$F_{k,n} = \frac{1}{(1+k)^1} + \frac{1}{(1+k)^2} \dots \frac{1}{(1+k)^n}$$

La regla de decisión para RE-Ratio es aceptar todos los proyectos que exhiben RE-ratios y VPN positivos. Cuando se evalúan las técnicas alternativas (proyectos), se deben seleccionar los proyectos con mayores RE-Ratios. Por lo tanto, RE-Ratio se puede utilizar para medir el valor del proyecto, y permite estimaciones del grado de exposición al riesgo de proyecto a realizar (Gitman, 1977).

Datos de producción y rendimientos brutos. La producción y los rendimientos brutos de ambos sistemas, PSS y TS se estimaron y compararon para un período experimental de 24 meses. Los rendimientos brutos se calcularon utilizando los datos de precios de gerbera obtenidos en el mercado local. Las comparaciones basadas en los datos reales de rendimiento demuestran claramente que la producción media anual de PSS superó la producción media anual de TS en un 5,1%. Por otra parte, los rendimientos brutos de la PSS fueron mayores que los de TS en un 6,6%. Los costes de producción se estimaron para el período de 24 meses del experimento, basado en 0,1 ha. El uso de perlita como sustrato dio lugar a una diferenciación en el coste de

funcionamiento entre los dos sistemas considerados (\$ 42.132 y \$ 40.930 para PSS y TS, respectivamente) para un área de 0,1 ha. Los sistemas de riego para los dos sistemas de cultivo difieren sustancialmente. El sistema de riego era más complicado y por lo tanto más costoso para PSS, ya que el uso de bolsas de plástico requiere el establecimiento de un sistema de recirculación de la solución de nutrientes. El uso del método de la bolsa de plástico horizontal en PSS causó costes adicionales en comparación con el TS, y los gastos de explotación también fueron mayores en PSS debido a la producción más alta. En el análisis financiero se estimaron tres medidas NPV, la relación B/C, y el RE-Ratio para evaluar la eficiencia económica de PSS vs TS. Por lo tanto, los flujos monetarios de los dos sistemas fueron considerados y un descuento del 10%, en un plazo de 9 años (Tabla 3). El VAN fue de \$ 18.414, y la relación B/C fue de 3.3 para PSS. Ambos criterios indican que la adopción de PSS aumento los ingresos. Además, el parámetro de riesgo BE-ratio fue del 41,3% indicando claramente que los flujos de caja anuales pueden ser reducidos en un 41,3% y el proyecto todavía pueden mantener su VAN positivo. El análisis de sensibilidad ofrece dos perspectivas adicionales sobre el valor del análisis de inversión y una indicación de cómo diversos factores que pueden influir en los resultados derivados (Pagoulatos, 1992). Por otra parte, con el uso de análisis de sensibilidad una empresa puede estimar mejor los ingresos y los costos involucrados en un proyecto mediante el cálculo del VAN del proyecto y después de comprobar la sensibilidad del VAN a posibles errores de estimación de los ingresos brutos y los diversos elementos de coste (Levy y Sarnat 1994).

***En conclusión:** El uso de sistemas sin suelo en la producción de gerbera puede mejorar sustancialmente los ingresos de los productores. Sin embargo, el análisis financiero reveló que el PSS es más rentable que el TS. Los productores que adoptaron PSS obtuvieron un ingreso neto estimado de \$ 18,414 más de 9 años. El análisis de sensibilidad reveló que los beneficios de ingresos pueden mejorarse aún más con un pequeño aumento en el precio del producto, mejores estrategias de marketing que conducen a un mayor precio del producto también puede aumentar los beneficios de inversión de alta calidad y. Los resultados de esta investigación apoyan la conclusión de que los avances en la tecnología pueden proporcionar nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia global de la empresa de cultivos en invernadero. Sin embargo, se necesita más investigación sobre la eficacia de PSS para establecer recomendaciones más concretas.*

## 4. Aspectos económicos de la fertilización nitrogenada en cultivos hortícolas.

Las decisiones sobre fertilización en la explotación agraria deben considerar, de forma conjunta, aspectos técnicos, económicos y ambientales. La economía de la fertilización es una parte de la economía de la producción. El proceso en que se basan las decisiones sobre fertilización de cultivos es el siguiente: - Conocimiento del óptimo técnico. - Conocimiento del óptimo económico. - Cumplimiento de normas ambientales. El planteamiento técnico consiste en aplicar la cantidad óptima de fertilizantes en relación con el potencial productivo de los cultivos. En la explotación agrícola la decisión técnica se basa en conocer la relación entre cantidad de fertilizantes y cantidad y calidad de la producción, para un cultivo, variedad y parcela determinados, aplicados con los recursos de trabajo y equipos de la explotación. Según la teoría de la producción el óptimo se alcanza cuando incrementos de fertilizantes no producen

incrementos de producción. Se puede conocer la combinación de elementos fertilizantes y la dosis óptima de estos mediante experimentación agronómica. La experimentación es necesaria, pero tiene la limitación de que los resultados son sólo representativos de las condiciones agroclimáticas en que se ha hecho y deben ser adaptados a las condiciones agronómicas y los recursos productivos de cada explotación. Los resultados son válidos mientras la técnica permanece constante por lo que deben ser revisados cuando varían la técnica de producción y las cualidades de los fertilizantes. Un aspecto que añade complejidad a la fertilización es que la producción responde a la ley del mínimo de factores limitantes. El elemento fertilizante decisivo sobre la producción es el que se aporta en menor cantidad en relación a la necesidad que tiene el cultivo de este elemento. Por eso la respuesta técnica considera la cantidad de elementos fertilizantes que se aplican en relación con el potencial de producción y su equilibrio de los elementos prioritarios (N, P, K). La productividad de los fertilizantes depende de la combinación de elementos fertilizantes que se aportan y del agua a disposición del cultivo durante el ciclo biológico. En secano la lluvia es un evento aleatorio y en regadío la técnica de riego influye sobre la eficacia de los fertilizantes. Riego y fertilización son factores de producción complementarios. La cantidad óptima de fertilizantes depende también de la técnica de riego. Los resultados experimentales deben ser comprobados y corregidos en las explotaciones. Las explotaciones agrarias actúan según la información y experiencia que tienen los agricultores. Las decisiones sobre fertilización son distintas en cada explotación. Dependen, además de la información y experiencia de los agricultores, de las condiciones agronómicas sobre: cultivo, suelo, agua, clima, y de los recursos de trabajo y equipos de cada explotación.

Desde el punto de vista económico las decisiones deben considerar, primero, los aspectos técnicos de la fertilización y, después, la relación entre costes de fertilización y valor del producto obtenido. Los costes de fertilización en parcela deben ser relacionados con el producto obtenido. Estos costes agregan los de fertilizantes y los de distribución. Cada explotación tiene costes de mecanización distintos. Los precios y costes que se aplican en este documento son medios y así deben ser interpretados. El valor del producto de la parcela depende del rendimiento y del precio de venta.

La cantidad de producción, o el rendimiento, no son índices suficientes para calcular su valor porque este depende de la calidad, que es una propiedad compleja del producto, muy influida por la cantidad, momento de la fertilización y equilibrio entre elementos fertilizantes. Se puede suponer que la calidad del producto se recoge en el precio de venta. Técnica y economía de la fertilización son aspectos inseparables y complejos de la gestión de explotaciones que deben ser tratados a partir de referencias concretas para que aporten información relevante. Por otra parte, hay que considerar el peso de los costes de fertilización respecto a los costes totales de la empresa. A pesar de lo anterior suponemos que el planteamiento económico se resume en las dos cuestiones siguientes: - Cual es la técnica de fertilización, (cantidad, combinación y aplicación de fertilizantes) para un cultivo y variedad en una parcela determinada, que produce el máximo margen bruto. - Cual es el coste mínimo de la fertilización óptima. El coste incluye los de compra de fertilizantes y la aplicación en parcela. El coste total de la fertilización depende de la capacidad de negociación en la compra, a veces mediante cooperativas, y a la técnica de mecanización para la distribución de abonos. Bajo el supuesto de que se conoce el óptimo técnico se puede calcular el económico. La solución económica óptima se encuentra cuando no hay incremento de margen debido a aumentos de costes de fertilización. Encontrar el óptimo económico tiene la dificultad propia de la experimentación técnica, la de valorar el producto y, además, la de calcular los costes de distribución de fertilizantes para lo que hay que disponer de un sistema contable para gestión.

La decisión ambiental sobre la fertilización exige, además de haber determinado los

óptimos técnico y económico en los cultivos, conocer los costes ambientales producidos por la llegada a la red fluvial de elementos contaminantes que proceden de la fertilización química u orgánica de los cultivos. La información sobre costes ambientales es insuficiente, y la que hay no se puede integrar en las decisiones económicas del empresario porque los costes ambientales están fuera del mercado. Un criterio para aproximarse a la determinación de dosis ambientales de fertilización debería ser que la aplicación de abonos químicos y orgánicos (cantidad, momento y frecuencia) no debería producir residuos contaminantes. El conocimiento de la contaminación por fertilizantes es incompleto porque se basa en datos experimentales de absorción de fertilizantes por los cultivos, retención de los excesos de fertilizantes en el suelo, que es un material complejo, y conocimiento de los niveles contaminantes tolerables que pueden ser absorbidos por el sistema biológico en circunstancias cambiantes por efecto del clima. De entre los elementos contaminantes, el más perjudicial en general, por su efecto sobre la salud de las personas y sobre el sistema biológico, es el nitrógeno en sus formas química y orgánica. La emisión de normas de empleo de fertilizantes nitrogenados, químicos y orgánicos, es una forma que la Administración tiene de minorar el problema de la contaminación por nitrógeno. (Véase información técnica nº 147. Año 2004. Gestión del nitrógeno en la explotación agraria). De lo anterior se deduce que: - Las decisiones sobre fertilización se deben plantear considerando los recursos agronómicos de cada explotación, que aplica una determinada alternativa y rotación de cultivos cuyos datos técnicos y económicos se deben conocer. Este conocimiento, en las explotaciones, suele ser incompleto. La primera referencia debe ser el conocimiento edafológico de los suelos y la respuesta a la fertilización obtenida con análisis foliares y otros. - La decisión económica es fácil de plantear pero, con frecuencia, falta información sobre costes de producción y exige medios de cálculo complejos. Las soluciones óptimas son distintas en cada explotación.

Desde un punto de vista económico, cabe señalar que un cultivo sin suelo con recirculación requiere una inversión adicional, para poder reutilizar el lixiviado, aunque este coste puede ser compensado por el ahorro de agua y fertilizantes que puede llegar a ser de un 30 % y un 45 % respectivamente, pero la necesidad de incorporar un equipo de desinfección de drenaje encarece aún más dicha inversión. La problemática medioambiental que provocan los sistemas abiertos es evidente, ya que tienen unas pérdidas muy importantes de nutrientes en comparación con los sistemas cerrados. Estas pérdidas conllevan el vertido al medio de importantes volúmenes de lixiviado con un elevado poder contaminante, especialmente debido a la presencia de nitratos. Los sistemas recirculantes permiten una reducción casi total de la contaminación ambiental. La reducción de la lixiviación de nitratos y fosfatos puede llegar a un 92.3 % y 96.7 % respectivamente. Para la mayoría de los elementos en el consumo de fertilizantes del 30-35 %. También hay que destacar que este tipo de sistemas ejercen un papel de control sobre los pesticidas aplicados, ya que parte de los productos fitosanitarios se aplican en la fertirrigación.

## 5. Conclusiones

- Cuando se compararon las ventajas e inconvenientes de los sistemas sin suelo con respecto al cultivo en suelo, los cultivos sin suelo son más rentables que los cultivos en suelo, aunque es necesario realizar una inversión considerable para adaptar un invernadero de cultivo con suelo a cultivo sin suelo.
- Por otra parte, uno de los inconvenientes de los cultivos sin suelo donde no se esteriliza la solución nutritiva recirculante es que pueden proliferar ciertos patógenos de forma más

fácil que en los cultivos con suelo. Además, es necesario personal mucho más cualificado para saber manejar estos sistemas.

## 6. Bibliografía

- Azqueta, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Ed. Me Graw-Hill. Madrid.
- Casley, D.; Kumar, K. (1990): *Seguimiento y el'aluación de proyectos e11 agricultura*. Ed. MundiPrensa. Madrid.
- Ceña, F.; Romero, C. (1989). *El'aluación Eco11ómica y Financiera de bll'ersiones Agrarias*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- López-Gálvez, J.; Naredo, J .M. (1996). *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cuftivo en suelo enarenado y en sustratos*. Ed. Fundación Argentaría.
- Pearce, D.; Turner, R. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester.
- Riera. P. (1994). *Manual de valoración col1tinge11te*. IEF. Madrid.
- Romero, C. (1992). *Normas prácticas para la evaluaci611fi11a11ciera de inversiones agrarias*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Engindeniz, S, Guel, A. (2009). *Economic analysis of soilless and soil-based greenhouse cucumber production in turkey*. Scientia Agricola 66, 606-614.
- Engindeniz, S. (2004). *The economic analysis of growing greenhouse cucumber with soilless culture system: The case of Turkey*. Journal of Sustainable Agriculture 23, 5-19.
- Grafiadellis, I; Mattas, K; Maloupa, E; et al. (2000). An economic analysis of soilless culture in Gerbera production. Hortscience 35, 300-303.
- Benoit, F. (1991). Economic-aspects of ecological methods of soilless culture. LANDBOUWTIJDSCRIFT-REVUE DE L AGRICULTURE. 44: 181-197.