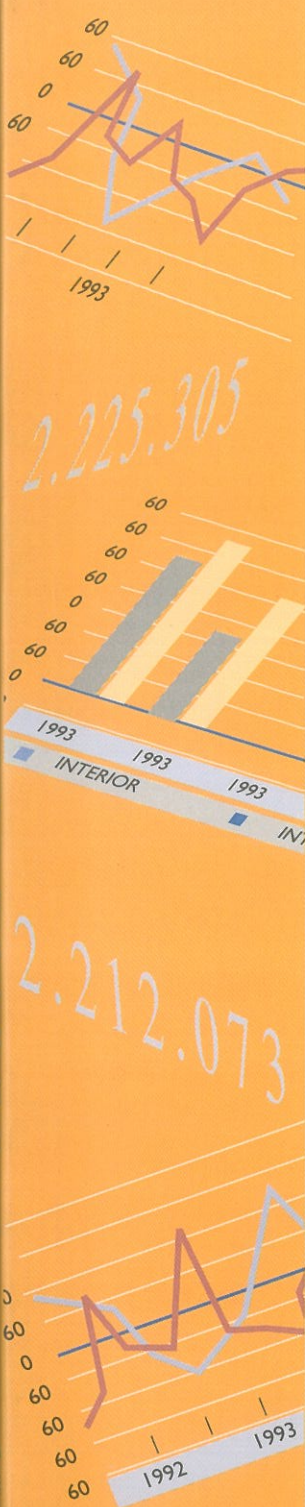




ANÁLISIS ECONÓMICO

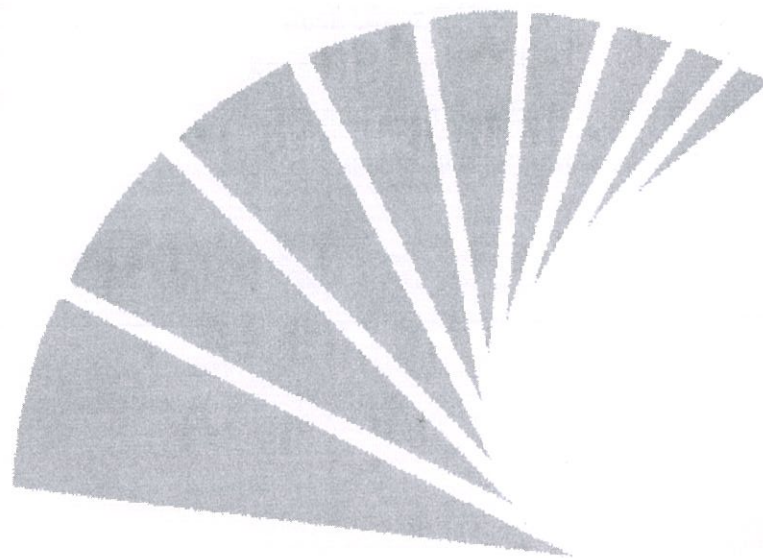
e n A g r o n o m í a

Y A M B I E N T A L



Analistas
Económicos
de Andalucía

ANÁLISIS ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN AGRONOMÍA



José López Gálvez
Agustín Molina Morales
Manuel Jaén García
José Francisco Salazar Mato

**ANÁLISIS ECONÓMICO Y AMBIENTAL
EN AGRONOMÍA**

Colección Documentos y Estudios

nº 8

ANÁLISIS ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN AGRONOMÍA

Edita: **Analistas Económicos de Andalucía**

c/ Ancla, 2 - 6ª plta.
29015 MÁLAGA

Tfno: 95 222 53 05-06

Fax: 95 221 20 73

E-mail: aea@unicaja.es

D.L.: MA-793-2000

I.S.B.N.: 84-95191-30-X

© Analistas Económicos de Andalucía

Reservados todos los derechos. Queda prohibido reproducir parte alguna de esta publicación, su tratamiento informático o la transcripción por cualquier medio, electrónico, mecánico, reprografía u otro sin el permiso previo y por escrito del editor.

Índice

Págs.

Prólogo 09

CAPÍTULO I.

ASPECTOS TEÓRICOS 11

I. Introducción 13

II. Los Sistemas Agrarios 17

III. Objeto 21

IV. Método 28

V. Análisis físico de los procesos 33

VI. Análisis financiero de los procesos 37

VII. Aplicación de un enfoque global para analizar los procesos 40

CAPÍTULO II.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL SISTEMA DE CULTIVO EN EL SURESTE ESPAÑOL 49

I. El sistema de cultivo forzado 51

II. Producción en invernadero 56

III. Evolución del sistema agrario e Indicadores económicos 58

IV. Efectos ambientales del sistema de cultivo forzado 66

V. El invernadero y el consumo de agua 72

VI. El proceso tecnológico 74

VII. Tecnología apropiada y sostenibilidad local de los sistemas de cultivo 76

CAPÍTULO III.

COMPARACIÓN SISTEMAS DE CULTIVO EN SUELO ENARENADO Y EN SUSTRATO..... 79

I. Descripción del suelo enarenado y de los sustratos.....	81
II. Recursos utilizados y residuos generados.....	83
III. Flujos físicos y ratios de contaminación	84
IV. Balance energético	89
V. Cosecha: cantidad, calidad y precio	92
VI. Rentabilidad financiera.....	94
VII. Conclusiones	101

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES GENERALES 103

I. Metodológicas	105
II. Institucionales.....	106
III. Sobre el sistema agrario del sureste de España.....	107

PRÓLOGO

El presente documento amplía y aclara los fundamentos de análisis económico ambiental en agronomía, ya abordados en el capítulo VII del libro que escribí con, mi buen amigo y maestro, José Manuel Naredo sobre "Sistema de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos" publicado en 1996 por la Fundación Argentaria-Visor (distribuciones/sa). En esta ocasión he contado con la inestimable colaboración de dos expertos en economía aplicada, los Catedráticos Agustín Molina y Manuel Jaén y, con el Doctor en agronomía, José Salazar.

El libro consta de cuatro partes, tratándose en el primero los aspectos teóricos del análisis que comienza introduciendo al lector en su problemática, se establecen diferencias entre sistemas agrarios y, termina proponiendo un enfoque global para analizar y comparar los sistemas de producción agraria.

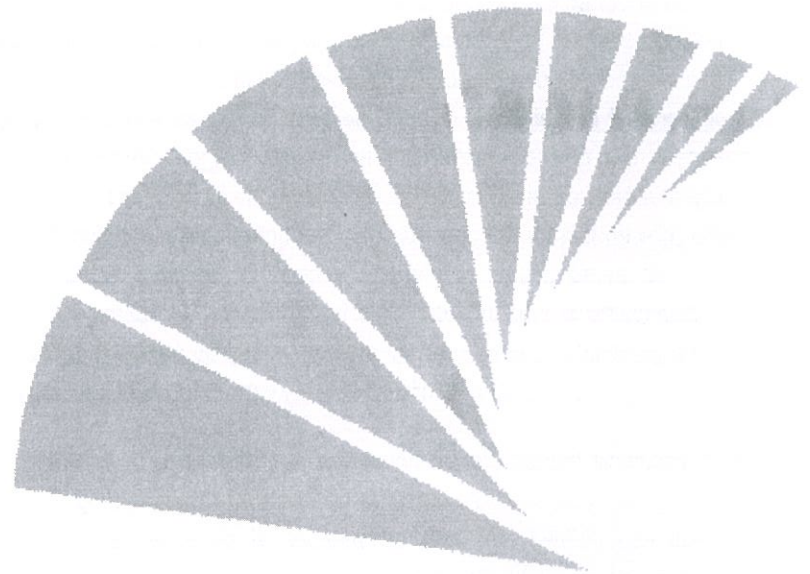
La segunda parte comienza describiendo la problemática ambiental del actual sistema de cultivo forzado del sureste español y finaliza exponiendo criterios sobre tecnología apropiada y, sostenibilidad local de los actuales sistemas de cultivo.

La tercera parte describe, analiza y compara la productividad de un cultivo de tomate sobre suelo enarenado y sustrato, siguiendo la metodología propuesta. La parte final establece conclusiones que informan al marco institucional y a los agricultores sobre el medio ambiente y la sostenibilidad de su sistema agrario.

Por último, señalar que considero que este libro mejorará el conocimiento sobre análisis de sistemas agrarios.

José López Gálvez

Capítulo I



Aspectos Teóricos

I. INTRODUCCIÓN

La producción agraria, originariamente, se consideraba fruto de una unión entre el Cielo y la Tierra. Las prácticas agrícolas mantuvieron durante largo tiempo un sentido ritual con el fin de acrecentar su productividad¹. La actitud de colaboración con la naturaleza, coherente con esas visiones creacionistas, se mantuvo hasta bien entrado el siglo XVIII². La aceptación del principio de conservación de la energía y de la materia, supuso el abandono de las ideas creacionistas y sirvió de base para el nacimiento de la química agrícola³. Tras milenios de considerar a la Madre-Tierra como fuente de toda riqueza, se pasó a verla como una simple reserva de agua y nutrientes: el balance de estos elementos acabó erigiéndose en el instrumento básico del razonamiento agronómico. De la inicial veneración de la Madre-Tierra se pasó a la ignorancia de sus funciones, preocupando sólo lo que entraba y salía de ella, objeto del registro en el balance. El mismo Justus von Liebig, padre de la química agrícola, pensaba, a mediados del siglo pasado, que la sostenibilidad de la agricultura dependía de que se pudiera cerrar el ciclo de nutrientes devolviendo a los campos la materia orgánica que de ellos había salido.

La obtención, el desarrollo y la aplicación de fertilizantes sintéticos, acaecido tras la Segunda Guerra Mundial, en el marco de la llamada "revolución verde", alejaron el fantasma de la escasez de recursos, sentido con anterioridad, posibilitando la reposición de los nutrientes extraídos por las cosechas, sin pensar ya en cerrar el ciclo de materiales. Junto al esquema del balance, se impuso la "ley de mínimos", como guía de la gestión de los cultivos: se trataba

1. Copérnico en *De revolutionibus* y Aristóteles en *De animalibus* recogían la misma idea: "la tierra concibe por el sol y de él queda preñada, dando a luz todos los años". La visión organicista que describió Platón en su *Timeo*, predominó desde la Antigüedad hasta el advenimiento de la moderna ciencia experimental.
2. El nacimiento de la agronomía como ciencia se sitúa en el período que va desde la publicación de los *Principia* de Newton en 1678, hasta la del *Traité élémentaire de chimie* de Lavoisier en 1789.
3. Boussingaul, Mulder y Liebig fundaron la química agrícola sobre el principio de conservación de la energía y de la materia. Siendo el más reputado padre de la agricultura química Justus von Liebig en su libro básico *La química aplicada a la agricultura y a la fisiología*.

de identificar en el suelo aquellos elementos cuya penuria limitaba el desarrollo de las plantas para suplir, mediante el riego y el abonado, esos factores limitantes.

En estrecha analogía con el enfoque agronómico del balance y de la ley de mínimos, acabó surgiendo el enfoque económico de la "función de producción". Esta función establecía la relación formal entre las *entradas* de factores y la *salida* de producto, sin referencias a lo que ocurría dentro y fuera del proceso. Multiplicando las cantidades de factores aplicados y de productos obtenidos por sus precios se llegaba a las funciones de coste y de ingreso, cuya diferencia arrojaba el margen de beneficio que el análisis económico trataba de maximizar. Es decir, se trasladaba así el problema a términos monetarios estableciendo una ley de conservación del valor y un principio de maximización, sujetos a las restricciones técnicas de la función de producción. En general, el reducido peso del agua y de los fertilizantes en el coste de los cultivos indujo a no escatimar su uso, asociando beneficio y rendimiento en el proceso de producción indicado.

Pero a la vez que decayeron las preocupaciones iniciales sobre la escasez de recursos, empezaron a surgir otras sobre el exceso de residuos: se vio que el empleo masivo y continuado de agroquímicos podía llevar a la "mineralización" o pérdida de estructura de los suelos y a la contaminación de las aguas por lixiviación de los productos aplicados. Tras más de un siglo de razonar con la "ley de mínimos" y de sugerir a los agricultores la conveniencia de reponer con largueza las extracciones de las plantas, la mayor sensibilidad por el deterioro de los suelos y las aguas está empujando ahora a mejorar la eficiencia del riego y de los fertilizantes para definir los topes "máximos" de los mismos recomendables para compatibilizar en cada situación rendimientos elevados con contaminación reducida.

Los cambios tan radicales que conlleva el paso de sistemas agrarios "tradicionales" a "modernos" hacen que el aparato conceptual del balance, en agronomía, y de la función de producción, en economía, resulten insuficientes

para establecer comparaciones. En efecto, en los sistemas "tradicionales" los agricultores trataban de colaborar con la Madre-Tierra en la reposición, en ciclo cerrado, de la mayoría de los insumos. Los "modernos" cuentan lo menos posible con la Madre-Tierra, comprando los medios de producción y vendiendo los productos, lo mismo que se hace en las plantas industriales. La equiparación culmina en el caso de la ganadería en estabulación permanente y de la agricultura hidropónica, en la que se compra todo lo que se incorpora al proceso de producción incluido el CO₂ en el último caso. El análisis para la comparación de estos sistemas agrarios con los tradicionales, precisa, para su correcta interpretación, de la modelación de su funcionamiento físico con independencia de su proyección económico-mercantil. Para ello, es necesario echar mano de la ecología y de las ciencias de la naturaleza por ella utilizadas, además de la agronomía del balance y de la economía de la función de producción. En definitiva, estos instrumentos se revelan excesivamente simples para explicar el funcionamiento y la evolución de sistemas biológicos tan complejos como son los agrarios. Este excesivo esquematismo se hace sentir con fuerza, como veremos en la tercera parte de este libro, al comparar sistemas de cultivo en suelo enarenado y en sustrato.

La agricultura actual es muy dependiente del combustible fósil. El incremento tan notable de la producción por unidad de superficie que se ha producido, en los últimos tiempos, ha sido posible gracias a una conjunción de factores como son: la ingeniería genética, el riego, los productos fitosanitarios, los fertilizantes y la mecanización. Este último factor ha conllevado un descenso importante de la mano de obra en el campo, produciéndose en algunas áreas una desertización como consecuencia del excesivo despoblamiento. Además, los mayores rendimientos obtenidos no han venido acompañados por una mejor relación entre la energía aportada y la obtenida. En este sentido se puede señalar con carácter generalizable que el número de calorías convertidas en energía alimentaria por cada caloría utilizada ha ido descendiendo en los sistemas agrarios a medida que avanzaba su grado de modernidad (ver cuadro 1).

A largo plazo la vulnerabilidad de la agricultura actual es consecuencia de unos recursos que se agotan. Una de las opciones que se presenta interesante pasa por explotaciones agrícolas relativamente pequeñas y por la utilización de tecnologías intermedias, adaptadas al ecosistema, con el fin de reducir el uso de energía fósil. El problema estriba en que el análisis económico-mercantil va a decidir como deseable "la explotación agraria individual plenamente mecanizada para poner a producir la máxima extensión de cultivo de que son capaces los hombres y sus máquinas". Desde el punto de vista de los costes por unidad de producción, este tipo de explotaciones tiene todas las ventajas económicas asociadas con el tamaño. El actual modelo económico favorece una agricultura con una cada vez más intensa utilización de energía, forzando los cultivos con el fin de obtener la mayor rentabilidad.

Cuadro 1
Energía (10^6 julios) por ha necesaria para la producción
de arroz con distintos métodos de producción
(1) moderno, (2) intermedio y (3) tradicional)

Insumo	Cantidad 1	Energía 1	Cantidad 2	Energía 2	Cantidad 3	Energía 3
Equipo ^a	4,2.10 ⁹ J	4.200	335.10 ⁶ J	335	173.10 ⁶ J	173
Combustible ^b	224,7L	8.988	40,0L	1.600	--	--
Fertilizante N ^c	134,4kg	10.752	31,5kg	2.520	--	--
Fertilizante K ^d	67,2kg	605	--	--	--	--
Semilla ^e	112,0kg	3.360	110,0kg	1.650	107,5kg	--
Riego ^f	683,4L	27.336	--	--	--	--
Insecticida ^g	5,6kg	560	1,5kg	150	--	--
Herbicida ^g	5,6kg	560	1,0kg	100	--	--
Secado	4,6.10 ⁹ J	4.600 ^g	--	--	--	--
Electricidad	3,2.10 ⁹ J	3.200 ^g	--	--	--	--
Transporte	724.10 ⁶ J	724 ^g	31,0.10 ⁶ J	31	--	--
Total		64.885		6.386		173
kg/ha		5.800		2.700		1.250
10 ⁶ J/kg		11,19		2,37		0,14

Fuente: FAO. The State of Food and Agriculture, 1976, Roma, 1977, pag. 93. a Producir 1kg de equipo se estima en unos 68,7.10⁶ julios. b Un litro de combustible contiene 40.10⁶ julios. c La producción de 1kg de fertilizante N necesita 80.10⁶ julios. d La producción de 1kg de fertilizante K necesita 9.10⁶ julios. e La producción de 1kg de semillas de alta calidad necesita 30.10⁶ julios en USA y 15.10⁶ julios en Filipinas. f La producción de 1kg de pesticidas necesita 100.10⁶ julios. g Las cifras presentadas son las del maíz de David Pimentel et al., Food Production and the Energy Crisis, Science, 2 de noviembre de 1973, pag. 444.

Los datos de los balances energéticos, de cada modalidad de cultivo, resaltan la importancia que tienen el riego y los fertilizantes nitrogenados, así como los menores rendimientos energéticos a medida que se mejora el grado de modernidad del sistema agrario. Los elementos considerados, en el cuadro 1, dan cuenta de la energía aplicada por el hombre a las prácticas de cultivo realizadas y se puede advertir cómo, para producir 1kg de arroz, el sistema moderno precisa mas de 10 millones de julios, mientras que el sistema tradicional sólo precisa 140.000 julios.

II. LOS SISTEMAS AGRARIOS

La acción de la demanda condiciona tanto el sistema de producción agraria como el progreso tecnológico. Los sistemas agrarios, con la excepción de los estacionarios (donde todo proceso existente se mantiene), además de alimentos, producen nuevos procesos que sustituyen a los ya obsoletos. La innovación técnica puede verse incluso en aquellos casos en los que los procesos elementales han de disponerse en paralelo. Así, a medida que aumenta la demanda de hortalizas, los productores del sureste español pueden considerar rentable la sustitución de sus invernaderos por otros de mejores prestaciones o incrementar la dimensión física de su empresa. El progreso tecnológico consiste en una mezcla de especialización y concentración de herramientas y procesos que van a generar una unidad de mayor capacidad de producción.

Iniciar cualquier proceso elemental en el momento que queramos es condición necesaria, para que éstos se puedan disponer, ininterrumpidamente, en línea, de manera similar a lo que ocurre en los procesos fabriles. Esta libertad que se da en la producción en las fábricas no se da, por lo general, en agricultura. La excepción puede venir de la mano de un invernadero bien equipado o de una granja suficientemente tecnificada, que tienen la libertad de iniciar su producción cuando deseen. No es posible iniciar un proceso elemental de

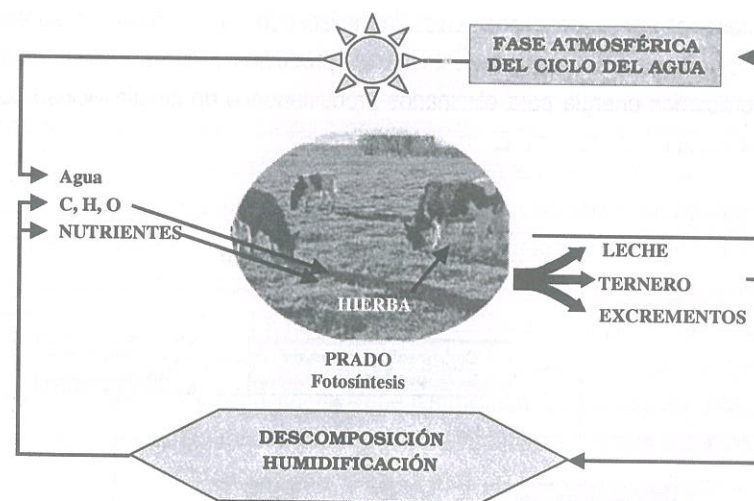
cultivo de cereal cuando queramos. Si exceptuamos determinados lugares, en torno al ecuador, para cada región de la tierra hay un periodo del año, por lo general corto, en el que se puede sembrar, si se quiere producir cereal. Este periodo viene determinado por las condiciones climáticas que dependen de la situación de nuestro planeta respecto al sol. Tan vital es la dependencia de la vida terrestre de la energía recibida del sol que el ritmo cíclico, con el que esta energía alcanza cada lugar de la tierra, se ha ido incorporando al patrón reproductivo de casi todas las especies vegetales o animales. Así, los corderos nacen en primavera, los terneros en el otoño y las sardinas no merecen la pena comerse a no ser que se pesque en los meses de junio y julio. Por lo tanto, en la agricultura no puede producirse un proceso elemental salvo en un periodo específico dictado por la naturaleza⁴. A continuación expondremos los dos sistemas de producción agraria:

- a) **El sistema biosfera**, tal como se aprecia en el esquema 1, cierra el ciclo de materiales y explota el flujo de baja entropía⁵, que alcanza la tierra en forma de radiación solar⁶. Este sistema también es insostenible por mucho que nos prediquen agrónomos y economistas que: “debidamente utilizados y merced a su poder de reproducción, las plantas pueden suministrarnos indefinidamente alimentos, madera y los restantes productos naturales”. El problema que se plantea es el de la degradación entrópica del suelo debida al cultivo continuo. La Ley de la entropía nos enseña que es imposible que crezca el cereal, año tras año, en el mismo trozo de terreno. Los agricultores siempre han sabido que cultivar significa explotar el suelo y por ello realizan la práctica del estercolado, ralentizando de esta manera su degradación. Ésta se produciría aún en el caso de una manada de vacas pastando

4. Georgescu-Roegen, N. 1996. *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. Fundación Argentaria-Visor distribuciones, s.a.
5. Recordemos que la entropía es una magnitud termodinámica que mide el grado de desorden molecular de los cuerpos, si se quiere una mayor aclaración véase el epígrafe que trata sobre el análisis físico de los procesos productivos.
6. La energía solar es la auténtica fuente energética de la tierra, de la que sólo se almacena en forma de biomasa, una cantidad ligeramente superior al 0,02%.

unos pastizales, incluso aunque su número no aumentase, ya que la baja entropía de la que se nutre la vida incluye, además del sol, la del entorno terrestre.

Esquema 1
El sistema biosfera

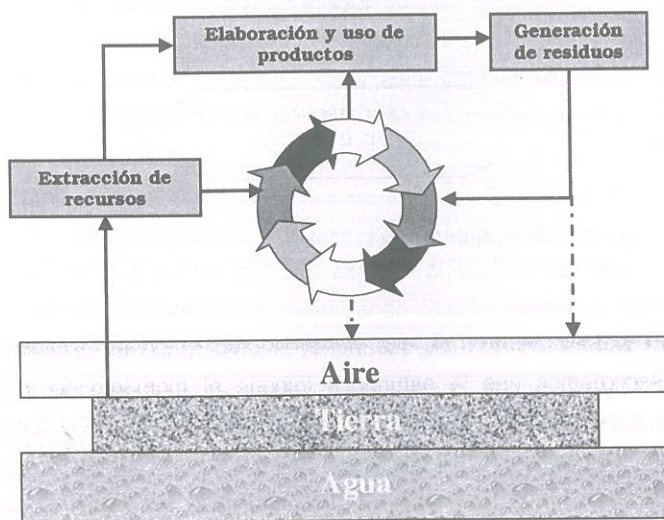


Fuente: Naredo y López-Gálvez (1999).

- b) **El sistema industrial**, que viene esquematizado en el esquema 2. Recordemos que la naturaleza impone el momento de inicio del proceso agrícola y esto impide, por lo general, el uso del sistema fabril en la agricultura. El problema estriba en que no podemos proporcionar el flujo de energía solar a un ritmo que se ajuste a nuestras necesidades.

El paso del sistema biosfera al industrial tiene su precio, en el consumo de capital de baja entropía. La humanidad dispone, en sentido amplio, de dos fuentes de riqueza: el stock finito de recursos minerales que podemos desacumular, casi a voluntad, en un flujo y un flujo de radiación solar que escapa a nuestro control. El precio del progreso tecnológico ha significado un cambio desde la fuente de baja entropía, más abundante, la radiación solar, a la menos abundante, los recursos minerales. El uso de recursos naturales (minerales, aire, agua) para la producción agraria deriva en la generación de desechos. La rapidez de su acumulación depende de la velocidad con la que se desarrolla el proceso económico, no existiendo para la tierra en su conjunto, ningún proceso de eliminación. Una vez producidos, permanecen, a no ser que utilicemos energía para eliminarlos produciéndose un círculo vicioso como se aprecia en el esquema 2.

Esquema 2
El sistema industrial



Fuente: Naredo y López-Gálvez (1999).

III. OBJETO

En este epígrafe, se analizarán los enfoques económicos que permiten enjuiciar cada uno de los aspectos parciales, en relación con el proceso productivo global en el que intervienen. Hay que tener en cuenta que para discutir y comparar la economía de varios procesos, conducentes a una misma finalidad productiva, es necesario precisar bien dónde empiezan y dónde terminan los mismos. La determinación de estos extremos y su traducción tanto en términos físicos como monetarios, va a evitar la confusión en que se incurre cuando se comparan procesos que persiguen la misma finalidad, pero que tienen exigencias y consecuencias cuantitativa o cualitativamente distintas.

La alteración de los límites del proceso productivo va a proporcionar resultados contradictorios, en su enjuiciamiento, si tratamos de establecer comparaciones entre ellos. Los razonamientos parciales que se realizan en estas condiciones invalidan las necesarias pretensiones de generalidad. Por ejemplo, si queremos comparar la economía de tres plantas generadoras de energía eléctrica: una hidroeléctrica, otra térmica y otra nuclear, hemos de llevar el análisis más allá del funcionamiento físico y monetario de las plantas en sí, para ocuparnos de las diferentes exigencias y consecuencias de las mismas. La primera de ellas, al apoyarse en una energía renovable, una vez implantada no requiere recursos ni genera residuos, limitándose el análisis a la vida de la planta. La segunda reclama el uso y deterioro de combustibles fósiles, produciendo su combustión la emisión de contaminantes a la atmósfera, susceptibles de originar trastornos climáticos de consecuencias tan amplias como imprevisibles. La tercera, no sólo se nutre también de determinados minerales concentrados en la corteza terrestre, sino que entraña mayores riesgos de funcionamiento y, sobre todo, origina residuos tóxicos muy peligrosos, pues algunos permanecen activos durante milenios, con consecuencias todavía más amplias e imprevisibles que la anterior. El conocimiento de estos extremos resulta clave para informar sobre los juicios de valor que comporta este tipo de decisiones, que no puede evitar la incidencia de unos costes monetarios influidos en cada caso por las

peculiaridades del marco institucional y del tratamiento que se quiera dar a la custodia de los residuos o a la estimación de posibles daños.

Normalmente, se entiende por "ambiente" de un proceso productivo el medio físico en que éste se desarrolla. Viene determinado por los *recursos* que existían antes de haber sido valorados y utilizados en dicho proceso, y por los *residuos* que éste devuelve al medio físico cuando ya, por definición, carecen de valor. Aspectos éstos que, unidos al deterioro del medio físico que origina su manejo (como lavado de sales, erosión, etc.), suelen escapar del universo de la economía ordinaria. El análisis ambiental surge así, como objeto de estudio, por la cortedad de miras de ese enfoque económico usual y se diluye cuando adoptamos uno más amplio y abierto. El "ambiente" no debe tomarse como un "sector" más a analizar tras revisar los aspectos productivos de un proceso. La clave de un análisis económico-ambiental reside en la aplicación de enfoques multidimensionales que faciliten el cruce de los distintos niveles evaluados, evitando que alguno eclipse a los demás y oscurezca las posibles contradicciones observadas entre ellos.

La reflexión económica, sobre las cuestiones ambientales, se puede realizar de dos formas: Una, valorando las externalidades ambientales, mediante imputaciones razonables, para someterlas al enfoque coste-beneficio propio de la economía ordinaria. Otra, aplicando sobre ella el aparato conceptual de las ciencias de la naturaleza, que razonan desde la perspectiva de los propios *recursos*: analizando los *residuos*, las pérdidas en los procesos y reflexionando sobre la estabilidad de éstos. Ambos caminos deben complementarse, ya que, por una parte, no debe esperarse que el primero pueda cubrir satisfactoriamente el vacío analítico que su propia red teórica ha generado y, por otra, el segundo no puede permanecer ajeno a las valoraciones monetarias relacionadas con los procesos objeto de estudio, para favorecer la incidencia práctica de sus análisis.

El tratamiento de la problemática "ambiental" debe hacerse junto con el estudio del rendimiento, del coste físico y de las pérdidas en los procesos, sin dar lugar

a un apartado específico. Por ello, el análisis de las externalidades debe abordarse junto con la evaluación financiera, permitiendo estudiar con mayor consistencia de lo que se hace comúnmente, cuando tras sumarios análisis convencionales e incompletos sobre el funcionamiento físico de los procesos productivos, se añade el capítulo sobre la incidencia "ambiental", para cubrir el expediente de cara a las nuevas exigencias administrativas.

El esquema 3 sintetiza, para el caso de la agricultura, que podría ser la de invernadero, la intersección de las distintas escalas de agregación espacial y temporal, con la gestión. La agregación espacial puede ir desde el invernadero hasta la comarca y las unidades de gestión que se ocupan de ellos, en el actual marco institucional, desde la finca o explotación agraria hasta el municipio donde están situadas. La agregación temporal de los flujos suele tomar, como primeros escalones de referencia, la campaña de cultivo y el ejercicio contable del año correspondiente. Podría razonarse después sobre su evolución a medio y largo plazo, atendiendo a los periodos de amortización de los distintos elementos que componen el inmovilizado material de la explotación, asegurando que el proyecto llegue a agotar la vida útil de las instalaciones sin quebranto patrimonial alguno. En los aspectos relacionados con la gestión, tenemos que distinguir, al menos, entre las dimensiones monetarias, físicas, territoriales y socio-institucionales de los mismos teniendo en cuenta que deberían interaccionar entre sí, aunque las instancias que se ocupan de cada una de ellas son diferentes y suelen permanecer inconexas. Por ejemplo, el agricultor razona sobre las dimensiones monetarias del negocio agrario, el ayuntamiento sobre las dimensiones territoriales y recaudatorias,..., la Unión Europea actúa sobre el marco institucional bajo las más diversas presiones, sin que exista clara conciencia de sus repercusiones mutuas (recordemos cómo la negociación pesquera con Marruecos, del año 1995, derivó a otorgar a ese país ventajas en la exportación de tomate que incidirían negativamente sobre los agricultores del sureste español, que fueron en principio vetadas por otros países de la Unión Europea y no por España).

Esquema 3
Intersección de las distintas escalas de agregación espacial
con la gestión

ESCALA	GESTIÓN			
	A	B	C	D
Finca o explotación		+	++	
Municipio	++	+		++
Comunidad Autónoma	+	+		++
Administración Central			+	++
Unión Europea		+		++

Notas: + + Interés prioritario; + secundario; A Dimensión territorial; B Física; C Monetario; D Socio-institucional.

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Desde la perspectiva microeconómica, el empresario o agricultor se suele interesar, en primer lugar, por los aspectos monetarios y, en segundo lugar, por los físicos relacionados con el rendimiento del cultivo. Se intenta asegurar así la propia existencia de la explotación agraria, sin ir más allá de la viabilidad técnica y económica de procesos productivos determinados. Las preocupaciones estéticas o ambientales son aquí poco determinantes, dependiendo sólo de la sensibilidad de los agricultores, a no ser que pongan en peligro el futuro inmediato del sistema de explotación. Por el contrario, las cuestiones ambientales y territoriales deben ocupar un lugar importante desde la perspectiva de las distintas administraciones implicadas, para atajar determinadas consecuencias de la gestión que inciden negativamente, forzando su deterioro mediante contaminación, malversación o esquilmo de los recursos naturales y paisajísticos.

Se apuntan así, al menos, dos ámbitos de racionalidad diferentes, aunque relacionados en la práctica. Uno, el de las unidades elementales que, movidas por el motor de lo monetario, inciden en términos agregados sobre el otro ámbito, el territorial y el ambiental. El problema estriba en que la racionalidad coste-beneficio que guía el comportamiento de los agricultores puede ocasionar irracionalidad y despropósitos globales. De ahí que parezca conveniente tender puentes entre ambos ámbitos de racionalidad en la gestión, para compatibilizar los objetivos de rentabilidad, a corto plazo, de las fincas, con aquellos otros que dictan la adecuación al territorio y la sostenibilidad del sistema de explotación utilizado. Y ahí entra en juego la otra dimensión de análisis mencionado: el socio-institucional, que apunta a tender esos puentes, a base de diseñar marcos institucionales que compatibilicen los dos extremos indicados, tratando de primar el uso de técnicas de cultivo y de gestión de recursos "sostenibles". Evidentemente, la implantación de esos marcos institucionales, capaces de adaptar la tecnología y las "fuerzas del mercado", a las limitaciones y posibilidades que ofrece la explotación duradera de los recursos naturales de los territorios, se han de gestar en la escala político-administrativa correspondiente. Ésta va mas allá de la municipal, alcanzando, en el caso de

España, a la autonómica, a la del Estado Central y a la de la propia Unión Europea.

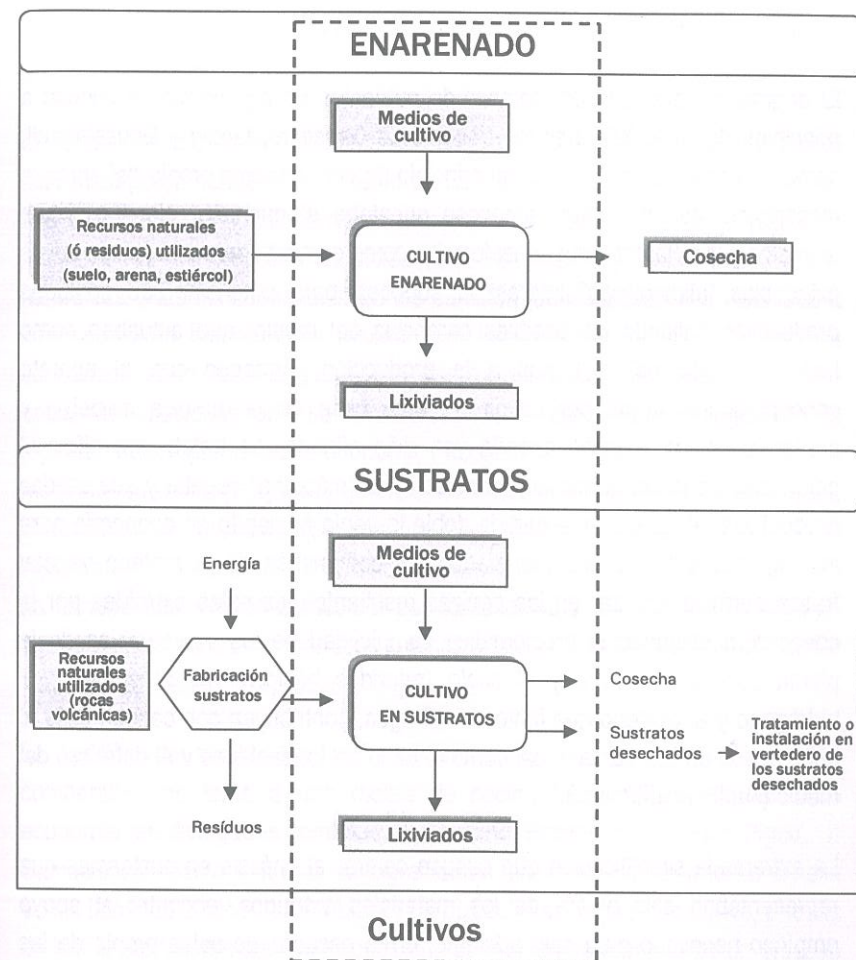
Para tender puentes, con solvencia, entre los ámbitos mencionados hay que considerar las exigencias y las consecuencias que para ellos tienen los procesos que se pretenden enjuiciar. Convendrá diferenciar entre la eficiencia parcial de estos últimos y su eficiencia global, incluyendo los procesos con ellos relacionados.

El esquema 4, expone a título de ejemplo, el campo de estudio necesario para analizar los sistemas de cultivo en enarenado y en sustratos "inertes". En el caso del enarenado sería suficiente analizar las exigencias directas en residuos del sistema de cultivo. Pero no en el de los sustratos, que demandan procesos previos de fabricación y posteriores de recogida, tratamiento e instalación en vertedero de los mismos una vez desechados. Los dos sistemas requieren materias primas de origen extractivo, la diferencia es que el enarenado las reclama directamente (suelo, arena y humus o estiércol) mientras que los sustratos lo hacen indirectamente (rocas de origen volcánico) para su fabricación, mediante procesos exigentes en energía fósil y, por lo tanto, contaminantes. También se observan diferencias en lo referente a los residuos sólidos: en el enarenado se incorporan generalmente al suelo sin problemas. Los sustratos tienen una vida útil de dos años tras lo que se convierten en residuos, reclamando como mínimo procesos de compactación y traslado a vertedero ya que su descontaminación y reciclado resultan problemáticos⁷.

7. Benoit, F. y N. Ceusterman. 1994. *Polyurethane ether foam (PUR) a Belgian ecologically sound substrate for soilless growin*. 13th International Congress of CIPA, Verona (Italia). Vol. 1°.

Esquema 4

Procesos de producción del enarenado y de los sustratos



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

IV. MÉTODO

Este apartado expondrá las limitaciones que comporta la forma en la que comúnmente se aplican el enfoque del *balance*, en agronomía, y el de la *función de producción*, en economía, para sugerir el modo de ampliarlos.

El dogma interpretativo del *balance* de nutrientes en agronomía se impuso a principios del siglo XIX, tras los trabajos de Saussure, Liebig y Boussingault, como aplicación a este campo del principio de *conservación* propio del enfoque mecanicista que por aquel entonces orientaba el quehacer científico⁸. Los animales y las plantas eran considerados como convertidores mecánicos cuyas exigencias "alimenticias" interesaba conocer, para potenciar sus aptitudes productivas paliando las posibles carencias del medio, que actuaban como factores "limitantes" o frenos a la producción. Armados con el aparato conceptual instaurado por Lavoisier como base de la química moderna y contando con una analítica cada vez más afinada, se trataba de cifrar el balance entre las entradas que abastecían la "máquina" vegetal y sus salidas productivas, al igual que la partida doble lo venía haciendo en economía para los ingresos y los gastos monetarios. La combustión de la materia vegetal fresca permitía analizar en las cenizas resultantes las sales extraídas por la cosecha, soslayando la problemática complejidad de los intercambios de la planta con la atmósfera y el suelo (referidos básicamente al carbono, al hidrógeno y al oxígeno que junto con el agua, contribuyen con casi un 99% al peso fresco de las plantas), así como el tema de los residuos y el deterioro del medio (suelo, acuíferos,...).

La extremada simplificación que supuso centrar el análisis en sustancias que representaban sólo el 1% de los materiales extraídos, encontró el apoyo empírico necesario para salir adelante, en la escasez de sales propia de las zonas de clima húmedo frío. Ese uno por ciento se convertía en el verdadero "factor limitante" de la agricultura de las zonas más desarrolladas de Europa.

8. Dagonet, F. 1973. *Des révolutions vertes. Histoire et principes de l'Agronomie*. Paris. Herman.

Sin embargo, la mayor diversidad y complejidad de suelos, climas, especies y ecosistemas propia del área mediterránea, recorta el potencial explicativo de trasladar tales esquematismos a la agricultura de estas áreas; donde por contraposición a las zonas húmedas, el exceso de sales y la escasez de agua, constituyen a menudo el principal problema al que ha de enfrentarse la agricultura mediterránea.

En lo que concierne a la función de producción hay que decir que, tal y como se ha venido presentando normalmente en los manuales de teoría económica, no permite analizar el funcionamiento interno, ni la incidencia externa (sobre el ambiente) de los procesos de producción. Tampoco enjuicia con amplitud la naturaleza y las consecuencias de los cambios tecnológicos, ni la viabilidad a largo plazo de los sistemas resultantes⁹. La desatención usual del análisis económico, tanto hacia lo que ocurre "dentro" del proceso de producción como hacia las relaciones con su "ambiente", es la consecuencia lógica de la representación que la teoría económica acostumbra a hacer de dicho proceso mediante un vector ($P, a, b, c, \dots$) que relaciona mediante una función $P=f(a, b, c, \dots)$, la cantidad de producto (P) con las cantidades de factores ($a, b, c, \dots$). Al representar el proceso de producción mediante una forma particular de función (la denominada *función punto*, por ser representable como tal en un espacio euclidiano), se da a entender que no existen otras posibilidades de representar matemáticamente dicho proceso.

La función de producción arriba expresada nos ofrece una información comparable, no tanto a una receta de cocina (como dicen manuales de economía tan divulgados como los de Boulding, Bowley, Scheneider, Pigou... o Samuelson)¹⁰ como a la lista de ingredientes que suele figurar encima de ella en los libros de cocina: "para obtener un bizcocho se requiere, 1 huevo, 2 tazas de leche, etc.". Entre las limitaciones que se derivan de representar un proceso

9. Naredo, J.M. 1987. *La economía en evolución*. Madrid: Siglo XXI. Reed. 1996. XXXVI + 568pp. Naredo, J.M. y J. López-Gálvez. 1994. *Información técnica y gestión económica del uso del agua en los regadíos españoles*. Revista de estudios Agro-Sociales, 167: 185-207.

10. Georgescu-Roegen, N. 1996. *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación Argentaria y Visor Dis. 545pp.

mediante una lista de ingredientes monetizables que entran y salen del mismo, cabe destacar las siguientes:

1. Al identificar un proceso sólo con sus unidades de principio y fin, se induce a no tener en cuenta lo que ocurre tanto entre esos límites como fuera de los mismos. Además, los cambios de tecnología o de escala aparecen como meros problemas cuantitativos o de agregación por suma, y no se detectan los cambios cualitativos en el comportamiento y la viabilidad del sistema.
2. Al establecer que el proceso de entradas y salidas empieza en t_0 y termina en t_1 normalmente se hace abstracción de lo que ocurre antes de t_0 y después de t_1 . Con ello se puede obviar, por ejemplo, que la buena rentabilidad del presente puede venir apoyada por el esquileo de una fertilidad o de unos acuíferos formados durante milenios.
3. Al registrar sólo aquellos elementos físicos que son objeto de valoración monetaria, se hace abstracción de los otros elementos que intervienen en el proceso, ya sean como recursos naturales, no valorados, o como residuos que, por definición, carecen de valor.
4. Al practicar el hábito de razonar sobre una determinada lista de ingredientes, se tiende a olvidar que ésta no tiene por qué ser la única ni la más eficiente para obtener el producto deseado. Por ejemplo, un cultivo se puede hacer al aire libre o bajo diversos abrigos o invernaderos, sobre distintos tipos de suelo o sustrato, utilizando diferentes sistemas de riego, etc..
5. Al omitir el tiempo, como variable explícita, la versión clásica de la función de producción se acomoda mejor a representar los procesos industriales. Éstos utilizan los equipos de forma homogénea en el tiempo, poniendo *en línea* todos los eslabones de la cadena de producción. Ahora bien, las dificultades de representación se acentúan en aquellos procesos donde las

instalaciones se utilizan de forma parcial y escalonada, como ocurre con las labores agrarias a lo largo de la campaña.

Como aclaración al párrafo anterior, consideremos los procesos elementales, tomando un cultivo de cereal como una unidad de producción, se disponen en línea a medida que se llevan a cabo el arado del campo y el sembrado. El problema se presenta porque esta línea no puede continuar, indefinidamente, ya que existe un momento después del cual ninguna semilla sembrada proporcionará una buena planta. Para que todos los campos de cereal se cultiven, en su debido momento, los agricultores tienen que laborar sus campos en paralelo. Dado el corto espacio de tiempo, que se dispone para: arar, sembrar, escardar o cosechar, podemos suponer que en la práctica todos los procesos elementales se inician al mismo tiempo y la utilización de los medios de producción se realiza de forma escalonada. La anterior simplificación nos lleva a que la función de producción de un sistema agrícola es un funcional (relación entre un conjunto de funciones y una función)¹¹. Dos excepciones a que la función de producción de un sistema agrario es un funcional:

- a) Situémonos en un lugar donde el clima sea casi uniforme durante todo el año, sería posible ver todas las operaciones relacionadas con el cultivo del arroz (arado, siembra, escarda, cosecha) realizándose al mismo tiempo en distintos campos. En un lugar como éste nada se opone al cultivo de arroz, mediante procesos elementales dispuestos en línea.
- b) Pensemos en un invernadero¹², con el suficiente control del su microclima, o en la producción de pollos en los países desarrollados.

11. Georgescu-Roegen, N. 1969. *Process in farming versus process in manufacturing: a problem of balance development*. U. Papi y Ch. Nunn, eds.. *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*. Londres: Macmillan y Nueva York: St. Martin's Press. 497-528. Reed, en 1976. *Energy and economic myths. Institutional and analytical essays*. Nueva York, Pergamon: XXVIII + 380pp.

12. Excluimos los invernaderos artesanales y, todos aquellos que condicionan su microclima de forma pasiva, ya que en ambos los ciclos de cultivo están condicionados por la climatología del lugar, en primer lugar, y por condicionantes, de mercado en segundo lugar.

En ambos casos, la producción de plantas o de pollos no tiene porqué realizarse en paralelo, como en el sistema dictado por la naturaleza. La cosecha de, frutos o plantas, o de pollos puede estar lista en cualquier época del año.

Para razonar sobre el balance completo de materiales, hay que establecer un *catálogo de posibles recetas* con todos sus "ingredientes" y sus resultados, incluidos los residuos. Hay que advertir que la representación de este *catálogo* escapa a la *función punto* antes mencionada, para dar lugar a, lo que en matemáticas se denomina, un *funcional* (cuya expresión geométrica habría que buscarla en otros espacios abstractos distintos del euclidiano). La representación del proceso de producción viene así dada por una colección de *funciones punto*, que configuran la *ecuación funcional* arriba mencionada y por una colección de vectores de cantidades (ampliados a lo no monetizable) en vez de por un sólo vector.

En el caso de la agricultura, la carencia de datos concretos sobre el funcionamiento físico de los procesos de producción, ha dificultado sistemáticamente la aplicación de enfoques analíticos que vayan más allá de las versiones restringidas del balance y de la función de producción. En efecto, la información física disponible se limita, por lo común, a aquellos *insumos* y producciones que son objeto de transacción mercantil, permaneciendo en la sombra el resto de los procesos. Los sistemas agrarios aparecen así como una especie de *caja negra* en la que se introducen *insumos* monetizables y se obtiene sin saber muy bien cómo, un producto vendible. El enjuiciamiento de la eficiencia técnico-económica y de la incidencia ambiental de los procesos de producción, no sólo exige aplicar el instrumental analítico adecuado, sino disponer de información solvente sobre el funcionamiento de los mismos.

V. ANÁLISIS FÍSICO DE LOS PROCESOS

El análisis económico de los procesos del mundo físico se apoyará en las enseñanzas de la Termodinámica. Dentro de los procesos físicos, en general, vamos a referirnos a aquel subconjunto particular de procesos llamados económicos, que se caracterizan porque el hombre les infunde un propósito productivo¹³.

Aclaremos determinados aspectos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica, o Ley de la Conservación de la Energía. La primera pregunta que nos podemos hacer es, la de si la energía se conserva, ¿cómo un tronco de leña se puede quemar una sola vez? La respuesta está en que éste se destruye en forma de calor y calienta la atmósfera, conservándose la cantidad pero no la calidad. Si la energía se degrada y su cantidad se conserva, se debe al hecho de que hay una gradación en su calidad. Por ejemplo, al atornillar un tornillo éste se calienta y con el calor generado no es posible que podamos desatornillarlo y que la pared vuelva a su estado inicial. Hemos intercambiado energía mecánica por energía térmica. Además, al cabo de un rato el tornillo se habrá enfriado contribuyendo a calentar el ambiente. Pero para atornillar hemos tenido que comer antes. Al final hemos convertido la energía química de los alimentos también en: calentar el ambiente, un clavo puesto en la pared y residuos¹⁴. El autor citado propone el siguiente ejemplo con el fin de aclarar las ideas:

¿Cuántos elefantes de 5.000kg cada uno podríamos elevar a 5m de altura con la energía que suministra un yogur de 120 kcal?

Solución:

N° de elefantes = energía yogur/ energía potencial por elefante

Energía potencial por elefante = $mgh = 5.000 \times 9,8 \times 5 = 245 \times 10^3 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 245 \text{ kJ}$

Energía del yogur = $120 \text{ kcal} \times 4,18 \text{ kJ/kcal} = 501,6 \text{ kJ}$

13. Valero, A. 1993. *La termotecnia: ¿Una economía de los recursos naturales?*. Naredo, J. M. y Parra, F. eds.. Hacia una ciencia de los recursos naturales. Madrid: Siglo XXI: 57-58.

14. Valero, A. 1999. *Y en los principios fue la termodinámica*. En: Desarrollo económico y deterioro ecológico. J.M. Naredo y A. Valero (dirs.). Fundación Argentaria-Visor dis., s.a..

$N^{\circ} \text{ elefantes} = 501,2/245 \cong 2 \text{ elefantes}$

Es evidente que si una vez arriba los elefantes, los soltamos, no podremos fabricar el yogur con la energía disipada.

Los cuerpos tienden a disipar irreversiblemente su energía en forma de calor, a la más baja temperatura que les rodea, generando siempre entropía que será tanto más cuanto mayor haya sido la degradación de la calidad energética. Los combustibles fósiles, los alimentos y la biosfera, en general, son sustancias de baja entropía química cuya degradación convertirá su energía en calor que se disipará a los cuatro vientos. Todas las manifestaciones de energía (química, potencial, cinética y térmica) se pueden transformar entre sí mediante procesos naturales o artificiales. Estas transformaciones producen fricciones, mezclas o disipaciones térmicas que terminan provocando aumentos entrópicos.

Todo proceso económico conlleva una entrada de recursos, una salida de productos (deseada) y una salida de residuos (indeseada), todas ellas medibles. Así, podemos medir en unidades energéticas los requerimientos de recursos (**F**), las salidas de productos (**P**) y la salida de residuos (**R**), y representar el proceso mediante la siguiente expresión:

$$F = P + R$$

Recordemos que el Primer Principio de la Termodinámica, o Ley de la Conservación de la Energía, se traduce, para lo que ahora nos preocupa, en que la energía útil contenida en los recursos ha de transformarse íntegramente en uno de los dos componentes indicados: productos o residuos. A su vez, el Segundo Principio de la Termodinámica, o Ley de la Entropía, indica que la transformación de recursos en productos siempre ha de entrañar la pérdida de parte de la energía inicialmente utilizable en forma de recurso. Es decir, que en todo proceso productivo el cambio cualitativo deseado (por ejemplo, de energía térmica en eléctrica o en mecánica) se ha de saldar globalmente con una pérdida del recurso disponible. Por todo ello, es siempre $F > P$, o también $R > 0$ (**F** sería la energía empleada en forma de recurso para provocar el cambio de calidad deseado que se plasma en la obtención de **P** y de pérdida irreversible

R, que puede adoptar la forma de pérdidas de calidad interna del sistema y de residuos emitidos al exterior del mismo).

Los principios enunciados gobiernan el funcionamiento de todos los procesos materiales, alcanzando a sus dimensiones físicas, químicas y biológicas. Su campo de aplicación va más allá de los sistemas que, de ordinario, se relacionan con las manifestaciones más conocidas de la energía (y con los productos llamados "energéticos") para regir también los movimientos de materiales, con sus correspondientes cambios de estado y calidad, que operan en la biosfera y, por ende, en los sistemas agrarios. Lo anterior no quiere decir que la Termodinámica debe eclipsar o sustituir a esa otra economía de la Naturaleza que es la Ecología y, en general, a las otras ramas del conocimiento que son de utilidad para orientar la gestión de los sistemas agrarios; pero sí que, en el enjuiciamiento de los sistemas agrarios, especialmente los artificiales, como son los de invernadero, el aparato conceptual de la Termodinámica resulta de más utilidad que aquellos de la ecología o, pongamos por caso, de la Edafología. Así, la "sostenibilidad" de los sistemas de agricultura con suelos artificiales no viene condicionada por el suelo ni estudiada por las ciencias que se ocupan de él, sino por la salud de los acuíferos de los que se nutren y a los que envían los lixiviados.

El enfoque esbozado en los párrafos anteriores permite enjuiciar la economía de los procesos. A tal efecto, se cuantifica su *rendimiento* mediante la relación P/F , ésta indica las unidades de producto por unidad de recurso empleado. Su inversa F/P , es su *coste* físico unitario que muestra las unidades de recursos requeridas para la obtención de una unidad de producto. Los *residuos* generados (**R**) son siempre el resultado del uso que se haga de los *recursos*, pues aumentan en razón directa a la ineficiencia, es decir, al coste físico de los procesos. Por ello, resulta poco consistente la pretensión de controlar los residuos sin preocuparse de mejorar los procesos. La utilización de relaciones de *rendimiento* o de *coste* unitario deben complementarse con las de pérdidas o de residuos R/P , como relaciones de *contaminación*.

Hay que subrayar que, muchas veces, la mejora del rendimiento de un proceso descansa en la posibilidad de sacar fuera del mismo parte de los *costes* y su correspondiente irreversibilidad. Por ejemplo, se puede mejorar el rendimiento y reducir la contaminación de una máquina de vapor utilizando en su lugar un motor eléctrico, con sólo desplazar la mayor parte del coste y de la contaminación a la central térmica de carbón que facilita la electricidad, cuando con la máquina de vapor era innecesario el proceso previo de obtención de electricidad. Evidentemente, sería engañoso limitarnos a apreciar el mayor rendimiento del motor eléctrico, haciendo abstracción del resto de los procesos implicados. Al cálculo del rendimiento y del coste parcial de cada proceso hay que añadir, al menos, en ambos casos el del rendimiento global en la conversión de carbón en energía mecánica, directamente en el primer caso, y pasando por la obtención previa de electricidad en el segundo. Conviene llamar la atención sobre este punto ya que el análisis económico, comúnmente realizado desde la óptica de la empresa, busca mejorar el rendimiento reduciendo los costes parciales de los procesos que transcurren en el seno de la misma, haciendo abstracción del resto. A lo anterior se añade que la gestión de la empresa se orienta, en última instancia, por la rentabilidad monetaria y no por el rendimiento físico. El análisis monetario no valora la función realizada por la naturaleza como proveedora de recursos naturales, cuya obtención por la industria humana tendría un coste físico y monetario evidente. Tampoco se valora su función como planta de reciclaje o dilución de residuos artificiales. Por todo ello, nos encontramos con que la empresa es una máquina potentísima de generar *externalidades* negativas. A lo que hay que añadir otras instancias administrativas que buscan salvaguardar el ambiente de determinadas áreas geográficas sin tener en cuenta las restantes. Por ejemplo, una eliminación local de desechos de centrales nucleares cuando éstos son transportados, para su almacenamiento, a un lugar distante de donde se originaron.

El enfoque termodinámico permite llevar el objeto de estudio más allá del valor y de la rentabilidad parcial de cada uno de los procesos. El objetivo debe ser abarcarlos en toda su globalidad física, con independencia de que sean o no

objeto de valoración monetaria. De esta forma, sus rendimientos y sus costes físicos no se verán afectados por las contingencias de la valoración monetaria, que es dependiente de: el marco institucional, la distribución de la renta y la subjetividad de los agentes económicos. Se pueden apreciar así las posibles contradicciones entre rentabilidad monetaria y rendimiento en términos físicos. Pudiendo detectar si la valoración monetaria prima, en un instante dado, la puesta en marcha de procesos físicamente ineficientes, costosos y contaminantes. El interés es evidente ya que permite orientar los retoques necesarios, en el marco institucional, para evitar que tal cosa ocurra.

VI. ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS PROCESOS

A diferencia del análisis del rendimiento físico, de los procesos productivos, el de su rentabilidad se encuentra plenamente formalizado desde hace tiempo. Sus fundamentos e instrumentos aparecen expuestos en multitud de manuales de economía de la empresa¹⁵ a la vez que la obtención de los indicadores básicos de rentabilidad son una opción normal para el usuario en los habituales programas de cálculo.

La puesta en marcha de un proceso productivo presupone la *inversión* de un capital monetario (**K**), con el propósito de obtener unos *ingresos netos* o *flujos netos de caja* anuales (**R₁; R₂;...R_n**), durante el periodo de (**n**) años de vida útil de las instalaciones. Estos datos permiten analizar la *rentabilidad* del proyecto a partir de varios criterios consistentes en comparar los *flujos de caja* con la *inversión* requerida para obtenerlos, a fin de comprobar si aquellos compensan o no suficientemente el desembolso de ésta. El primer problema que plantea tal comparación viene dado por el desfase temporal entre el desembolso en la

15. Romero, C. 1992. *Normas prácticas para la evaluación financiera de inversiones agrarias*. Madrid. Ed. Munidi-Prensa, Banco de Crédito Agrícola. 119pp.
 Ceña, F. y C. Romero. 1989. *Evaluación Económica y Financiera de Inversiones Agrarias*. Madrid. Ed. Munidi-Prensa, Banco de Crédito Agrícola. 352pp.
 Casley, D. y K. Kumar. 1990. *Seguimiento y evaluación de proyectos en agricultura*. Madrid. Ed. Munidi-Prensa, Banco de Crédito Agrícola. 352pp.

inversión y la obtención escalonada de los ingresos, que otorga un carácter heterogéneo a las unidades monetarias en que se cifran estos flujos. Este problema se resuelve aceptando como algo axiomático que todo inversor prefieren los flujos monetarios presentes a los futuros. Al reflejar esa inclinación en el tipo de interés de mercado en tanto por uno (i), se supone que cualquier inversor preferirá percibir Q pesetas en el presente a hacerlo dentro de tres años, ya que podría colocarlas a interés compuesto durante esos tres años y obtener $Q(1+i)^3$ pesetas. O también, que podría obtener Q pesetas dentro de tres años colocando hoy $Q/(1+i)^3$ pesetas a interés compuesto. Por lo tanto para actualizar los flujos de caja, que se esperan obtener a lo largo de la vida del proyecto, basta con dividirlos por $(1+i)^j$, siendo j el año correspondiente a cada flujo.

Los dos indicadores más utilizados para enjuiciar la rentabilidad financiera de los proyectos de inversión son: El *Valor Actual Neto (VAN)* y la *Tasa Interna de Rendimiento (TIR)*.

El **VAN** es el resultado de restar a la suma de los *ingresos netos* o *flujos de caja*, convenientemente actualizados, el importe de la *inversión*.

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

Un **VAN** positivo indica que el proyecto es financieramente viable, ya que es capaz de retribuir el dinero invertido K algo mejor de lo que lo haría el tipo de interés considerado. Si el **VAN** es negativo, el proyecto se estima financieramente poco recomendable, habida cuenta que no es capaz de retribuir la inversión ni siquiera como lo haría el tipo de interés.

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* ($VAN = 0$).

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

La **TIR** viene a ser el tipo de interés al que podría retribuir el proyecto el dinero invertido en el mismo. En consecuencia, si la **TIR** (λ) es superior al tipo de mercado (i), podemos considerar financieramente viable el proyecto. Evidentemente, cuanto mayor sean la **TIR** y el **VAN**, más atractivo financieramente se presenta el proyecto.

Estos flujos monetarios no tienen en cuenta los impactos negativos que sobre el ambiente ocasionan los residuos vertidos y los recursos utilizados, que pueden dar al traste con el propio sistema de producción. Los métodos de valoración de las externalidades han dado lugar a un importante volumen de literatura en el campo de la llamada *Economía Ambiental*, pues tales métodos son la llave que abre, a objetos físicos y territoriales que carecían de valor, la puerta de entrada al campo de la economía usual, para que esta pueda incluirlos en su análisis coste-beneficio¹⁶. Estos métodos se pueden dividir entre los que se basan en el sentir de las poblaciones, expresado bien directamente bien a través de sus comportamientos o apreciaciones indirectas, y los que se apoyan en el coste de reparación o reposición de los deterioros ocasionados. Los primeros vienen condicionados por la subjetividad y la renta de las personas, los segundos, por el sistema de precios vigente, que a su vez depende del marco institucional, de la distribución de la renta, etc.. En los países en los que, como ocurre en EEUU, hay más experiencia histórica de litigios sobre estos temas, los tribunales suelen atenerse más al coste de reposición o restauración para estimar el importe de las indemnizaciones de los daños ambientales, por considerarlo más objetivo¹⁷.

A título de ejemplo, en el caso de la agricultura de regadío, próxima al mar, que utiliza agua de acuíferos, este recurso se podría valorar recurriendo al coste de desalación y bombeo del agua salada, que deberían sufragar los agricultores

16. Azqueta, D. 1994. *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid: McGraw-Hill. 299pp.
Reira, P. 1994. *Manual de valoración contingente*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, Mº de Economía y Hacienda. 188pp.

17. Eberle, W. D. y F. G. Hayden. 1991. *Crítica de la valoración contingente y del coste del viaje como métodos para la evaluación de los recursos naturales y de los ecosistemas*. Journal of Economic Issues. Vol. XXV, nº. 3, setiembre, 1991.

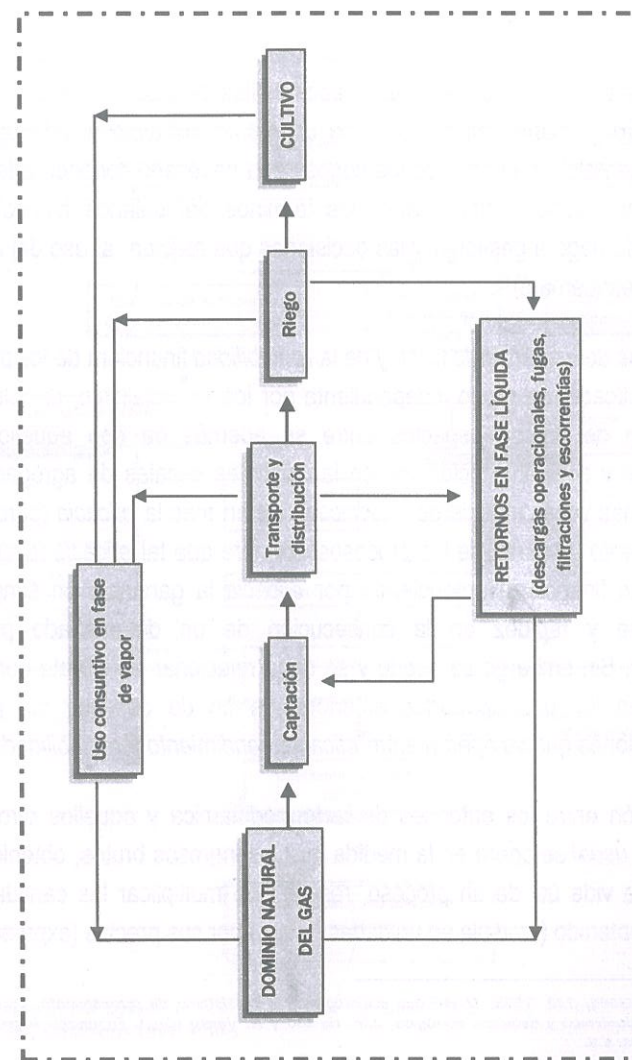
una vez deteriorados los acuíferos por sobreexplotación, contaminación e intrusión marina. En el caso de los sistemas de cultivo en enarenado y en sustrato, como veremos, hay que considerar los costes de traslado a vertedero, compactación y tratamiento de los sustratos, además de, consideraciones sobre la incidencia territorial del sistema, atendiendo a las actividades extractivas que requiere su implantación (arena y tierra en el caso del enarenado y rocas volcánicas en los sustratos).

VII. APLICACIÓN DE UN ENFOQUE GLOBAL PARA ANALIZAR LOS PROCESOS

Aquí trataremos sobre la integración de los impactos físicos y de la rentabilidad monetaria en el marco territorial e institucional que los condicionan. Los dos apartados precedentes ilustran sobre los enfoques diferentes que informan sobre la gestión en el mundo físico y financiero.

Parece evidente, como ya se ha expuesto, que la lógica coste-beneficio nos lleve a la necesidad de valorar los bienes "libres". Esta valoración se puede realizar implantando la propiedad y el mercado o imputando valores teóricos apoyados en "coste de oportunidad", "precios sombra" u otros. Pero la naturaleza física de los recursos naturales y la lógica de los sistemas que lo envuelven, deberían llevar el análisis desde la escasez objetiva y la renovabilidad de los recursos empleados, hasta la nocividad y reciclaje de los residuos. El enfoque global debe considerar las informaciones físicas, monetarias y socioeconómicas, como requisitos, que informen el marco institucional. Por ejemplo, para orientar de modo eficiente la gestión del agua en un territorio, se precisaría conocer: el ciclo del agua, usos, habitantes, etc.. Así las funciones de almacenamiento, transporte y distribución de las dotaciones de agua para riego; las de riego propiamente dicho; y las de avenamiento del agua sobrante, se integran en un ciclo que puede contribuir al mejor entendimiento del uso racional del agua de riego (ver esquema 5).

Esquema 5
Términos del balance hídrico de los sistemas de riego



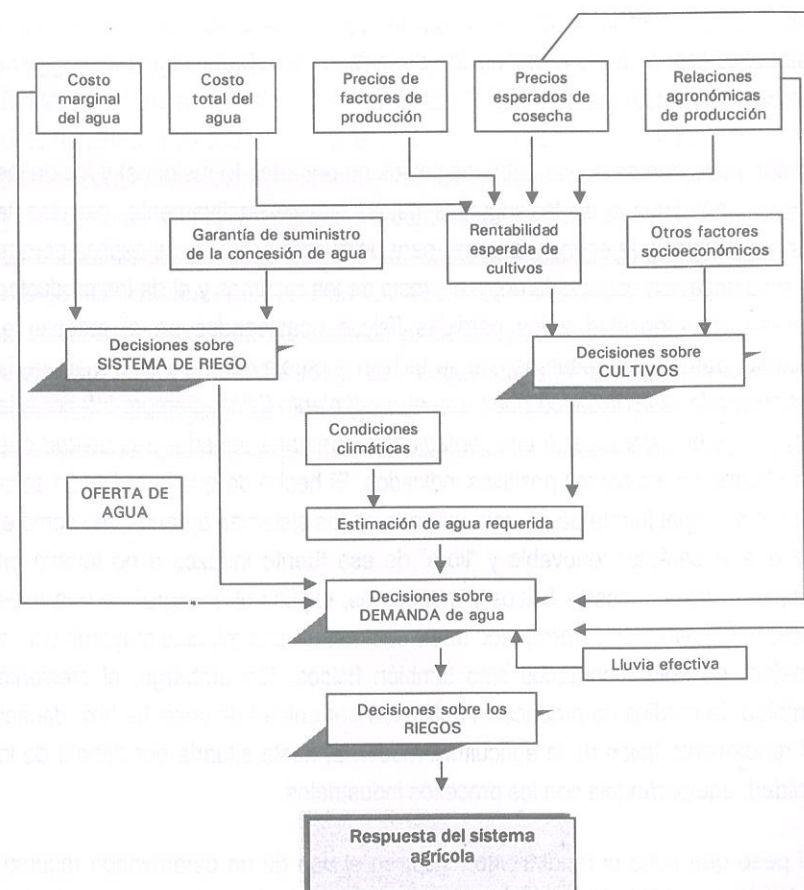
Fuente: Losada, 1999.

Todo ello permitiría realizar recomendaciones sobre: derechos de propiedad y normativa de uso, que afectarán a la venta o facturación, precios, tasas, cánones o multas que se deban cobrar por el uso y deterioro del recurso. Este enfoque promovería la reflexión interactiva entre los cambios del marco institucional y, su influencia sobre las funciones de oferta y demanda de agua, consustanciales, a su vez, a determinados estilos de vida y usos del territorio, cuyo control y mantenimiento reclama un marco institucional adecuado¹⁸. A título de ejemplo, en el caso de los riegos sería necesario conocer, además de los aspectos socio institucionales, los términos del balance hídrico de los sistemas de riego a gestionar y las decisiones que afectan al uso del agua de riego (ver esquema 6)¹⁹.

Los análisis del *rendimiento* físico y de la *rentabilidad* financiera de los procesos suele practicarse de modo independiente por los especialistas, dificultando la integración de ambos aspectos entre sí, además de con aquellos otros territoriales y socio-institucionales en las distintas escalas de agregación. Es más, muchas veces ingenieros y técnicos buscan más la *eficacia* (parcial) que el *rendimiento* (general) de los procesos, siempre que tal *eficacia* favorezca la *rentabilidad* financiera (entendiendo por *eficacia* la ganancia en simplicidad, certidumbre y rapidez en la consecución de un determinado propósito inmediato). Sin embargo se puede y se debe relacionar el aparato conceptual descrito en los dos apartados anteriores, a fin de desvelar las posibles contradicciones que se operan entre *eficacia*, *rendimiento* y *rentabilidad*.

La conexión entre los enfoques de la termodinámica y aquellos otros de la economía *usual* se opera en la medida que los ingresos brutos, obtenidos a lo largo de la vida útil de un proceso, resultan de multiplicar las cantidades de producto obtenido (medible en unidades físicas) por sus precios (expresados en

Esquema 6
Decisiones que afectan al uso del agua de riego*



18. Naredo, J.M. 1999. *El enfoque ecointegrador y su sistema de razonamiento*. En: Desarrollo económico y deterioro ecológico. J.M. Naredo y A. Valero (dirs.). Fundación Argentaria-Visor dis. s.a.

19. Losada, A. 1999. *La aplicación racional del agua de riego*. V FTITECH, Jornadas sobre Platicultura, 13, 14 de Octubre de 1999 (Valencia-España). CEPLA-IBERFLORA.EUROAGRO. En www.cepla.com.

* Adaptado por Losada (1999) de Small, E. y I. Carruthers, 1991. *Farmer-financed irrigation*. Cmbidge Univ. Press.

unidades monetarias) y en que los gastos resultan de multiplicar las cantidades físicas de recursos utilizadas por sus precios²⁰. La condición necesaria, aunque no suficiente, para que el proceso sea financieramente rentable es la de que los ingresos excedan a los gastos de funcionamiento. La diferencia entre ingresos y gastos debe arrojar así un saldo positivo, denominado en economía *valor añadido* que minorado de otros gastos ajenos a la cantidad de recursos utilizados (por ejemplo la retribución de la mano de obra), origina los *ingresos netos* o *flujos netos* de caja (R).

El contraste que se acusa entre los saldos de pérdidas (o residuos) y los de los valores añadidos o de los ingresos netos, que respectivamente, calculan la termodinámica y la economía *usual*, para un mismo proceso, se explica porque la revalorización observada entre el precio de los recursos y el de los productos supera en intensidad a las pérdidas físicas ocasionadas en el proceso e, incluso, porque hay recursos que se utilizan a precio cero. De esta manera, la mencionada revalorización hace que el *rendimiento* físico, siempre inferior a la unidad, pueda dar lugar a una *rentabilidad* monetaria superior a la unidad que se plasma en los saldos positivos indicados. El hecho de que la radiación solar sea la principal fuente de energía utilizada en los sistemas agrarios, así como el de que el carácter renovable y "libre" de esa fuente induzca a no tenerla en cuenta entre sus costes físicos y monetarios, explica el "milagro" de que tales sistemas hayan venido arrojando tradicionalmente rendimientos mayores que la unidad, no sólo monetarios sino también físicos. Sin embargo, el creciente empleo de medios de producción aplicados por unidad de cosecha hizo decaer el rendimiento físico de la agricultura moderna, hasta situarla por debajo de la unidad, equiparándola con los procesos industriales.

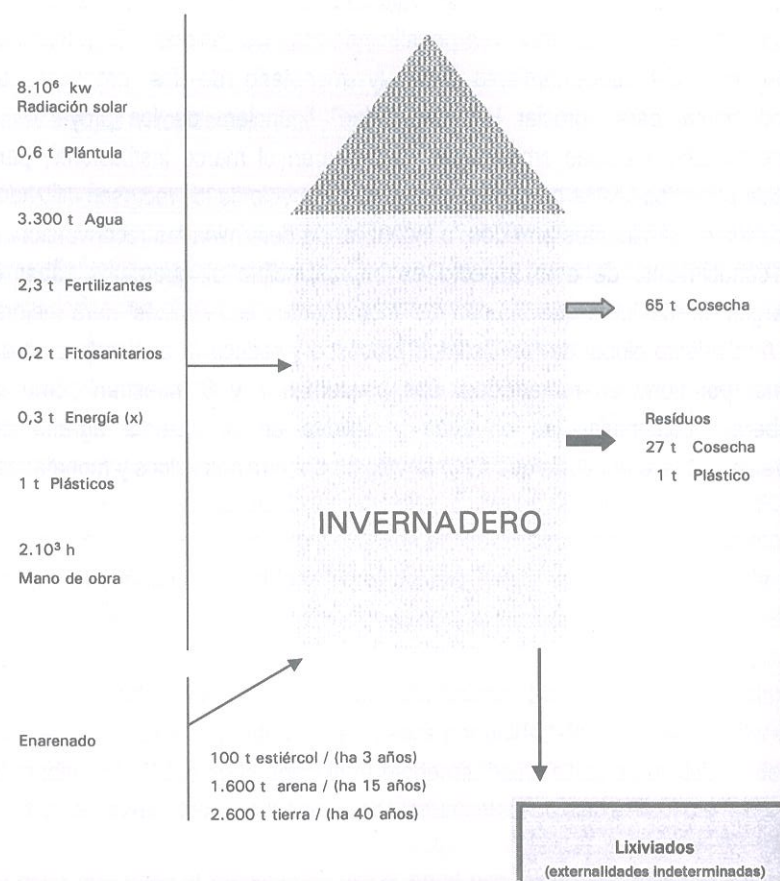
El peso que tiene el rendimiento físico, en el uso de un determinado recurso, sobre la *rentabilidad* financiera del proceso depende de cual sea su precio. Así, su mantenimiento ha podido compatibilizarse con la pérdida de rendimiento

global de los insumos, que han venido experimentando los sistemas agrarios a medida que aumentaba su aplicación, gracias a la escasa valoración relativa de éstos. Las mayores preocupaciones "ambientales" invierten ahora este proceso, desplazando la atención sobre la eficiencia y la contaminación de los procesos. Para ello se le da más peso en la evaluación financiera de los proyectos, ora valorando más los recursos, ora penalizando más los residuos. El tratamiento integrado, del funcionamiento físico y monetario de los procesos, es fundamental para apreciar la "sensibilidad" financiera de los proyectos a determinadas medidas ambientales, que alteren el marco institucional, para incidir sobre los costes monetarios, elevando el precio de los recursos utilizados y de los contaminantes emitidos, o incentivando determinadas reconversiones. El conocimiento de este aspecto es imprescindible si queremos saber el margen de maniobra que ofrecen los "instrumentos económicos" para mejorar el *rendimiento* global de los distintos procesos y reducir la contaminación sin echar por tierra su rentabilidad. Los esquemas 7 y 8 muestran cómo se deberían contemplar las entradas y salidas en el sistema agrario del invernadero al que habría que asignar valores en términos físicos y monetarios.

20. Naredo, J. M. y A. Valero. 1989. *Sobre la conexión entre termodinámica y economía convencional*. Información Comercial Española. Junio-julio: 7-16.

Esquema 7

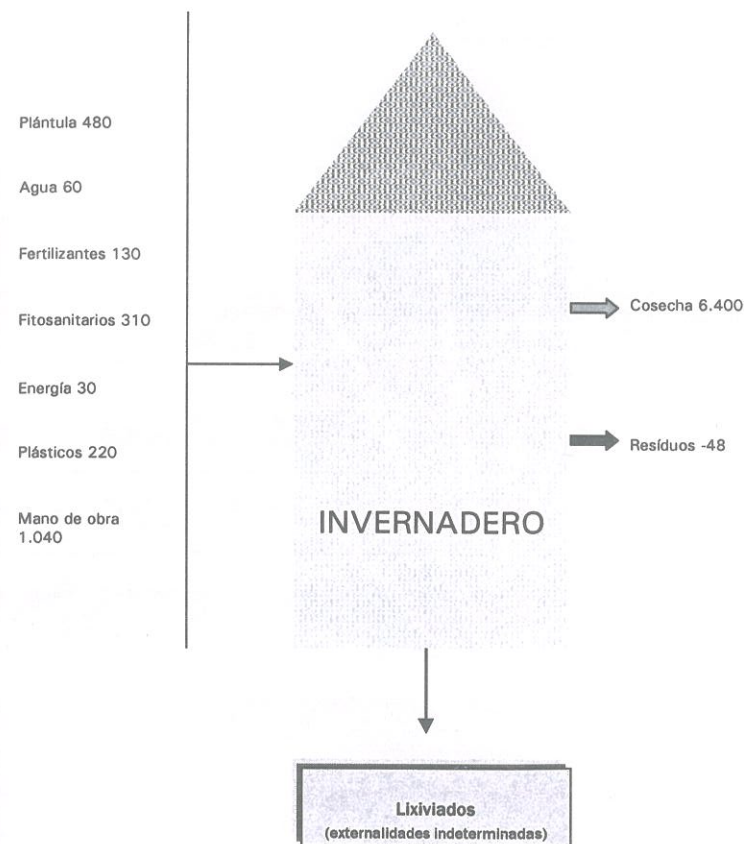
Entradas y Salidas en términos físicos en un cultivo de pimiento en invernadero (1 ha.)



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

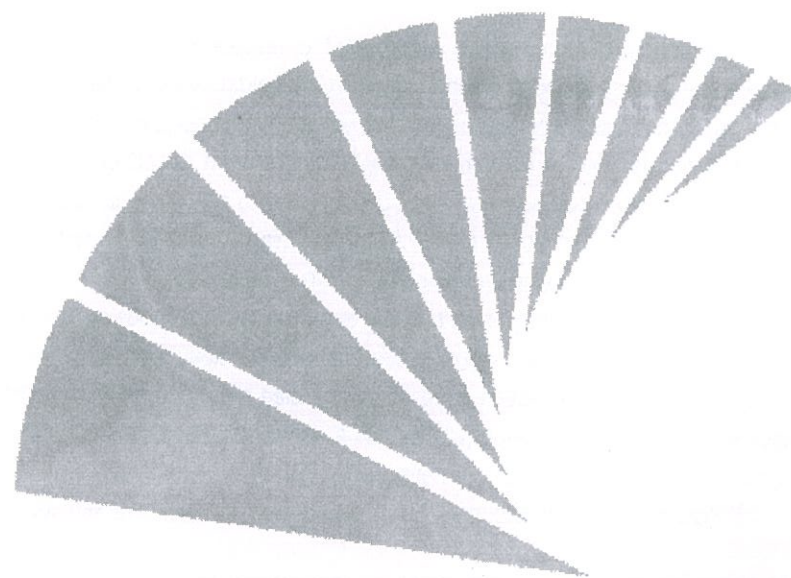
Esquema 8

**Balance monetario de 1 ha de invernadero con cultivo de pimiento
Campaña 1994/1995 (cifras en 10³ pta.)**



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Capítulo II



Problemática ambiental del sistema de cultivo en el sureste español

I. EL SISTEMA DE CULTIVO FORZADO

El concepto de agricultura ha sido tradicionalmente entendido como propio de actividades muy dependientes del medio físico natural. No debe, pues, extrañar que la prosperidad agrícola de una zona fuera concebida como algo consustancial con circunstancias favorables de suelo, clima y agua. La condición desfavorable de alguno de estos factores limitaría el potencial de diversas prácticas agrarias, hasta el punto de que éstas lleguen a perder su interés económico.

La técnica de producción o forzado de cultivos consigue modificar, total o parcialmente, las variables ambientales haciendo que los cultivos se desarrollen con cierta independencia de los factores climáticos. Esta técnica empezó a practicarse desde muy antiguo. La posibilidad de realizar el cultivo mediante abrigos transparentes era conocida por los romanos que observaron como *ellos admiten el sol y el día sin sol (luz)*²². Los pepinos que el Emperador Tiberio necesitó comer diariamente por prescripción médica *se cultivaban en macetas apoyadas sobre ruedas, para que pudieran transportarse al sol fácilmente y en días invernales pudieran ser retirados a abrigos transparentes*²³. La siguiente frase muestra como, en esta época, se puso el acento crítico en esta forma de cultivo *¿no están en contra de la Naturaleza, aquellos que desean una rosa en invierno, mediante vapor de agua caliente y una oportuna modificación del ambiente, al cultivar en periodo de invierno aquella flor de primavera?*²⁴.

La implantación del invernadero coincide con la utilización del vidrio en la construcción. Así en el s. XV, coincidiendo con el fervor económico y cultural en Europa, aparecen las *orangeries* en Francia. En ellas se cultivaban especies de otras latitudes, en especial naranjas y limones, por sus propiedades medicinales. A partir del s. XVIII, la nobleza y las casas reinantes se interesaron

22. Martialis, M.V. 93 AD. *Epigrami*. Liber VIII. Ep. 14.

23. Plinio, S.G. 77 AD. *Naturalis historia*. Liber XIX: 19,4 y 23,5.

24. Séneca, L. A. 63 AD. *Epistula morales ad lucilium*. Liber XIX: Ep. 13.

por estas construcciones, utilizándolas para el cultivo de plantas exóticas recogidas en lugares lejanos. El empleo generalizado del vidrio y su adaptación como material de cerramiento en invernaderos permitió su construcción a gran escala, sobre todo, por parte de viveristas y cultivadores de planta ornamental. El exponente más importante de esta técnica de cultivo se tiene en Holanda donde en 1904 había 30ha y casi 7.000ha en 1970²⁵. Sin embargo, el alto coste de estos invernaderos, consecuencia de la especial estructura para soportar el peso del cristal y por el precio de éste, no ayudó a la rápida extensión de esta tecnología.

La crisis del petróleo del año 1973 impuso la realización de investigaciones agrarias encaminadas a disminuir la cantidad de energía consumida por unidad producida. Se consiguieron en esta época materiales de cerramiento muy ligeros, de gran transmisividad a la radiación solar y con buen efecto termoaislante a las radiaciones de onda larga. Con la introducción de los plásticos flexibles surge la rápida expansión de los invernaderos. A la par que en los distintos países del mundo se desarrollaban las industrias de materiales plásticos, la evolución de la superficie cultivada bajo película de dicho material aumentó considerablemente. La revolución que está suponiendo el desarrollo de materiales plásticos y su aplicación a la agricultura está propiciando un profundo cambio en la concepción de las prácticas agrarias. Estos materiales, además de alterar las condiciones ambientales de cultivo: acolchados, pequeños túneles, mallas de protección, cerramiento de invernaderos, etc.; intervienen en la mejora y manejo del agua: redes de distribución, depósitos reguladores, sistemas de riego, etc.

Las principales aplicaciones de los materiales plásticos en la aplicación de cultivos son²⁶:

25. Gómez-López, J.D. 1993. *Cultivos de invernadero en la fachada sureste Peninsular ante el ingreso el la C.E.*. Mº. de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica.
26. Papasei, P., J. Badiola y E. Armengol. 1997. *Los plásticos y la agricultura*. Ed. De Horticultura, S.L.

El acolchado. El cuadro 2 muestra la superficie y la cantidad de plástico para esta aplicación. Consistente en la colocación de una lámina plástica traslúcida u opaca sobre el suelo. De esta manera se mejora las condiciones térmicas del sistema radical de la planta, se disminuye la evaporación desde el suelo y se evita la proliferación de malas hierbas. Últimamente se viene utilizando para realizar la desinfección del suelo, técnica conocida con el nombre de solarización.

Cuadro 2
Superficie (ha) y plástico (t) para acolchado en el mundo, en 1992

Zona	ha	t
Europa	300.000	75.000
África/Oriente Medio	10.000	2.500
América	200.000	50.000
Asia/Oceanía	3.500.000	350.000

Por países destaca China con 2.000.000 ha, Japón con 150.000 ha y Corea con 100.000 ha. España al igual que Francia tienen unas 70.000 ha cada una.

El pequeño túnel. Esta técnica se emplea para mejorar las condiciones de suelo en los aspectos relacionados con temperatura y humedad. Además modifica las condiciones ambientales del cultivo en sus primeras fases de desarrollo. Se estima que en 1992 había unas 230.000 ha, destacando China con 85.000 ha y Japón con 55.000 ha, en España hay unas 17.000 ha.

La cubierta directa. Se trata de una técnica más reciente, que está desplazando al pequeño túnel debido a su menor exigencia en mano de obra. La superficie ocupada en el mundo con esta aplicación, en 1992, era de unas 35.000 ha.

El invernadero. La superficie ocupada por invernaderos en el mundo aparece en el cuadro 3. Con la llegada de los materiales plásticos se constituyeron tres

grandes vías de evolución de esta tecnología, en función del grado de protección de los cultivos:

Cuadro 3

Superficie (ha), de invernaderos, cerrados con material flexible, en 1997

Europa occidental	100.000
Europa del Este	31.000
África	23.000
Oriente Medio	26.000
Oriente/Oceanía	285.000
América	22.000
Total	487.000

Fuente: Marco (2000).

- a) En primer lugar, continua con el invernadero tradicional de estructura y cubierta de material rígidos. Este invernadero incorpora perfeccionamientos en el esqueleto estructural, utilizándose acero inoxidable y aluminio en los herrajes, para recibir el material de cerramiento (vidrio o placa,...). Incluso se mejora el microclima dotándolo de medios activos para su control con sistemas de calefacción, ventilación, iluminación, inyección del anhídrido carbónico, gobernado por medios automáticos. Por lo general, este tipo de estructuras se utiliza en zonas frías o se construyen para el cultivo de plantas de alto valor o para investigación.
- b) En segundo lugar, en zonas templadas comienza la construcción de invernaderos que utilizan para su cerramiento materiales flexibles, no permanentes, lo que admite soportes estructurales más ligeros. Este tipo de construcción viene ayudado en su expansión por la crisis

energética y la concienciación de la limitación de los recursos naturales. Se abre aquí una nueva línea de evolución de invernaderos que representan, respecto a los de material de cerramiento rígido, mayores ventajas técnicas y económicas, derivadas de la flexibilidad de los materiales de cerramiento y de su menor peso, permitiendo unas estructuras más económicas. En algunos casos, para mejorar su microclima, se les dota de calefacción y de iluminación.

- c) En tercer lugar, la tecnología de invernaderos la constituyen unas estructuras de bajo coste de inversión, realizadas artesanalmente con materiales poco elaborados. Estos invernaderos se caracterizaban por mejorar su microclima de forma pasiva, actuando como captadores solares, con lo que consiguen aumentar la integral térmica en su interior.

Cuadro 4

Evolución de la superficie (ha) de invernaderos

Año	Holanda	España	Almería
1904	30	0	0
1927	2.025	0	0
1946	3.254	0	0
1968	6.946	546	30
1970	7.236	1.220	920
1975	7.906	4.400	2.975
1980	8.760	11.270	7.150
1985	8.973	18.680	11.850
1986	9.088	20.260	12.300
1987	9.210	26.160	13.200
1988	9.322	26.564	14.300
1990	9.769	28.100	16.500
1994	10.800	42.426	25.000
1997	11.200	46.000	30.000

La superficie cubierta por invernaderos, con cerramiento de material plástico flexible, en el mundo no ha dejado de aumentar en los últimos años, pasando de unas 100.000ha en 1980 a más de 485.000ha en 1997, éstos se concentran casi en un 50% en Asia y cerca del 25% en el área mediterránea²⁷.

Un ejemplo de desarrollo de esta tecnología de producción agraria tiene lugar en las Islas Canarias y en el sureste español, de manera particular en Almería, donde la superficie ocupada por este sistema de cultivo ha ido creciendo, año tras año, haciendo del suelo, de un área desértica, uno de los factores limitantes para el desarrollo del sistema (ver cuadro 4).

II. PRODUCCIÓN EN INVERNADERO

Como ya se ha comentado, la agricultura tradicional pone un énfasis en suelo, clima y agua. La presencia de condiciones desfavorables en alguno de estos factores limita el potencial de diversas prácticas agrarias convencionales, hasta el punto de que estas llegan a perder su interés económico. Es el caso de muchas zonas áridas y, en particular, de extensas áreas del sureste español²⁸. La mala calidad de suelos y la extrema escasez e irregularidad de lluvias, junto a los pocos recursos hídricos superficiales, así como vientos fuertes y frecuentes, determinan el difícil aprovechamiento agrícola de muchas de estas tierras, a pesar de que su medio natural también está condicionado por temperaturas relativamente suaves y por una insolación excelente. La dureza de las condiciones desfavorables enunciadas determina en esta región un cierto carácter desértico.

Un esfuerzo acumulado a lo largo de los siglos va permitiendo invertir el signo negativo del panorama descrito: convirtiendo algunas limitaciones en ventajas, ha desarrollado una agricultura poco convencional, sostenida por la aplicación de

27. Marco, I. 2000. Los plásticos como cubierta de invernaderos y túneles. *Plasticulture*, N° 119.
28. López-Gálvez, J. y A. Losada. 1998. Evolución de técnicas de riego en el sudeste de España. *Ingeniería del agua*, Vol. 5, N°3: 41-50.

agua y nutrientes a un medio en el que las condiciones naturales del sistema suelo-clima han sido parcialmente controladas. La clave del éxito reside en relacionar de modo apropiado el control del suelo (con cultivo enarenado), el control del agua y nutrientes (con riego por goteo) y el control del ambiente (con invernaderos de plástico 'tipo parral'). La espectacularidad del resultado justifica la inmodestia de asignar al conjunto de las técnicas aplicadas una categoría de tecnología nacional.

Los campos de cultivo se estructuran en unidades de riego protegidas bajo plástico. A este efecto, películas de plástico sostenidas por estructuras de alambre inspiradas en las utilizadas en los parrales (técnica de conducción del cultivo de uva de mesa) actúan como cubierta que mantiene un entorno cerrado, con su microclima parcialmente controlado. Se reduce en éste la evapotranspiración del cultivo, se limitan los daños del viento y se mejora ligeramente su régimen térmico. Esta técnica de cultivo empezó a realizarse el año 1963.

La inexistencia de suelo agrícola, en numerosas áreas del sureste español, ha obligado a implantarlo. Las técnicas de formación de suelo, artificial, son practicadas desde muy antiguo en diferentes lugares de la geografía española. Éstas se pueden encontrar en el sureste peninsular (enarenado), en la provincia de Cádiz (navazos) y en las Islas Canarias (sorribas y picón). En el caso del sistema agrario analizado, cuando se precisaba, el suelo se implantaba antes de la construcción del invernadero. La actual técnica de cultivo en sustrato da un paso más, al utilizar el suelo sólo como apoyo sobre el que se colocan los contenedores. Las características y descripción del enarenado y de los sustratos se pueden encontrar en el capítulo III epígrafe 1.

En cuanto al riego por goteo, este permite la aplicación de agua y nutrientes a pie de planta, con la frecuencia precisa. De esta manera, aunque el suelo sigue desempeñando las funciones de soporte mecánico del cultivo y de medio para el transporte de agua y nutrientes, pierde importancia como almacén de reserva de

estos. El empleo de sustratos pretende ir a un paso más allá, al promover cultivos que prescindan del suelo para cualquier función otra que la de apoyo.

III. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA AGRARIO E INDICADORES ECONÓMICOS

La evolución del sistema agrario del sureste español se puede resumir como sigue²⁹:

- a) Primera etapa (1970 a 1980), caracterizada por el afianzamiento de la técnica de producción. El cultivo se realiza sobre suelo enarenado, el riego es a pie, el armazón estructural es similar al que se realiza para tuturar la uva de mesa (de aquí la denominación de invernadero parral de Almería) y los materiales plásticos de cerramiento se sujetan a la estructura entre una doble malla de alambre que se puntea. El problema más importante fue el de la mala calidad de los materiales plásticos. La explotación era familiar y la superficie inferior a 1ha.
- b) Segunda etapa (1980 a 1990), en la que quizás la llegada de material vegetal de crecimiento indeterminado sea uno de los aspectos más destacables de este periodo, ya que obliga a dotar de mayor altura a los invernaderos. Los materiales plásticos de cerramiento mejoran considerablemente. La generalización de sistemas de riego por goteo, muy tecnificados, se produce en esta etapa. Empiezan a ponerse de manifiesto problemas de agua para riego.
- c) Tercera etapa (1990 a 1995), la mano de obra procedente de África facilita el paso de la explotación familiar a la empresarial, produciéndose un incremento notable de la dimensión productiva. La técnica de cultivo en sustrato con drenaje perdido (lana de roca, perlita

29. López-Gálvez y R. Marins Peil. 2000. La modernidad en el sistema de producción hortícola en el sudeste español. *Plasticulture*, N°. 119.

y otros) empieza a proliferar. La carencia de suelo, en determinadas zonas, hace que su precio suba, considerablemente, convirtiéndose en factor limitante.

- d) Etapa actual (1995 en adelante), en ésta han sido varios los factores que empujan al sistema a realizar innovaciones. Entre ellos, el alto precio del suelo que impulsa la necesidad de crecer en altura. El nuevo modelo de explotación empresarial conlleva nuevos modelos de gestión de la explotación, en especial en lo referente a la mano de obra. Los principales cambios se orientan al mejoramiento del ambiente del invernadero y del suelo con el empleo de sustratos. En esta etapa la mano de obra es fuente de gran conflictividad social.

A continuación se presentan datos sobre como ha evolucionado en las campañas 90/91³⁰, 93/94 y 98/99 los gastos de inversión (cuadro 5), las alternativas de cultivo y las de producción (cuadro 6), y las tasas internas de rendimiento (cuadro 7). La inversión requerida para poner en marcha el sistema de cultivo descrito, comparada con la campaña 90/91, fue casi un 37% superior en la campaña 93/94 y más de un 200% en la campaña 98/99. La tierra ha multiplicado por cuatro su precio, lo que ha supuesto que mientras que éste suponía el 25% del total de la inversión, en la primera campaña referenciada, en la última ha subido hasta el 45%. Los restantes conceptos o han mantenido su ponderación o han bajado respecto a la campaña 90/91.

El cuadro 6 da cuenta del entorno de valores en el que se mueven los rendimientos, los precios y los ingresos para los cultivos y las alternativas más corrientes de la zona. Las tres primeras filas corresponden a alternativas con dos ciclos de cultivo en la campaña y las dos siguientes a la opción de cultivo único que adoptan algunas explotaciones. Los rendimientos han mejorado, en el periodo de tiempo analizado en: tomate que ha subido más de un 20%, pimiento y calabacín con subidas de un 40%, manteniéndose en los restantes

30. Los datos de la campaña 90/91 proceden de Naredo, J. y J. López-Gálvez. 1992. Los cultivos bajo plástico en el área de Almería. *Actas XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura*. CEPLA. Granada (España).

cultivos. Por la parte de los ingresos se observa una mejora media de algo más del 10%.

Cuadro 5
Importe y destino de la inversión (ptas/m²)

Concepto	Campaña 90/91	Campaña 93/94	Campaña 98/99
Valor de la tierra	450	700	1800
Preparación del suelo y enarenado	570	585	700
Construcción invernadero	475	800	1000
Instalación de riego, almacén y otros	320	400	500
TOTAL	1815	2485	4000

Fuente: López-Gálvez y Salazar. Investigación en curso.

Cuadro 6
Producción (kg/m²), precios (ptas/kg) e ingresos (ptas/m²), de las principales alternativas de cultivo (campañas 90/91, 93/94 y 98/99)

Aternat.	Cultivos	Produ.	Precios	Ingresos	Produ.	Precios	Ingresos	Produ.	Precios	Ingresos
1	Pepino	8,5	53	450	8,5	66	561	8,5	74	629
	Judía	3,5	93	325	3,5	90	315	3,5	88	308
				775			879			937
2	Calabacín	3,5	93	325	6,0	70	420	6,0	72	432
	Melón	5,0	50	250	4,0	67	268	4,0	52	208
				575			688			640
3	Pimiento	3,5	114	399	4,4	118	519	5,0	104	520
	Sandía	6,5	35	227	5,0	44	220	6,0	28	168
				626			739			688
4	Berenjena	6,0	87	522	6,0	98	588	6,0	80	480
5	Tomate	7,0	75	525	7,2	70	504	8,8	70	616
Media				605						672

Fuente: López-Gálvez y Salazar. Investigación en curso.

El cuadro 7 resume los gastos de inversión, los gastos corrientes y los ingresos. Éste nos muestra cómo la rentabilidad financiera del sistema se ha venido abajo debido al incremento tan importante que ha supuesto los gastos de inversión, a consecuencia del valor tan elevado de la tierra y al escaso incremento que han tenido los ingresos.

Cuadro 7
Evolución de las tasas internas de rendimiento

Concepto	Campaña 90/91	Campaña 93/94	Campaña 98/99
Inversión	18.150.000	24.850.000	40.000.000
Gastos corrientes	2.920.000	3.410.000	4.250.000
Ingresos	6.050.000	7.000.000	6.720.000
TIR	16,5%	3,3%	2,1%

Notas: Las Tasas Internas de Rendimiento, para las campañas 1990/91; 1993/94 y 1998/99 se han obtenido considerando una vida útil de 20 años y una Tasa de Actualización del 15%, 12% y 4%, respectivamente, y es importante resaltar que en la campaña 90/91 el plazo de recuperación de la inversión se sitúa en 15 años, para la campaña 1993/94 y en la campaña 98/99 el plazo de recuperación supera la vida útil de la inversión, alcanzándose valores negativos para el valor actual neto (VAN).

Fuente: López-Gálvez y Salazar. Investigación en curso.

Las líneas que siguen exponen aspectos del agrosistema invernadero que muestran la evolución de la producción y las necesidades de mano de obra en Almería. La importancia de la mano de obra, en este sistema de cultivo, viene dada por su alta exigencia. Los gastos de mano de obra representan más del 40% del total de gastos variando bastante en función de las exigencias de los distintos cultivos. Otro aspecto a considerar es la diferente productividad de la mano de obra familiar frente a la asalariada. El cuadro 8 muestra la elevada productividad que alcanza la mano de obra familiar (40kg de pepino/hora de trabajo) frente a la asalariada (17kg de pepino/hora trabajada). La principal conclusión que podemos extraer es que la rentabilidad es muy sensible a la

productividad del trabajo y que esta sensibilidad decae en la medida que los salarios bajan.

Cuadro 8

Trabajo requerido por el cultivo de pepino en invernadero en dos explotaciones con trabajo familiar y una con trabajo asalariado

Explotación	h/m ²	kg de pepino / m ²	kg de pepino/h
Finca 1	0,21	7,96	37,5
Finca 2	0,19	8,06	43,4
Media	0,20	8,01	40,1
Finca 3	0,53	8,98	16,9

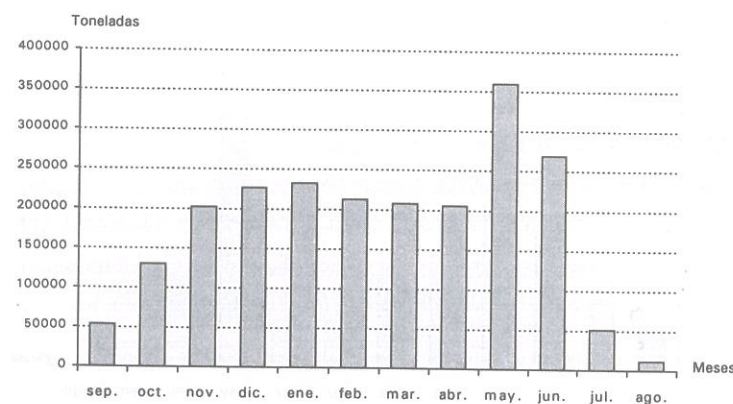
Nota. La finca 1 y 2 se llevan con trabajo familiar y la 3 con trabajo asalariado.

Fuente: López-Gálvez *et al.* 1993.

a) Producción hortofrutícola almeriense (campaña 1996/97)

Del gráfico nº 1, que muestra la evolución de la producción hortofrutícola en toneladas y meses, se desprende que las necesidades de mano de obra en el período que va desde julio a septiembre es mínima. Durante estos meses las labores culturales se limitan a operaciones puntuales, la mayoría de ellas encargadas a empresas de servicios, como son desinfección de suelos, reparaciones de invernaderos, etc. En los meses de octubre y noviembre van aumentando paulatinamente las necesidades de mano de obra, hasta llegar a los meses de diciembre y enero donde se alcanzan las máximas necesidades en los cultivos de otoño-invierno. En los meses de abril, mayo y junio las necesidades de mano de obra para los cultivos de primavera-verano son máximas.

Gráfico 1
Evolución de la producción hortofrutícola almeriense, campaña 1996/97



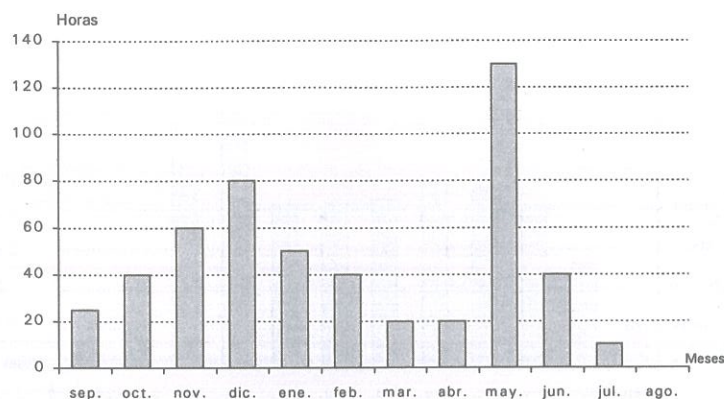
Fuente: López-Gálvez y Salazar. Investigación en curso.

b) Caso práctico de cálculo de necesidades de mano de obra en cultivo de pepino y judía

El gráfico nº 2 muestra la distribución de horas de trabajo en la producción de pepino, cultivado en el período septiembre-enero, y judía, en los meses de febrero a julio, los datos proceden de un trabajo experimental³¹. Dicho trabajo pone de manifiesto las dificultades, en disponibilidad de mano de obra, que traería consigo la coincidencia en preferencias de cultivo de grandes colectivos. Esta situación supondría que para el mes de mayo, caso de que todas las explotaciones de invernadero en Almería (30.000 ha) hicieran ese ciclo, una cantidad de jornales equivalente a unos 370.000 jornales diarios durante el mes de mayo lo que haría inviable este ciclo de cultivo.

31. López-Gálvez, J., J. Sánchez-Carreño, J. M. Naredo y N. Castilla. 1993. Análisis técnico económico de estructuras alternativas al invernadero de cubierta plana parral-Almería. Investigación Agraria: Producción y protección vegetales. MAPA.

Gráfico 2
Distribución de horas de trabajo en pepino y judía, campaña 1987/88



Fuente: López-Gálvez, *et al.* (1993).

c) Estimación de necesidades de mano de obra en cultivo de tomate

En el gráfico nº 3 se muestra una experiencia que se desarrolló en la zona norte de la pedanía de Balanegra en el término municipal de Berja (Almería), durante la campaña 1998-99³². La superficie de estudio era una hectárea, el transplante se realizó el 15/9/98 y el arranque para final de mayo de 1999. El tomate se cultivó dejando 8 frutos por inflorescencia para su comercialización en ramilletes. Los problemas que se suscitaron fueron los siguientes:

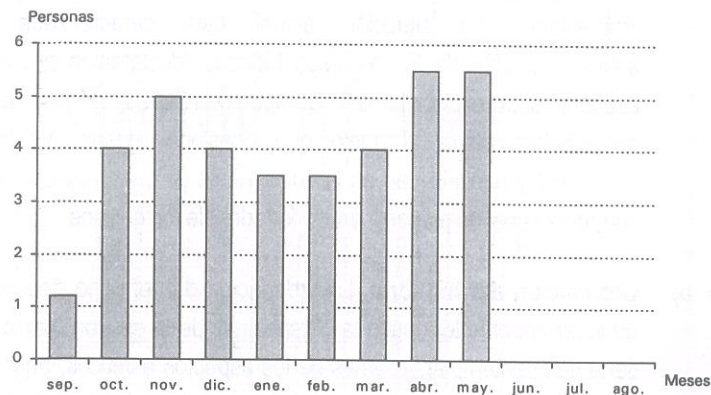
1. Dificultades en la gestión de la mano de obra, debido a la necesidad de despedir trabajadores durante algunos meses para pasar a contratarla en los meses siguientes. Si pensamos que la mano de obra existente está escasamente cualificada y que estos obreros al despedirlos son contratados en otras zonas, con lo que difícilmente regresarán a la

32. López-Gálvez, J. y J. Salazar. Datos no publicados sobre una investigación en curso.

explotación anterior, podemos entender la cada vez menor eficiencia de estos operarios ya que cuando han adquirido una cierta formación el empresario se ve obligado a prescindir de ellos.

2. Con la intención de proporcionar una estabilidad a la mano de obra existente en los cultivos, necesaria en los meses de mayores exigencias, las explotaciones empresariales están procediendo a incrementar la productividad en los meses de menor actividad mediante la adopción de tecnología. La consecuencia de la puesta en práctica de estas iniciativas han aumentado las dificultades de disponibilidad de mano de obra, lejos de solucionarlas, que se acentúan por la mayor demanda creada.

Gráfico 3
Estimación de las necesidades de mano de obra en el cultivo de una hectárea de tomate en invernadero sin calefacción, campaña 1998/99



Fuente: López-Gálvez y Salazar. Investigación en curso.

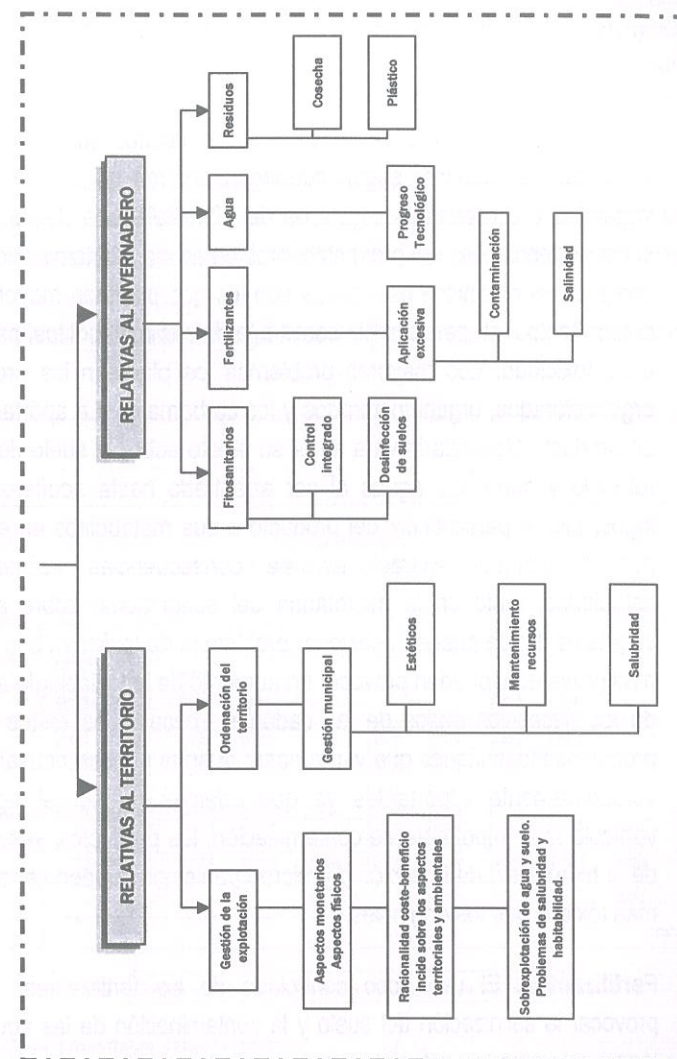
IV. EFECTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA DE CULTIVO FORZADO

La agricultura de invernadero, al igual que otros procesos económicos, no solo opera sobre un medio físico y territorial concreto, sino que su actividad empieza y termina en la naturaleza. El proceso se inicia con el empleo de recursos naturales y termina generando residuos, con la consiguiente incidencia medioambiental, al utilizar el medio como sumidero (ver esquema 9).

Referentes al territorio hay que tener en cuenta las cuestiones que a continuación se relacionan:

- Gestión de la explotación.** La gestión de las fincas se centra, prioritariamente, en los aspectos monetarios y, en segundo lugar, en los físicos dado que éstos condicionan a los primeros. El comportamiento del agricultor individual movido por la racionalidad coste-beneficio, puede incidir, y en este caso incide, sobre los aspectos territoriales y ambientales. La situación actual está caracterizada por la sobreexplotación de los recursos hídricos (declaración provisional de acuífero sobreexplotado del Campo de Dalías) y por la presión depredadora sobre el suelo que ocasiona, desde problemas de salubridad y habitabilidad en la zona, hasta problemas técnicos para el control racional de plagas y enfermedades de los cultivos.
- Ordenación del territorio.** La ordenación del territorio debería ocupar un lugar importante, desde la perspectiva, de la gestión municipal. Ésta tiene que contemplar, además de los aspectos estéticos, aquellos otros que inciden negativamente sobre los recursos, fundamentalmente de suelo y agua, como son su agotamiento y/o contaminación. De ahí la conveniencia de tender puentes entre ambas racionalidades para que la gestión cumpla los objetivos razonables de rentabilidad a corto plazo de las fincas y de sostenibilidad a medio y largo plazo del sistema de explotación.

Esquema 9
Efectos ambientales del sistema de cultivo forzado en Almería



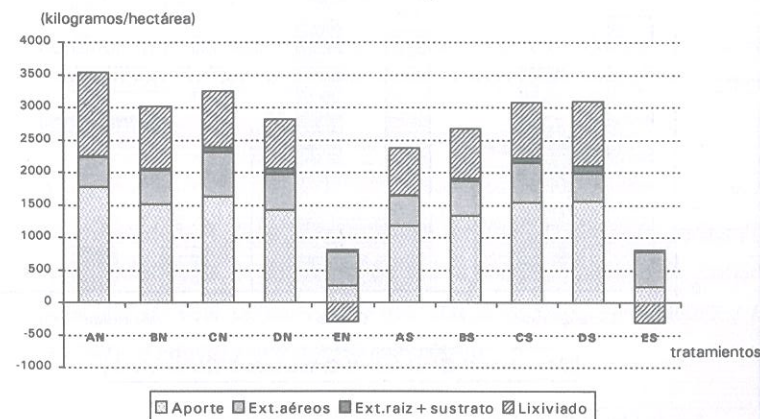
Fuente: López-Gálvez, 1999.

Relativo al invernadero hay que tener en cuenta, además del suelo agrario y sustratos (naturales y artificiales) que analizaremos más adelante, los siguientes aspectos:

- a) **Fitosanitarios.** Los productos fitosanitarios usados en la agricultura, los podemos clasificar según su origen en tres grupos: minerales, vegetales y compuestos orgánicos de síntesis³³. Los dos primeros, salvo excepciones, no presentan problemas de contaminación. Los compuestos orgánicos de síntesis son los que plantean mayor riesgo debido tanto a su persistencia como a la de sus metabolitos, así como a su toxicidad. Los mayores problemas los plantean los productos organoclorados, organofosforados y los carbamatos. La aportación de un producto fitosanitario va a tener su efecto sobre el suelo donde es retenido y sobre las aguas al ser arrastrado hasta acuíferos, ríos, lagos, etc. la persistencia del producto o sus metabolitos en el suelo pueden plantear alteraciones, de consecuencias escasamente estudiadas, tanto en la microfauna del suelo como sobre algunos vegetales donde pueden ocasionar problemas de toxicidad o lo que es más grave aún, pueden provocar un aumento de la toxicología a través de los sucesivos pasos de las cadenas tróficas. Los restos de los productos fitosanitarios que van a pasar al agua pueden causar daños verdaderamente importantes ya que además de ser el agua un vehículo muy importante de contaminación, los productos resultantes de la hidrólisis o de la acción de microorganismos pueden ser a veces más tóxicos que los originales.
- b) **Fertilizantes.** El uso poco controlado de los fertilizantes puede provocar la salinización del suelo y la contaminación de las aguas por iones nitrogenados y fosfatados. Los nitratos y nitritos diluidos en la solución del suelo, son absorbidos por los complejos coloidales arcillo-

húmicos constituyendo una reserva de nitrógeno. Cuando aumenta los aportes de este elemento, sobrepasando la capacidad de retención del suelo y de asimilación, tanto de los microorganismos como de la cubierta vegetal, los iones nitrogenados son lavados del suelo mediante el agua aportada por el riego o la lluvia arrastrándolos hasta los cursos superficiales y subterráneos de agua. Los fosfatos son también fuente de contaminación de acuíferos. Éstos provienen fundamentalmente del abonado y en menor medida de los productos fitosanitarios que contienen fósforo. Los elementos N y P influyen en la producción de biomasa acuática. Los gráficos 4 y 5 nos muestran algunos balances.

Gráfico 4
Balance de nitrógeno



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

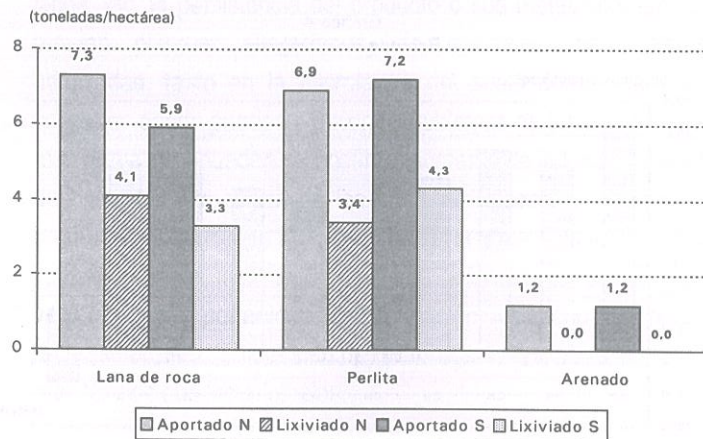
33. López-Gálvez, J.; J. Sánchez y E. Viñuela. 1990. El uso de productos fitosanitarios en un cultivo de pimiento bajo abrigo plástico en Almería. Phytoma España, n.º 151: 3-19.

Balance de nitrógeno

	AN	BN	CN	DN	EN	AS	BS	CS	DS	ES
Lixiviado	1288	948,4	864,4	765,2	-304,3	720,2	756,6	843,9	989,2	-312,9
Ext. Raíz + sustrato	12,9	29,9	72,7	92,8	26,5	16,2	36,4	78,9	125,6	26,6
Ext. Aéreos	469,5	528,5	690,6	554,5	529,9	449,3	539,4	613,7	432,8	532,3
Aporte	1770,4	1506,8	1627,7	1412,5	252,1	1185,7	1332,4	1536,5	1547,6	246

Notas: El gráfico 4 muestra la cantidad de nitrógeno aportado y extraído por la raíz y retenido en el sustrato y lixiviado por un cultivo de tomate sobre suelo enarenado (E) y diferentes sustratos (A y B = lana de roca, C y D = perlita), con dos calidades de agua (N = Agua de 0,5 dS/m y S = Agua de 3 dS/m).

Gráfico 5
Balance de macronutrientes



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

El gráfico 5 muestra para el mismo trabajo experimental el balance de nitrógeno.

Balance de macronutrientes

	Lana de roca	Perlita	Arenado
Aportado N	7,3	6,9	1,2
Lixiviado N	4,1	3,4	0
Aportado S	5,9	7,2	1,2
Lixiviado S	3,3	4,3	0

Notas: El gráfico 5 muestra la cantidad de elementos fertilizantes (N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg) aportado y lixiviado por un cultivo de tomate sobre diferentes sustratos con dos calidades de agua.

- c) **Otros residuos.** A los residuos sólidos dejados por los sustratos hay que añadir los del cultivo y los de los plásticos de cerramiento del invernadero que por lo general duran dos años. El esquema 7 ilustra el funcionamiento en términos físicos de un invernadero donde se cuantifica también los elementos líquidos (agua más fertilizantes) perdidos por lixiviación³⁴. Los envases plásticos de los productos fitosanitarios y de los fertilizantes plantean también problemas importantes.
- d) **Agua.** Supone la primera entrada en importancia en el sistema de cultivo en invernadero. Y dada la escasez del recurso en el sureste peninsular y, particularmente, en las áreas de cultivo nos detendremos de manera particular en este punto³⁵. Para ello analizaremos el invernadero y el consumo de agua, y el progreso tecnológico.

34. Ver López-Gálvez, J.; A. Molina; M. Jaén y J. Salazar. 1999. *Mercados del agua en España*. Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía. UNICAJA.
35. Ver Losada, A. y J. López-Gálvez. 1997. *Gestión del regadío en el Campo de Dallas*. En: La gestión del agua de riego. J. López-Gálvez y J.M. Naredo (eds.). Edita: Fundación Argentaria-Visor (dis.s.a.).
Ver López-Gálvez, J. 1998. *Gestión técnico-económica del agua de riego*. Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía. UNICAJA. Ver López-Gálvez, J.

V. EL INVERNADERO Y EL CONSUMO DE AGUA

El invernadero genera un microclima diferente al del exterior al reducir la radiación solar, el déficit de presión de vapor, la evaporación y anular la velocidad de viento. La consecuencia es que la demanda evaporativa del invernadero se reduce. Para el invernadero "parral de Almería" la reducción es de un 50% de la ET_0 (evapotranspiración de referencia) en invernadero con respecto a la ET_0 exterior³⁶. De lo anterior se desprende con claridad que el invernadero parral mejora, multiplicándolo varias veces el rendimiento del agua, siendo el consumo de agua del cultivo de tomate en invernadero parral en Almería de 30 m³/t, mientras que en Holanda con invernadero de vidrio y cultivo en sustrato es de 15 m³/t³⁷. Las zonas marginales, como eran la mayoría de las del sureste español, hoy ocupadas por invernaderos, han conseguido un gran desarrollo económico. Esta situación ha generado la proliferación de nuevas superficies de riego que están poniendo en peligro la continuidad del sistema.

La expansión de la superficie de invernadero, a pesar de su mayor rendimiento en el uso del agua, está aumentando la demanda hídrica absoluta de este tipo de agricultura (ver gráfico 6). Además, con el desarrollo económico de la zona, aumenta necesariamente la demanda de agua de abastecimiento para usos urbano, turístico e industrial. Todo ello está ocasionado problemas acusados de descenso del nivel de los pozos con problemas, en algunos casos, de intrusión marina como los detectados, a principios de los años 80 en el Campo de Dalías, por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), hoy Instituto Tecnológico y Geominero (ITGE), apareciendo una legislación abundante desde entonces que ha pretendido regular la gestión del agua³⁸. La realidad es que a pesar de la

36. Fernández, M.^aD.; F. Orgaz; y J. López-Gálvez. 1995. *La demanda evaporativa en el invernadero parral*. I simposium Iberoamericano sobre: Aplicación de los plásticos en las tecnologías agrarias. CEPLA-FIAPA.

37. Stanghellini, C. 1994. *Balance hídrico y manejo de microclima en invernadero*. Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. FIAPA-Junta de Andalucía.

38. Por hacer mención de excepcionales circunstancias con peligro de intrusiones salinas en los acuíferos, merece algunos comentarios la ley 15/1984 de 24 de mayo. Por una parte, crea perímetros de protección imponiendo restricciones para el alumbramiento y captación de aguas subterráneas así como para cualquier modificación de las obras o de las instalaciones elevadoras que aumenten el caudal alumbrado o para la implantación o ampliación de cualquier superficie de

prohibición de nuevas puestas en regadío en el sureste, en general, y en el área afectada por el Decreto, en particular, se ha incrementado la superficie regada sin apreciarse un incremento paralelo en la cantidad de agua gastada, lo que está motivado por el proceso de modernización que ha supuesto el pasar de riego a pie a riego por goteo, el entubamiento de gran parte de la red de conducción y la construcción de depósitos reguladores que aunque aumentan las pérdidas por evaporación, reducen las pérdidas en cola que son mayores.

El gráfico 6 muestra cómo el Decreto de 1984 y las sucesivas Disposiciones y Decretos no han servido para que se redujera la presión sobre los acuíferos sobreexplotados y ni siquiera para mantener la superficie regada. Dando lugar a un cierto confusiónismo que al ser preguntados los agricultores sobre el particular emiten opiniones como la que sigue: *si no se puede hacer, no se puede hacer para nadie. Y, si te viene la denuncia y pagas la sanción, ya es legal el*

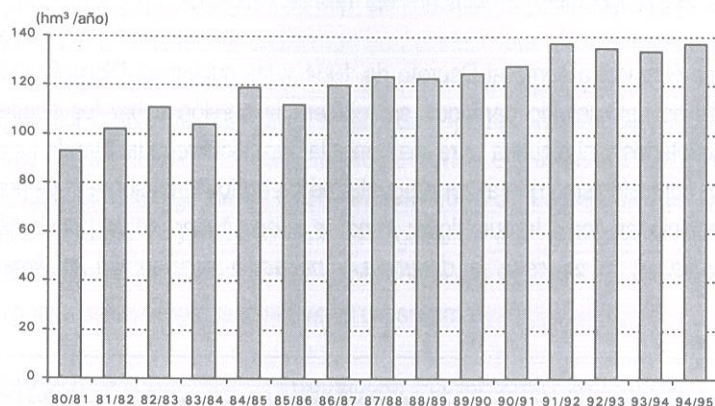
regadío con aguas subterráneas. Por otra parte, concede carácter prioritario a las actuaciones y obras que puedan iniciarse para el aprovechamiento en riego de aguas residuales, construcción de pequeños embalses y cualesquiera otras destinadas al ahorro de aguas.

La intención del legislador, sin lugar a dudas loable, no reconoce de hecho el carácter de recurso limitante que, de una manera natural, suele corresponder al agua en regiones donde escasea: habida cuenta de que otras condiciones climáticas son favorables, el recurso limitante en regiones semiáridas puede ahora ser, inesperadamente, el suelo. En efecto, no es el recurso agua al que se ponen límites bien definidos, sino a la superficie regada. Se explica así que el precio del agua mantenga un valor reducido, en tanto que el tándem suelo-agua se revaloriza astronómicamente (en forma paralela a las tierras de los regadíos tradicionales, con el agua -barata- asegurada por su indisoluble asociación a las obras primarias de sus correspondientes sistemas). Tal vez la prohibición de que dicha superficie se extienda más allá del perímetro protegido facilita la fiscalización del cumplimiento de la ley; pero tal limitación no implica una reducción de extracciones si no se incentiva adecuadamente la utilización eficiente del agua disponible, dentro de dicho perímetro. A este fin sí puede contribuir el segundo de los objetivos propuestos, como, según se comentó más arriba, es el caso de pequeños embalses, cuyo mejoramiento en el manejo de los riegos tradicionales es notable.

Ya al amparo de la vigente ley 29/1985 de Aguas, el Real Decreto 2618/1986, repetidamente prorrogado, impone restricciones para la explotación de aguas subterráneas, en zonas que se definen. Más recientemente, de nuevo en el marco de la misma ley, fue aprobado el Real Decreto 531/1992, de 22 de mayo, también sobre medidas administrativas especiales para la gestión de los recursos hídricos. Faculta de nuevo a determinadas confederaciones hidrográficas a reducir los suministros de agua y su distribución, *aún cuando hubieren sido objeto de concesión*. En particular, se disponen normas para su aplicación en las cuencas comprendidas entre los ríos Adra y Andarax, *ambos inclusive*, y encomienda a la Confederación Hidrográfica del Sur el establecimiento de directrices para el ahorro de agua en todos los sectores, *así como los criterios de prioridad para la asignación del recurso*. Su Junta de Gobierno establecerá, en su caso, las dotaciones de agua para cada uno de los distintos usos, *quedando referidos los derechos concesionales a estas dotaciones reducidas*. De conformidad con dicha disposición, el organismo mencionado queda facultado para acordar la reducción o suspensión de cualquier aprovechamiento de agua, así como para imponer a los usuarios el establecimiento de dispositivos de modulación, regulación y medición en los canales de riego públicos y privados, mediante obras que podrán ser realizadas con cargo a los presupuestos de Confederación o de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

invernadero. El problema del agua no se soluciona poniendo 1.000.000 pta/ha: o se construye o no se construye ³⁹.

Gráfico 6
Evolución del agua suministrada al Campo de Dalías y Almería capital



Fuente: Atlas hidrográfico de Andalucía. 1998.
Junta de Andalucía e Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

VI. EL PROGRESO TECNOLÓGICO

La introducción del *riego por goteo*, con sistemas a presión, tiene lugar durante la década de los 70, en los sistemas agrarios más competitivos del territorio español. Su expansión, ininterrumpida desde entonces, tiene lugar no solo a costa del riego tradicional a pie, sino también gracias al agua ahorrada con los mejores

39. Losada, A. y J. López-Gálvez. 1997. Gestión del regadío en el Campo de Dalías. La gestión del agua de riego. 1997. J. López-Gálvez y J.M. Naredo (eds.). Fundación Argentaria-Visor Distribuciones.

rendimientos ahora posibles; además, porque se usan recursos adicionales, por nuevos o más intensos alumbramientos.

Es de interés hacer notar una paradójica situación que se viene produciendo en gran parte del levante español como consecuencia de la escasez de recursos hídricos: avances tecnológicos como los relacionados con el bombeo en pozos profundos y con la aplicación de técnicas de riego por goteo muy eficientes vienen intensificando la sobreexplotación de acuíferos.

En respuesta a esta preocupación, se aprobarían diversas disposiciones reguladoras⁴⁰. Este es el caso de Almería, donde los acuíferos, que proporcionan el agua a su regadío más productivo muestran evidencias de sobreexplotación, con intrusión marina. Sin perjuicio de otras consecuencias, en todo el Campo de Dalías, las restricciones no han supuesto la congelación de proyectos de puesta en riego⁴¹.

Por lo tanto y en lo que respecta al progreso tecnológico, se advierte el riesgo de una excesiva tecnificación que posibilita procesos de perforación y bombeo cuyo uso generalizado se muestra incompatible con el manejo sostenible de los recursos. Así, cuando los productos agrarios encuentran condiciones de mercado favorables, la consiguiente tendencia a intensificar la demanda de agua se hace excesivamente agresiva. Sin un control social, cada vez más necesario, la disponibilidad de técnicas capaces de explotar recursos cada vez más accesibles puede llevar a situaciones de agotamiento y hacer más difícil el equilibrio para utilizar debidamente el agua renovable.

40. No obstante, conviene observar que las citadas reales disposiciones no han resuelto el objetivo último de controlar las extracciones de los acuíferos. El incontrolado desarrollo del regadío en una importante fracción de la zona considerada no parece haber encontrado aún el deseado freno por parte de la administración pública, en cuanto a la ordenación racional del alumbramiento y uso de recursos hídricos subterráneos.

Vigente ya la Ley de Aguas de 1985, y al amparo de su artículo 56, el R.D. 2618/86 de 24 de diciembre declaró sobreexplotado los acuíferos del Campo de Dalías, estableciéndose condicionantes para la ejecución o modificación de obras de alumbramiento y la exigencia de autorización para la implantación o ampliación de cualquier superficie de regadío.

41. Corominas, J. 1988. *La infraestructura hidráulica de regadío en Almería*. El sector agrario y agroalimentario del año 2.000. Instituto de Estudios Almerienses. En prensa.

Podemos resumir lo anterior diciendo que:

- a) El que los aspectos hídricos, ambientales y territoriales sean competencia de las administraciones, no quiere decir que los agricultores deban permanecer insensibles a ellos. Antes al contrario, hay que establecer puentes institucionales entre ambos para revitalizar la vida social de las organizaciones. En el caso del regadío, agricultores, comunidad de regantes, junta de usuarios del acuífero y confederación hidrográfica deberían tener una participación mas activa en los problemas que les atañen.
- b) Un uso tan intensivo y depredador del suelo como el que ha impuesto la agricultura de invernadero, en el sureste español, reclama una política de ordenación del territorio y un cuidado del paisaje mucho más estrictos que los actuales. Y no solo para compatibilizar con la estética y habitabilidad más elemental, sino por problemas de índole técnica en relación con la salubridad y productividad del propio sistema de cultivo.

VII. TECNOLOGÍA APROPIADA Y SOSTENIBILIDAD LOCAL DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO

A pesar de que el medio natural de determinadas áreas, del sureste español, está condicionado por temperaturas relativamente suaves y por una insolación excelente, se hace difícil el aprovechamiento agrícola por condiciones edafoclimáticas extremadamente hostiles.

La confluencia de condiciones climáticas favorables y de avances tecnológicos ha significado que la realidad actual, del sureste de la península ibérica, y más concretamente del Campo de Dalías haya superado todas las previsiones cuando, hacia 1950, se planificó el desarrollo agrario de este Campo. El proceso

entonces iniciado, con el aprovechamiento de sistemas de alumbramiento y distribución del agua, ha impulsado una agricultura de riego cada vez más intensiva, sostenida por una síntesis afortunada de antiguas prácticas de cultivo y por diversas innovaciones técnicas. Así la técnica del suelo enarenado, la protección del cultivo bajo plástico y el riego por goteo, aportaron la "tecnología apropiada" con la que paliar los factores limitantes de suelo y agua. El invernadero tipo parral ha sacado partido del factor relativamente abundante sol, al tiempo que protege del viento al cultivo y reduce la demanda evapotranspirativa.

Hay que señalar que la escasez de agua, en cantidad y en calidad, constituye el principal factor limitante para el desarrollo de la agricultura en el Campo de Dalías. Los nuevos sistemas de transporte, distribución y aplicación del agua hacen que el riego se aplique, en los campos de cultivo, con rendimientos muy estimables que no van por lo general acompañados de una disminución del gasto de agua en la zona debido al crecimiento incontrolado de la superficie regada. Esta situación ocasiona problemas de sobreexplotación de acuíferos que genera intrusión marina.

Los costes que se reconocen al agua nos son el reflejo de los que deberían corresponderle, en primer lugar, por tratarse del recurso fundamental para mantener el desarrollo económico y hacer posible la protección ambiental; en segundo lugar, por su escasez y, finalmente, pero no con menos importancia, por las inversiones y gastos que exige el ponerla disponible. El agua representa un porcentaje mínimo de los gastos de cultivo y, en consecuencia, los regantes no son sensibles al pequeño ahorro adicional que podría resultar de esfuerzos para mejorar el rendimiento del uso del agua en el campo⁴².

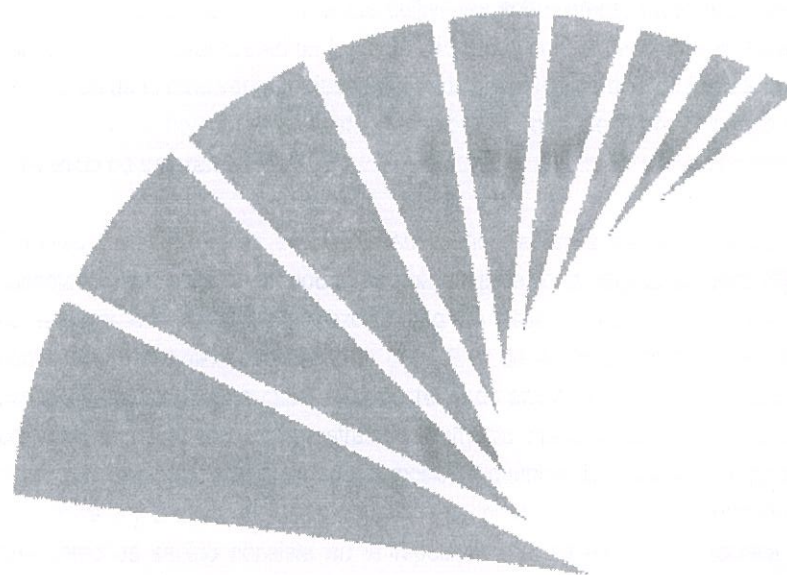
Con el fin de no devaluar los conceptos de **desarrollo sostenible y tecnología apropiada** conviene aclarar que nos estamos refiriendo a la aplicación de innovaciones que se adaptan a las características de una zona y permiten el

42. López-Gálvez, J. y A. Losada. 1997. *Uso del agua de riego en Almería*. La economía del agua en España. Coed. Fundación Argentaria-Visor dis. s.a.: 143-176.

mantenimiento estable de sus recursos naturales. El uso eficiente del agua constituye así el principal requisito de una tecnología apropiada a zonas áridas, capaz de desarrollar en ellas una agricultura sostenible. Porque lo mismo que una sentencia popular dice que "cualquier finca puede ser mejorada hasta la total ruina de su propietario" también la producción agraria de un territorio puede ser "mejorada" hasta ocasionar la total ruina de los ecosistemas que la sostienen.

La consecuencia de este modo de razonar es que el mercado deja de ser la panacea que garantiza por sí sola el "óptimo económico", para convertirse en un instrumento más a utilizar sobre bases controladas para conseguir soluciones que se adapten a determinados objetivos o estándares socialmente acordados sobre el entorno físico. Lo cual empuja a abrir el universo económico a la realidad física, a sus modelos predictivos, a las opciones tecnológicas y a los procesos de negociación social, trasladando el centro de discusión económica desde el interior del mercado hacia informaciones e instituciones exteriores al mismo.

Capítulo III



Comparación de sistemas de cultivo en suelo enarenado y en sustrato

I. DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENARENADO Y DE LOS SUSTRATOS

El enarenado es un sustrato artificial, típico de la zona de Granada y de Almería. Su historia se remonta a finales del siglo pasado y, en cuanto a la forma en la que surgió, se cuentan las más diversas leyendas. Hay quien atribuye su origen a la observación de un agricultor, llamado Manuel Romero Rivas, al observar cómo las plantas cultivadas sobre arena, mostraban mejor aspecto y mayor precocidad de los frutos. El modo en que llegó esta arena a la parcela es de lo más variada, desde quien dice que fueron montículos de arena formado por los hormigueros, hasta quien comenta que fue la arena dejada por la avenida de una rambla⁴³.

Para su preparación se incluyen usualmente, además de las labores de subsolado y explanación, el aporte de una capa de tierra vegetal de unos 20cm de espesor con la que se mezclan 5kg de estiércol por m² de suelo. A continuación se aplica otra capa de unos 2cm de estiércol (aproximadamente 5kg/m²) y finalmente una capa de unos 10cm de arena de playa, con lo que se configura un suelo con cuatro estratos claramente diferenciados, tanto desde el punto de vista físico como de su composición química. El suelo así preparado dura entre 3 y 5 años, pasados los cuales se inicia la operación de *retranqueo*, que como es sabido consiste en la reposición del estiércol. Esta técnica de cultivo, que empezó a emplearse a partir de los años 50, ofrece ventajas significativas al conseguir cosechas precoces y elevadas con un alto rendimiento en el uso del agua, al evitar pérdidas por evaporación, permitiendo la utilización, con rendimientos aceptables, de aguas salinas⁴⁴. Además, el fuerte estercolado permite suplir las deficiencias en los nutrientes aplicados al cultivo.

43. Mendizábal, M. 1984. *La horticultura forzada en Andalucía Oriental: Historia y evolución, características ecológicas, perspectivas*. Comunicación no publicada.

44. J. López-Gálvez y J.M. Naredo. 1996. *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*. Ver, capítulo 1: *El suelo enarenado y los sustratos*. Edita: Fundación Argentaria-Visor (distribuciones/sa).

Las actuales técnicas de cultivo, en invernadero, están empleando de soporte para las plantas sustratos como: lana de roca, perlita, fibra de coco y otros. Esta práctica se está generalizando con pérdida por filtrado de parte de la disolución de fertilizantes, lo que conlleva problemas ambientales, por causa tanto de dicho filtrado como del propio desecho de los sustratos⁴⁵. Describiremos someramente las características de la perlita y la lana de roca ya que son los sustratos que compararemos entre si y con el enarenado, en los epígrafes que siguen.

La perlita es un mineral procedente de depósitos de lava. El material se extrae, se muele y se cierce, calentándose a temperaturas de entre 900 y 1.400°C. Este tratamiento hace que el material se expanda de 4 a 20 veces su volumen original, adoptando formas esféricas porosas. Desde el punto de vista químico, la perlita es un sustrato inerte, sin capacidad de intercambio iónico. La presentación de este producto para cultivo difiere según el fabricante, pudiéndolo encontrar en sacos o macetas. La granulometría es variada y va desde 6mm a 0,1mm.

La lana de roca se obtiene en un proceso industrial, por fusión a 1.500°C de rocas volcánicas basálticas, calizas y carbón de coque, en una relación de masa 4-1-1 y extrusión posterior que da origen a filamentos, a los que se incorporan resinas para mantener su cohesión. Los filamentos son de pequeño diámetro y no son totalmente insolubles. En contacto con la disolución nutritiva liberan pequeñas cantidades de calcio y de magnesio. La composición química difiere de un fabricante a otro. La lana se presenta en tablas rectangulares con diferentes dimensiones.

Los epígrafes que siguen analizan el rendimiento, en términos físicos y monetarios, de los procesos productivos y su incidencia ambiental, de un cultivo de tomate dispuesto sobre un suelo enarenado y sobre diferentes sustratos.

45. López-Gálvez, J. y R. Marins Peils. 2.000. *La modernidad del sistema de producción hortícola en el sudeste español*. Revista Platiculture, nº 119.

Los datos provienen de un trabajo experimental realizado en las campañas 1992/1993 y 1993/1994, en el Campo de Dalías, dentro de un programa destinado a analizar la eficiencia técnico-económica de las diferentes técnicas de cultivo.

El enarenado utilizado fue el usual en Almería con 15 años de implantación y con cultivo ininterrumpido durante ese tiempo.

Los sustratos empleados fueron dos tipos de lana de roca (**A y B**) y dos contenedores de perlita (**C y D**) de distinta granulometría. Para riego se utilizaron dos aguas con diferente salinidad (CE=0,5dS/m denominada **N** y CE=3,0dS/m denominada **S**). Los tratamientos fueron:

- Lana de roca tipo **A** (tabla de 10x10x100cm) y agua **N**. Tratamiento: **AN**
- Lana de roca tipo **B** (tabla de 24x7,5x100cm) y agua **N**. Tratamiento: **BN**
- Perlita tipo **C** (maceta de 27L y granulometría 1,5 y 5mm de diámetro) y agua **N**. Tratamiento: **CN**
- Perlita tipo **D** (saco de 1,20m de longitudx20cm de diámetro y granulometría de 5mm de diámetro) y agua **N**. Tratamiento: **DN**
- Enarenado **E** y agua de riego **N**. Tratamiento: **EN**
- Lana de roca tipo **A** y agua de riego **S**. Tratamiento: **AS**
- Lana de roca tipo **B** y agua de riego **S**. Tratamiento: **BS**
- Perlita tipo **C** y agua de riego **N**. Tratamiento: **CN**
- Perlita tipo **D** y agua de riego **N**. Tratamiento: **DN**
- Enarenado **E** y agua de riego **N**. Tratamiento: **EN**

II. RECURSOS UTILIZADOS Y RESIDUOS GENERADOS

La información que se resume en el cuadro 9 recoge las cantidades de *ingredientes* aplicados y de residuos emitidos para obtener una unidad de producto, en el abanico de *recetas* utilizadas.

El recurso cuantitativamente más importante utilizada en el proceso de cultivo es el agua, seguida de: carbono, hidrógeno y oxígeno. El carbono y parte del oxígeno provienen del aire. Las emisiones de CO₂ que origina el estiércol del enarenado y la ventilación del invernadero mejoran, aunque mínimamente, las cantidades de este factor y por ende la actividad fotosintética de las plantas. Dado que el ensayo se realizó en un único invernadero no permite conocer las posibles diferencias de productividad entre los sustratos y el enarenado por las mayores concentraciones de CO₂ en este medio de cultivo.

La exigencia en fertilizantes, para obtener la misma cantidad de cosecha, varía para el agua **N**, desde 1 en el enarenado hasta 4 unidades de fertilizantes en los sustratos **A, B y C**. La diferencia en peso de los materiales movilizados durante el proceso de implantación, del enarenado y de los sustratos, es mucho más acentuada que en el proceso de cultivo. Cada sistema reclama materiales y procesos de fabricación diferentes.

El agua representa la salida, cuantitativamente, más importante que es tanto mas elevada cuanto mayor es la necesidad de lavado del suelo o sustrato. Las mayores pérdidas se dan con el agua **S** debido a la necesidad de aumentar la fracción de lavado por su mayor concentración salina. La cantidad de agua lixiviada superó los 30L por kilogramo de cosecha en los sustratos **C y D**. Le siguen los residuos de cultivo que son superiores en el enarenado. La variación entre fertilizantes lixiviados por los sustratos es escasa, siendo despreciable el lixiviado producido en el enarenado.

III. FLUJOS FÍSICOS Y RATIOS DE CONTAMINACIÓN

Los cuadros 10 y 11 presentan la entrada de recursos, la salida de cosecha y de residuos, además de los ratios de rendimiento y de contaminación de cada alternativa, para las dos salinidades aplicadas. Estos datos permiten enjuiciar el comportamiento de los sistemas de cultivo en la utilización de recursos y la

emisión de residuos. Resalta el comportamiento más eficiente en el uso de los recursos y menos contaminante del enarenado, aunque también se acusan importantes diferencias entre los sustratos.

Cuadro 9
Recursos y residuos por unidad de cosecha

Agua	Conceptos	E	A	B	C	D
N	ENTRADAS					
	AGUA	20,9	49,5	41,4	42,5	38,4
	C, H y O	0,24	0,21	0,21	0,22	0,21
	FERTILIZANTES:					
	- En U.F.*	0,01	0,04	0,04	0,04	0,03
	- En producto comercial	0,02	0,09	0,08	0,08	0,07
	SUSTRATO	--	0,01	0,02	0,03	0,05
	ESTIÉRCOL	0,19	--	--	--	--
	ARENA	0,94	--	--	--	--
	PLÁSTICO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	SALIDAS					
	COSECHA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	RESIDUOS DE					
	- cultivo	1,94	1,64	1,62	1,79	1,65
	- agua	1,75	14,9	9,71	12,9	14,2
S	- fertilizantes:					
	en U.F.*	--	0,02	0,02	0,02	0,02
	en producto comercial	0,00	0,06	0,04	0,04	0,04
	- SUSTRATO	--	0,01	0,02	0,03	0,05
	- PLÁSTICO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	ENTRADAS					
	AGUA	24,8	44,0	48,4	67,1	66,1
	C,H yO	0,25	0,21	0,21	0,25	0,21
	FERTILIZANTES;					
	- en U.F.*	0,01	0,03	0,04	0,05	0,05
	- en producto comercial	0,02	0,08	0,09	0,12	0,12
	SUSTRATO	--	0,01	0,02	0,05	0,07
	ESTIÉRCOL	0,23	--	--	--	--
	ARENA	1,11	--	--	--	--
	PLÁSTICO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	SALIDAS					
	COSECHA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	RESIDUOS DE :					
	- cultivo	2,09	1,56	1,61	2,10	1,62
	- agua	2,08	21,6	26,2	30,5	31,1
	- fertilizante:					
	en U.F.*	**	0,02	0,02	0,03	0,03
	En producto comercial	**	0,05	0,05	0,06	0,08
	- SUSTRATO	--	0,01	0,02	0,05	0,07
	- PLÁSTICO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996). Nota: *U.F.=unidades fertilizantes. **No se controlaron las salidas con el riego de presembrado.

Cuadro 10
Flujos físicos anuales en t/ha con agua N

MATERIALES	E	A	B	C	D
ENTRADAS: AGUA	3.571	9.220	7.865	8.496	7.385
C,H y O	40,8	39,8	40,2	45,1	41,3
FERTILIZANTES					
- en U.F.	1,2	7,9	6,7	7,2	6,5
- en producto comercial	3,2	17,6	15,0	16,2	14,0
SUSTRATO	--	1,7	3,7	6,2	9,7
ESTIÉRCOL	33,3	--	--	--	--
ARENA	160	--	--	--	--
PLÁSTICO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SALIDA: COSECHAS	171,1	186,2	189,9	199,6	192,4
RESIDUOS:					
- DE CULTIVO	332,0	305,0	307,0	357,0	318,0
- DE AGUA	300	2.770	1.844	2.569	2.727
- DE FERTILIZANTES					
- en U.F.	--	4,6	3,5	3,6	3,1
- en producto comercial	0,6	10,4	7,8	8,1	6,8
- DE SUSTRATO	--	1,7	3,7	6,2	9,7
- DE PLÁSTICO	1,0	1,0	1,00	1,00	1,00
RATIOS DE EFICIENCIA:					
- g de cosecha por L de agua	51,1	20,3	24,3	23,7	26,3
-kg de cosecha por g de fertilizante	54,0	10,6	12,7	12,4	13,7
RATIOS DE CONTAMINACIÓN:					
- L de agua lixiviada por kg de cosecha	1,8	14,9	9,7	12,9	14,2
- g de fertilizante lixiviado por kg de cosecha:					
- en U.F.	--	24,9	18,5	18,1	16,3
- en producto comercial	3,5	55,7	41,4	40,5	35,4
- g de residuo sólido por kg de cosecha:					
- de cultivo	1.940	1.638	1.617	1.789	1.653
- de sustrato	--	9,1	19,5	31,1	50,4
- de plástico	5,8	5,4	5,3	5,0	5,2
- mg de fertilizante en cada L de lixiviado:					
- en U.F.	--	1,7	1,9	1,4	1,2
- en producto comercial	2,0	3,7	4,3	3,1	2,5

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Cuadro 11
Flujos físicos anuales en t/ha con agua

MATERIALES	E	A	B	C	D
ENTRADAS: AGUA	3.571	7.062	7.931	9.147	9.223
C,H y O	36,1	33,3	34,7	34,2	29,6
FERTILIZANTES					
- en U.F.	1,2	5,5	6,2	7,2	7,2
- en producto comercial	3,5	13,1	14,7	17,0	17,1
SUSTRATO	--	1,7	3,7	6,2	9,7
ESTIÉRCOL	33,3	--	--	--	--
ARENA	160	--	--	--	--
PLÁSTICO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SALIDA: COSECHAS	144,2	160,7	164,0	136,3	139,4
RESIDUOS:					
- DE CULTIVO	301,0	250,0	264,0	286,0	226,0
- DE AGUA	300	3.474	4.301	4.158	4.337
- DE FERTILIZANTES					
- en U.F.	--	3,1	3,4	3,7	4,8
- en producto comercial	0,6	7,4	8,0	8,8	11,4
- DE SUSTRATO	--	1,7	3,7	6,2	9,7
- DE PLÁSTICO	1,0	1,0	1,00	1,00	1,00
RATIOS DE EFICIENCIA:					
- g de cosecha por L de agua	43,0	22,9	17,3	15,0	15,2
-kg de cosecha por g de fertilizante	41,0	12,3	11,2	8,0	8,2
RATIOS DE CONTAMINACIÓN:					
- L de agua lixiviada por kg de cosecha	2,1	21,6	26,2	30,5	31,1
- g de fertilizante lixiviado por kg de cosecha:					
- en U.F.	--	19,4	20,6	27,1	34,4
- en producto comercial	4,2	45,9	48,7	64,3	81,6
- g de residuo sólido por kg de cosecha:					
- de cultivo	2.088	1.556	1.610	2.098	1.621
- de sustrato	--	10,6	22,6	45,5	69,6
- de plástico	6,9	6,2	6,1	7,3	7,2
- mg de fertilizante en cada L de lixiviado:					
- en U.F.	--	0,9	0,8	0,9	1,1
- en producto comercial	2,0	2,1	1,9	2,1	2,6

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Los sustratos, por lo general, han dado rendimientos de cosecha, por unidad de superficie, mayores que el enarenado. Pero ello conlleva unas exigencias mayores de agua y nutrientes lo cual es importante si se piensa en la posible sustitución del enarenado por sustratos. En efecto, la información contenida en los cuadros permiten cuantificar el comportamiento más eficiente y menos contaminante del enarenado frente a los sustratos. El empleo de sustratos con solución perdida, además de multiplicar por más de 2 las exigencias de agua, multiplica por mas de 10 los fertilizantes lixiviados, respecto al invernadero tradicional.

Un problema adicional que presenta el sistema de cultivo en sustratos es el derivado de sus residuos una vez utilizados. En efecto, tras sus dos años de vida útil, se convierten en residuos sólidos que, además de no ser fácilmente degradables, están contaminados. El mantenimiento de este sistema de cultivo exige unas entradas anuales de entre 2 y 10t de sustratos por hectárea y unas salidas algo mayores, ya que ganarían peso al incorporar durante el proceso de cultivo residuos orgánicos, químicos y humedad.

La enorme variabilidad, en las exigencias de recursos y residuos por unidad de producto, que se observa entre las distintas formas de producción consideradas es un hecho a destacar. Por ejemplo la cantidad de agua **N** demandada varía desde los 20L/kg de tomate producido en el enarenado, hasta los 49 en el sustrato **A**. Para el agua **S** la variación fue desde 25L/kg en el enarenado hasta los mas de 65 en los sustratos **C** y **D**. En el mismo sentido se mueven los fertilizantes.

La diferencia en peso de los materiales movilizados durante el proceso de implantación del enarenado y de los sustratos, es mucho más acentuada que durante el proceso de cultivo. Cada sistema reclama materiales y procesos de fabricación diferentes. El enarenado exige importantes cantidades de arena y estiércol por unidad de cosecha. La gran cantidad de arena demandada 160t/(ha año), hace de ella la segunda entrada en importancia después del

agua. En la zona objeto de estudio se plantea el problema no tanto de escasez absoluta de la misma, ya que la arena no es un factor limitante en zonas desérticas, sino del mayor coste que supondría traerla de puntos mas alejados con objeto de disminuir su impacto ambiental y paisajístico como ocurre en el litoral almeriense. La emisión de residuos en este caso se limita al lixiviado de determinados iones presentes en el estiércol.

Los sustratos reclaman cantidades variables de material que oscila de 1 a 7 con el agua **S**. Aunque esas cantidades son mucho menores a las requeridas por el enarenado, plantean una doble problemática. Por una parte, los sustratos no son el resultado de una actividad extractiva directa ni constituyen un subproducto. Para su fabricación se requiere someter a las rocas volcánicas, utilizadas como materia prima, a procesos industriales muy exigentes en energía y, por tanto, contaminantes. Por otra parte, una vez utilizados se transforman en residuos muy voluminosos y contaminados. El plástico del invernadero tiene un peso relativamente pequeño.

Si quisiéramos considerar la sostenibilidad global de cada sistema de cultivo, pasando de la escala micro del experimento a la agregada del conjunto de la zona, bastaría con multiplicar las cantidades que aparecen en los cuadros por el número de hectáreas ocupadas por el sistema de cultivo. Ello permitiría cotejar las aportaciones de agua y los lixiviados inherentes a cada técnica de cultivo, con las disponibilidades y capacidad de dilución de los acuíferos de la zona. Y también la cantidad de residuo sólido que habría que gestionar en cada caso.

IV. BALANCE ENERGÉTICO

Los cuadros 12 y 13 muestran información sobre los balances energéticos de cada técnica de cultivo. El cálculo del balance energético se ha apoyado en la información física proporcionada por los datos experimentales. El contenido

energético de los materiales y productos que intervienen en el proceso, no se han analizado directamente, sino que proceden de distintas fuentes⁴⁶. Por esta razón los balances energéticos deben considerarse meramente orientativos de un orden de magnitud y no como el resultado de mediciones directas.

Cuadro 12
Balance energético (tep/ha) Agua N

MATERIALES	E	A	B	C	D
ENTRADAS:					
Agua	0,12	0,31	0,26	0,28	0,25
Fertilizantes	0,48	3,38	2,88	3,11	2,72
Sustrato	--	1,83	3,85	6,35	9,93
Estiércol	0,20	--	--	--	--
Arena	0,13	--	--	--	--
Plástico	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
SALIDAS: COSECHA	4,3	5,4	5,2	5,2	5,7
RATIO DE RENDIMIENTO	1,40	0,70	0,57	0,44	0,38

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Cuadro 13
Balance energético (tep/ha) Agua S

MATERIALES	E	A	B	C	D
ENTRADAS:					
Agua	0,12	0,24	0,27	0,31	0,31
Fertilizantes	0,47	2,27	2,55	2,94	2,96
Sustrato	--	1,83	3,85	6,35	9,93
Estiércol	0,20	--	--	--	--
Arena	0,13	--	--	--	--
Plástico	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
SALIDAS: COSECHA	3,9	5,3	5,0	4,1	4,6
RATIO DE RENDIMIENTO	1,27	0,82	0,57	0,35	0,30

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

Los datos de los balances energéticos resaltan la importancia que tiene la energía aplicada a los procesos previos al cultivo para obtener: agua,

46. Bell, F.; Y. Le Pape y A. Mollard. 1978. *Analyse énergétique de la production agricole. Concepts et methods*. INRA-IREP, Grenoble.
David y Marcia Pimentel. 1979. *Food, energy and society*. Edward Arnold, Londres.
Gerald, L. 1981. *Energía y producción de alimentos*. Serie Estudios, M°. de Agricultura y Pesca. Secretaría General Técnica.

fertilizantes, sustratos y plásticos. Esta energía se incrementa sensiblemente en el caso del cultivo en sustrato, en razón del mayor gasto que supone la obtención del propio sustrato y de los fertilizantes que tan abundantemente utilizan.

El gasto energético relacionado con la aplicación de agua (red de distribución, bombeo y desalación) es relativamente pequeño si lo comparamos con los fertilizantes. La energía empleada en los procesos de extracción, molienda y transporte de las rocas volcánicas utilizadas, es de un kilogramo equivalente de petróleo (kep) por cada kilogramo de sustrato. A este gasto medio se ha llegado después de consultar a especialistas del campo energético y con técnicos de casas productoras. Al gasto anterior se le ha añadido una cantidad, estimada, que es la energía gastada en el transporte desde las industrias productoras hasta la zona de implantación.

La energía empleada en los sustratos hasta ponerlos en la parcela supera al gasto anual medio exigido en el enarenado por la aportación de arena y estiércol, habida cuenta de su prolongada vida y suponiendo que se traiga de zonas próximas como ocurre en la zona del Campo de Dalías.

Otro aporte energético que no suele incluirse, en este tipo de ejercicios, es el de la radiación solar, por tratarse de un bien verdaderamente libre y gratuito. La energía que recibió el invernadero por este concepto fue de 417tep/ha. Su exclusión de las entradas de energía en los sistemas agrarios, circunscribiéndolas sólo a las aplicadas por el hombre, es lo que permite obtener rendimientos superiores a la unidad al relacionarla con la energía contenida en la cosecha.

Los elementos considerados dan cuenta del grueso de la energía aplicada por el hombre a las técnicas de cultivo analizadas y permiten advertir marcadas diferencias, así el cultivo en sustratos reclama entre tres y cinco veces más

energía que el enarenado, para obtener por término medio sólo 1tep/ha más de cosecha que en el enarenado.

De forma general podemos concluir que el cultivo en enarenado, al ser menos exigente en energía y hacer un uso más eficiente de la misma, se revela menos contaminante y más sostenible.

V. COSECHA: CANTIDAD, CALIDAD Y PRECIO

Para pasar de la dimensión física de la cosecha a la monetaria de los ingresos necesitamos multiplicar las unidades físicas de producto por sus correspondientes precios. Hay que advertir que los precios de mercado varían con las calidades comerciales, siendo poco sensibles al contenido químico de los productos. Por esta razón el mercado se inclina más por los tomates producidos en sustrato que presentan un mejor aspecto visual. Los mayores contenidos en azúcares y los menores contenidos en nitrógeno que presentan los tomates producidos en enarenado no son valorados aún por el mercado. Con todo debemos advertir que la tendencia que apunta a valorar más los productos de la agricultura "biológica" o "ecológica" frente a la química podría jugar a favor del enarenado en el futuro.

Los precios de las hortalizas varían a lo largo del año. Por ello, no debemos obviar la distribución de la cosecha a lo largo del ciclo de cultivo, así como la evolución temporal de los precios para las distintas calidades.

Los gráficos 7 y 8 muestran cómo al comparar los rendimientos diarios de los sustratos y del enarenado se produce una asimetría en su comportamiento. Los sustratos entran antes en producción y a partir de un momento del ciclo de cultivo empiezan a decaer. Para el ciclo de cultivo analizado, los sustratos entran en producción antes que el enarenado, pero su rendimiento diario al final es bastante menor en cantidad y calidad. Por el contrario el enarenado es

menos precoz, pero mantiene un crecimiento sostenido hasta casi el final del ciclo donde su rendimiento diario decrece. Los precios evolucionan de forma paralela en los sustratos y en el enarenado, siendo unas 10pta/kg mayor en los tomates cultivados en sustrato. Al final del ciclo de cultivo el precio percibido por la cosecha en el enarenado supera al de los sustratos. La mayor precocidad de los sustratos ha resultado estéril, a efectos de precios, dado que durante la primera mitad del ciclo los precios son inferiores a los de la segunda mitad.

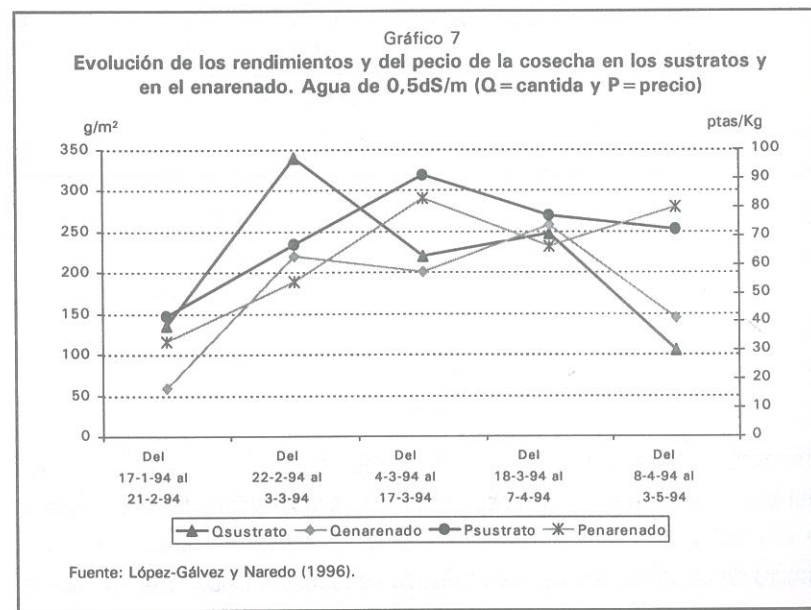
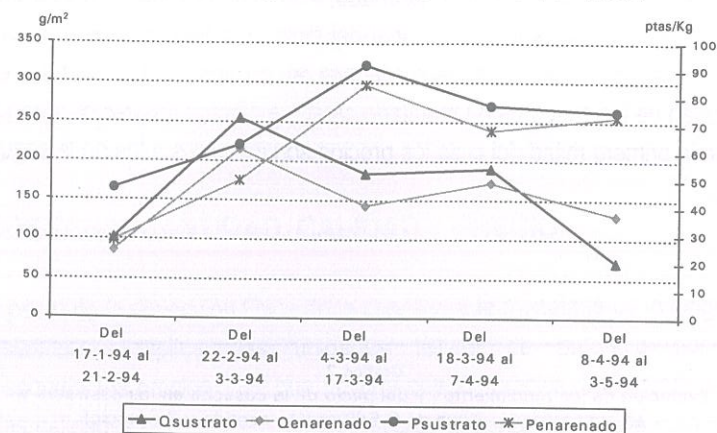


Gráfico 8
Evolución de los rendimientos y del precio de la cosecha en los sustratos y en el enarenado. Agua de 3,0dS/m (Q = cantidad y P = precio)



Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

VI. RENTABILIDAD FINANCIERA

El análisis de la rentabilidad financiera se debe realizar considerando distintas alternativas de inversión. En nuestro caso vamos a considerar las que aparecen en el cuadro 14. Podemos apreciar que en el marco del análisis físico, el número de opciones que hemos analizado se reduce a cinco, mientras que en el análisis monetario se eleva a once que son las que siguen:

Cuadro 14
Alternativas de inversión

SUELO	ANÁLISIS FÍSICO	ANÁLISIS MONETARIO
ENARENADO	E	E ₁
		E ₂
		E ₃
SUSTRATOS	A	AR ₁
		AR ₂
	B	BR ₁
		BR ₂
	C	CR ₁
		CR ₂
	D	DR ₁
		DR ₂

- El enarenado existe y sólo se realiza la operación de retranqueo (aporte de 10kg/m² de estiércol). Este es el caso E₁.
- La finca dispone de suelo agrícola, pero hay que aportar estiércol y arena para construir el enarenado. Este es el caso E₂.
- La finca no dispone de suelo agrícola, precisando de roturado, aportación de tierra y aportación de estiércol y arena para construir el enarenado. Este es el caso E₃.
- Los sustratos se valoran a precios de mercado y se ha considerado los dos sistemas de riego mas utilizados en las fincas que disponen de esta técnica de cultivo. Las dos opciones de inversión de los sustratos responden a la posibilidad de instalar uno u otro equipo de riego. El precio de los mismos depende del grado de automatización de la cabeza del sistema, sin que ello tenga que afectar, en adecuadas condiciones de manejo, a la calidad del riego mismo, ni a la cosecha permaneciendo los gastos e ingresos corrientes del cultivo invariables en estas opciones.

El cuadro 15 resume el importe en el año 1994 y los años de vida útil de las inversiones consideradas. Éste se completa con los epígrafes relativos a compra de tierra, coste del invernadero y obra civil. De esta manera, al completar las

inversiones, se conseguirá conocer los índices de rentabilidad calculados para la explotación en su conjunto.

El desglose de inversión realizado permitirá responder, con los datos de la cosecha y su precio, a tres cuestiones que son prioritarias sobre la rentabilidad financiera que guía la opción entre enarenado y sustrato. Una primera pregunta a contestar es la de hasta qué punto interesa financieramente introducir sustratos para sustituir un enarenado cuando sólo se requiere la inversión en retranqueo (E_1). Una segunda pregunta a contestar es la de hasta qué punto interesa financieramente introducir sustratos para sustituir un enarenado degradado, cuya restauración requiere de las labores de retranqueo y aporte de arena (E_2). Y una tercera pregunta plantea si interesa más introducir sustratos o implantar el enarenado con aporte de suelo agrícola cuando se carece de éste (E_3).

Cuadro 15
Coste de la inversión (10^3 pta/ha) y vida útil (años)

Inversión	Coste	Vida útil	Equipo de riego	Vida útil
A	1.526	2	1.750-4.000	7
B	1.526	2	1.750-4.000	7
C	1.800	2	1.750-4.000	7
D	1.380	2	1.750-4.000	7
E	1.000-5.700	3-17	1.000	7
Roturado	0-1.000	40		
Tierra	0-1.700	20		
Estiércol	1.000	3		
Arena	2.000	10		
C.I.	8.000	20		
O.C.	1.500	40		
C.T.	7.000	40		

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996). Notas: Para el coste de la inversión se han tomado precios correspondientes a la campaña 1992/1993. C.I.: coste invernadero. O.C.: obra civil. C.T.: compra tierra.

Las respuestas a las preguntas anteriores se apoyan en los rendimientos, los precios y los costes de mercado obtenidos durante el ciclo de cultivo analizado. Una vez identificados el coste de cada alternativa de inversión, los años de vida útil que se le atribuyen y los flujos anuales de ingresos netos de cada una de ellas, se procede a calcular sus correspondientes tasas internas de rendimiento (TIR), como índices significativos de cada hipótesis de inversión considerada. Este cálculo se ha realizado de dos maneras. Por una parte, incluyendo sólo la inversión en enarenado o sustrato y sus correspondientes equipos de riego, bajo el supuesto que estuviesen amortizadas y funcionando el resto de las instalaciones del invernadero. Por otra, incluyendo los elementos básicos de inversión referenciados en el cuadro 15 que reclama la completa puesta en marcha de la explotación.

Una vez calculadas la rentabilidad que se deriva de los ingresos y gastos a los precios de mercado, cabe preguntarse hasta qué punto las administraciones pueden orientar las decisiones de los agricultores hacia proyectos más sostenibles o ambientalmente más saludables, mediante alteraciones del marco institucional que modifiquen los actuales escenarios de precios y costes. Siendo la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos el principal problema, del área donde se ha realizado el trabajo, se ha optado por valorar la externalidad negativa. Para ello se ha imputado una estimación del coste que supondría producir dicha agua mediante desalación del agua del mar. Al sumar a los costes ordinarios el coste de esta función desaladora, que hasta ahora ha venido realizando la naturaleza gratuitamente, se puede apreciar hasta qué punto el uso más o menos eficiente del agua que hacen los sistemas de cultivo alteran su rentabilidad.

La externalidad negativa derivada de los residuos sólidos de los sustratos desechados, se ha valorado por el coste de traslado a vertedero de dichos residuos. La abundancia y la poca valoración del suelo en áreas desérticas, como es buena parte de Almería difícilmente permiten imputar costes de

vertedero capaces de modificar de forma sustancial los actuales costes de cultivo.

Los cuadros 16 y 17 muestran los resultados que permiten enjuiciar la rentabilidad de las distintas alternativas de inversión consideradas para las dos salinidades de agua aplicadas. El análisis de la inversión y de los gastos corrientes muestra cómo la rentabilidad del capital destinado a los gastos corrientes (columna C) es mayor en el enarenado que en los sustratos, en el caso del tratamiento con agua N, mientras que con agua S los sustratos A y B se comportan mejor que el enarenado y éste mejor que los sustratos C y D. Por otra parte la inclusión de las externalidades (coste de desalación del agua y traslado de los sustratos desechados a vertedero) eleva los gastos corrientes hasta el 18% en el enarenado y algo más del 30% en los sustrato para el tratamiento N.

Las TIR, correspondientes a cada opción de inversión, permiten responder a cada una de las preguntas anteriormente planteadas. La primera columna numérica del cuadro 17 contiene las TIR para la inversión parcial en suelo o sustrato y equipo de riego. La segunda para la inversión total de implantación del sistema de cultivo. La información referida al tratamiento N se complementa con el cálculo de las TIR cargando en concepto de externalidades los gastos de desalación del agua utilizada y de traslado a vertedero de los residuos de sustrato.

Respondiendo a las preguntas por el mismo orden que se plantearon, en primer lugar, podemos decir que, para el cultivo analizado, 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 se optara en éstos por el equipo de riego más barato. En tercer lugar, que si se carece de suelo fértil interesa más introducir sustratos que implantar el enarenado con aportación de tierra.

Cuadro 16
Análisis de la inversión y de los gastos corrientes de cultivo
(cifras en 10³ pta/ha)

Agua	1	2	3	A	B	C	D	F
N	E ₁	476		10.834	3.949	3,10	4.119	2,63
	E ₂	676		10.834	3.949	3,10	4.119	2,63
	E ₃	1.401	100,0	10.834	3.949	3,10	4.119	2,63
	AR ₁	1.628	116,2	13.141	4.650	2,83	6.273	2,09
	AR ₂	1.949	139,1	13.141	4.650	2,83	6.273	2,09
	BR ₁	1.628	116,2	13.311	4.493	2,96	5.892	2,26
	BR ₂	1.949	139,1	13.311	4.493	2,96	5.892	2,26
	CR ₁	1.765	126,0	14.486	4.685	3,09	6.209	2,33
	CR ₂	2.086	148,9	14.486	4.685	3,09	6.209	2,33
	DR ₁	1.555	111,0	13.047	4.451	2,93	5.801	2,25
S	DR ₂	1.876	133,9	13.047	4.451	2,93	5.801	2,25
	E ₁	476		8.726	3.197	2,73	3.822	2,28
	E ₂	676		8.726	3.197	2,73	3.822	2,28
	E ₃	1.401	100,0	8.726	3.197	2,73	3.822	2,28
	AR ₁	1.628	116,2	11.397	4.006	2,84	5.252	2,17
	AR ₂	1.949	139,1	11.397	4.006	2,84	5.252	2,17
	BR ₁	1.628	116,2	11.666	4.157	2,81	5.567	2,10
	BR ₂	1.949	139,1	11.666	4.157	2,81	5.567	2,10
	CR ₁	1.765	126,0	9.803	4.028	2,43	5.666	1,73
	CR ₂	2.086	148,9	9.803	4.028	2,43	5.666	1,73
	DR ₁	1.555	111,0	9.951	4.070	2,44	5.742	1,73
	DR ₂	1.876	133,9	9.951	4.070	2,44	5.742	1,73

Notas: 1. Alternativas. 2. Inversión por año de vida útil. 3. Índices de inversión, E₃=100. A. Ingresos brutos. B. Gastos sin externalidades. C. A/B. D. Gastos con externalidades. E. A/D.

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

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. Lo cual nos lleva a apreciar que el aumento del precio del agua, o el pago por la evacuación de residuos sólidos, no son instrumentos eficaces para orientar las decisiones de inversión, hacia usos más eficientes y menos contaminantes del agua y de los materiales. Las TIR de la inversión total, mantienen unos valores relativamente aceptables tras cargar las

externalidades, lo que deja entrever la posibilidad de que los sistemas de producción intensiva analizados sean capaces de soportar íntegramente los costes de desalación. Posiblemente los actuales o futuros sistemas de obtención de agua desalada mejoren su rendimiento reduciendo el coste de 175pta/m³ que se ha imputado en este ejercicio⁴⁷. En este caso, la liquidación de los acuíferos por sobreexplotación no acarrearía la desaparición de esta agricultura, pero si ocasionaría un problema de equidad intergeneracional: la generación actual se beneficiaría de la sobreexplotación de los acuíferos en perjuicio de las generaciones futuras, que tendrían que sufragar el coste de la desalación para seguir con la actividad agraria.

Cuadro 17
Comparación de las TIR

Alternativa	Sustrato + Riego N	Total N	Sustrato + Riego* N	Total* N	Sustrato + Riego S	Total S
E ₁	261,4	--	232,6	--	194,0	--
E ₂	134,6	--	120,0	--	99,4	--
E ₃	81,6	23,5	72,7	20,8	59,8	16,7
AR ₁	199,6	33,1	166,0	26,7	128,7	22,3
AR ₂	118,6	29,1	97,5	23,1	77,4	19,2
BR ₁	189,3	32,1	156,0	26,0	134,4	23,3
BR ₂	113,4	28,2	92,8	22,5	80,8	20,0
CR ₁	182,2	33,5	144,9	26,4	134,2	22,1
CR ₂	111,6	29,5	89,5	23,0	80,0	18,9
DR ₁	186,7	30,9	151,2	24,6	112,7	18,0
DR ₂	110,3	27,1	88,7	21,3	65,4	15,1

Nota: * las TIR se han calculado incluyendo las externalidades.

Fuente: López-Gálvez y Naredo (1996).

47. Ojeda, F. 1997. *La desalación del agua del mar para uso agrícola*. La economía del agua en España. Coed. Fundación Argentaria-Visor dis. s.a.

VII. CONCLUSIONES

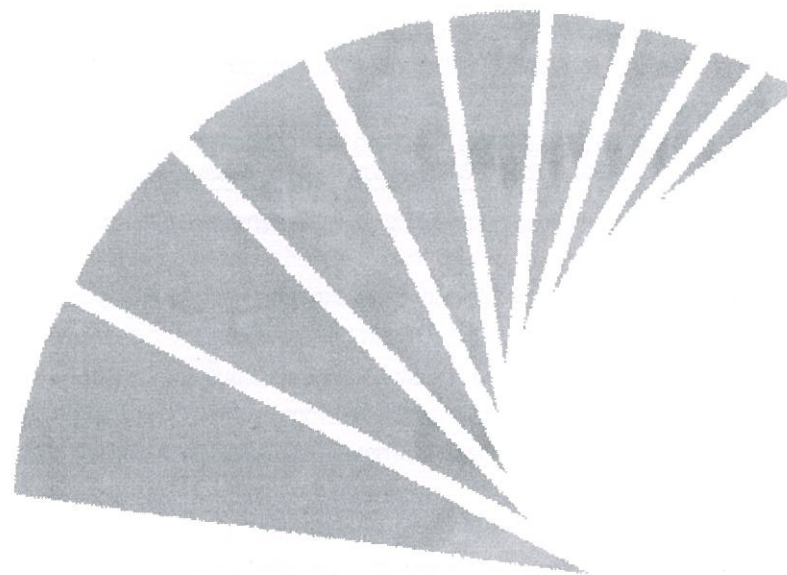
El trabajo experimental analizado en este apartado nos permite concluir lo que sigue:

- a) Recursos y residuos. La diferencia en los materiales utilizados y en los procesos, de obtención, fabricación y transporte, para la implantación del enarenado y de los sustratos es notable. El enarenado exige disponer cantidades importantes de materiales, relativamente abundantes y, por lo tanto, de bajo valor unitario: tierra, arena y estiércol. Los sustratos no son el resultado de una actividad extractiva directa, ni constituyen un subproducto, sino que para su fabricación se precisa de rocas volcánicas que hay que someter a procesos industriales muy exigentes en energía. El cultivo enarenado hace un uso más eficiente del agua requiriendo entre 21 y 25L/kg de cosecha, mientras que los sustratos precisaron entre 44 y 67L/kg. Igual sucedió con los fertilizantes minerales, ya que en la campaña antes citada, al enarenado se aportó 1,2t/ha mientras que los sustratos recibieron entre 5,5 y 7,9t/ha.
- b) Contaminación. Los sustratos han mostrado mayores índices de contaminación que el enarenado debido a:
 - Las diferencias en los procesos de extracción, fabricación, transporte e instalación.
 - Las distintas cantidades de fertilizantes lixiviados.
 - Los residuos generados al finalizar la vida productiva de los sustratos.
- c) Balances energéticos. Los sistemas de cultivo analizados ofrecen marcadas diferencias en el rendimiento energético, que es favorable al

enarenado. Estas diferencias reflejan la distinta eficiencia de los sistemas en el aprovechamiento de los recursos.

- d) Cosecha. Los sustratos, por lo general, ofrecieron mayor precocidad, cantidad y calidad comercial de la cosecha. El resultado anterior ha tenido su influencia en el precio, que ha sido mayor en los frutos de los sustratos, a pesar de contener menos azúcares y más nitrógeno que los frutos del enarenado. No obstante cabe resaltar que la tendencia, de los consumidores, a valorar más los productos de la agricultura *ecológica* o *biológica* frente a la *química*, debería aprovecharse a favor del enarenado, en la medida en la que se resalte el elevado componente orgánico de este sistema de cultivo.
- e) Rentabilidad financiera. Los sustratos ofrecen mejores tasa internas de rendimiento, salvo en el caso de un enarenado que esté pendiente de la labor de retranqueo. El cálculo de la rentabilidad incluyendo las externalidades (precio del agua a 200pta/m³ y gastos de transporte de los residuos a vertedero) mejoran la posición relativa del enarenado, pero no llegan a alterar las conclusiones, cuando se carece de suelo agrícola.

Capítulo IV



Conclusiones Generales

I. METODOLÓGICAS

La riqueza de información que ofrece el enfoque global al analizar técnicas de producción de tomate (en enarenado y en sustratos), nos muestra cómo la realidad, aún en este caso, es lo suficientemente compleja. Los resultados obtenidos no permiten seleccionar un único óptimo. Las diferencias habidas en las relaciones de rendimiento y de contaminación, por unidad de superficie, de energía, de agua y de materiales empleados, no sólo se contraponen entre ellos, sino también con aquellos otros de la rentabilidad monetaria.

El comportamiento de técnicas de producción aconseja opciones distintas, para situaciones y propósitos diferentes, detectándose, como en el caso analizado en este trabajo, contradicciones entre la rentabilidad privada de los agricultores y el deterioro ambiental ocasionado. En el caso de la comparación entre enarenado y sustratos, el análisis financiero nos indica que el aumento del precio del agua de riego o el pago por el traslado a vertedero de los residuos de los sustratos, no son los instrumentos adecuados para reorientar la decisión de inversión, hacia usos más eficientes y menos contaminantes. Esta situación demanda cambios institucionales y normativas que alteren las actuales reglas de juego del mercado.

La clave de un correcto análisis económico ambiental estriba, como ya se ha dicho, en resaltar las posibles contradicciones observadas entre la eficiencia de los procesos y, muy particularmente, entre sus rendimientos y sus pérdidas, en términos físicos, y su rentabilidad monetaria. La presentación que hacemos de los resultados ofrece información de utilidad, para que agricultores y políticos tomen decisiones con conocimiento de causa.

II. INSTITUCIONALES

Análisis como los propuestos en este libro deben servir para informar al marco institucional, y a los productores, sobre la calidad del medio ambiente y la sostenibilidad de los sistemas agrarios.

El hecho de que los aspectos hídricos, ambientales y territoriales sean más competencia de las administraciones que de los propios agricultores, no quiere decir que éstos permanezcan insensibles a ellos. Antes al contrario, una buena gestión de los mismos exige establecer puentes institucionales, entre ambos extremos y revitalizar la vida social de las organizaciones, permitiendo llenar un vacío hoy evidente. El regadío del campo de Cartagena representa un ejemplo de desencuentro entre los regadíos con aguas del trasvase, que el Estado trataba de implantar, y los regadíos con aguas subterráneas que de hecho se implantaron, ocasionando graves problemas de sobreexplotación y de deterioro de las mismas. La alimentación de unas expectativas de disponibilidades de agua que a la postre se revelaron infundadas, fomentó la implantación de regadíos a una escala muy superior a la que se podía abastecer de modo sostenible con sus propios recursos⁴⁸.

En cualquier caso, las instituciones encargadas de velar por la sostenibilidad de los sistemas agrarios, por la calidad del medio ambiente y por el territorio, han de regular con conocimiento de causa los mercados del suelo, del agua y , demás, productos y medios de producción agrarios. Dado que todo mercado ha de tomar cuerpo en un marco institucional, mejor será que este marco se diseñe de acuerdo con los recursos naturales y el territorio de la zona. La finalidad debe ser conseguir un uso apropiado y eficiente de los mismos, que revalorice a la vez la calidad ambiental y la de las cosechas.

48. López-Gálvez, J. 1998. *Gestión técnico-económica del agua de riego*. Informe anual del sector agrario en Andalucía. UNICAJA.

Desde la perspectiva del uso del agua, territorio y ambiente cabe hacer las siguientes reflexiones:

- a) La menor eficiencia, (en términos económicos y/o de contaminación) que muestran determinados cultivos o determinadas técnicas de cultivo, aconseja la implantación de normativas que obliguen a mejorar el rendimiento y reducir la contaminación.
- b) Un uso tan intensivo del suelo como el que imponen determinados sistemas agrarios, reclama una política de ordenación del territorio y un cuidado más estricto del paisaje que los actuales, si se quiere compatibilizar con la estética y habitabilidad más elemental.

Las extracciones de recursos naturales, que determinadas prácticas de cultivo requieren, hacen necesaria una política territorial que las ordene. Tomemos como ejemplo el suelo enarenado, éste requerirá una ordenación tanto de las extracciones de tierra y arena, como del mercado del estiércol o compost requerido para su formación, en caso contrario estaremos asistiendo a una situación paradójica: una agricultura de invernadero que por ventajas climáticas y por cerrar mejor el ciclo de materiales, tiene un comportamiento más "ecológico" que la situada al norte de los Pirineos y, sin embargo, por falta de política territorial, ofrece una imagen de deterioro ambiental mucho más grave.

III. SOBRE EL SISTEMA AGRARIO DEL SURESTE DE ESPAÑA

El desarrollo tan espectacular que ha permitido la plasticultura, en el sureste español, ha sobrepasado las expectativas más optimistas. La escasez de recursos hídricos, para los agentes implicados, ha pasado a un segundo plano, planteándose problemas de falta de territorio y de mano de obra. El éxito financiero del sistema ha producido efectos de depredación del suelo, dándose

la paradoja de que en una zona desértica, éste se haya convertido en un factor limitante.

La superficie de regadío sigue aún aumentando y de forma importante. La acogida favorable que encuentran las hortalizas, aquí producidas, contribuyen a explicar la vitalidad de su agricultura. Los sistemas de riego han experimentado, en esta zona, una modernización notable y, el proceso se mantiene activo. La flexibilidad de los calendarios de riego mejoró en la incorporación de balsas o albercas de regulación que junto a la introducción del riego por goteo, ha contribuido a hacer más eficiente la producción hortícola y, muy especialmente, el rendimiento de utilización del agua de riego. No obstante, este último varía bastante de unos regantes a otros, lo que es coherente con el hecho evidente de que los resultados del riego dependen no sólo de las características de la sistematización, sino también de los criterios seguidos para aplicar el agua. Por esta razón, es lógico pensar que los logros alcanzados quedan aún muy por debajo de un potencial al que es posible acercarse.

Además de los problemas arriba comentados, en la zona, existen otros asociados al desarrollo experimentado. Éstos se relacionan con la ordenación del territorio y la conservación de los recursos naturales. Los riesgos de inundación, así como la problemática que conlleva la ocupación de ramblas, por obras de todo tipo, son aspectos que revisten una especial preocupación. La necesidad de infraestructuras es evidente. La contaminación de suelos y acuíferos es patente. La conservación de áreas de alto valor paisajístico o ambiental se han convertido en un lujo que va contra los intereses depredadores de suelo por parte del sistema. En definitiva podemos afirmar que el desarrollo se está realizando a costa de una pérdida patrimonial muy intensa. La multiplicidad de externalidades negativas generadas, en el sistema de producción agraria del sureste español, van a dar paso a un territorio que no será capaz de satisfacer las mínimas necesidades para sustentar vida.