

PROYECTO FIN DE MÁSTER

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL
CONSUMO HIDRÍCO EN LA
PRODUCCIÓN, EFICIENCIA EN EL USO
DEL AGUA Y EL CONSUMO DE ABONO
EN EL CULTIVO DE PIMIENTO EN LA
COMARCA DEL CAMPO DE DALIAS.

Curso 2010/2011

Alumno/a:

ALFONSO MORENO RODRÍGUEZ

Director/es:

JUAN RECA CARDEÑA



ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CONSUMO HÍDRICO EN LA PRODUCCIÓN, EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y EL CONSUMO DE ABONO EN EL CULTIVO DE PIMIENTO EN LA COMARCA DEL CAMPO DE DALIAS.

ÍNDICE.

RESUMEN	2
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
2. MATERIAL Y MÉTODOS	5
2.1. LOCALIZACIÓN	5
2.2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS	5
2.2.1. VOLUMEN DE AGUA APORTADO AL CULTIVO	7
2.2.2. FERTILIZACIÓN N: P: K DEL PIMIENTO EN INVERNADERO.....	8
2.2.3. PRODUCCIÓN	10
2.2.4. EFICIENCIA DEL USO DE AGUA	10
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
3.1. RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN Y EL VOLUMEN DE RIEGO	11
3.2. RELACIÓN ENTRE LOS GASTOS DE FERTILIZANTES Y EL VOLUMEN DE RIEGO..	13
3.3. RELACIÓN ENTRE LA EUA _y EL VOLUMEN DE RIEGO.....	17
4. CONCLUSIONES	19
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMEN.

En este trabajo se analiza cómo afecta el volumen de agua aplicado al cultivo de pimiento en aspectos tan importantes como son la producción, la fertilización N:P:K, y la eficiencia en el uso del agua (EUAy) de 8 cultivos de pimiento en la zona del Campo de Dalías. Los resultados muestran que no existe una relación muy clara entre la cantidad y su producción, aunque se puede destacar algún caso concreto. En lo referente a la eficiencia en el uso del agua en los cultivos de pimiento evaluados, ésta ha sido mayor cuanto menor ha sido el volumen de riego aportado. La gestión de la fertilización no ha sido demasiado buena, ya que en algunos cultivos se ha abonado en exceso, aspecto que debería mejorarse con la realización de estudios más detallados en la zona.

ABSTRACT.

This paper analyzes how the volume of water applied on the growing of peppers affects important aspects such as production, fertilisation N:P:K and the efficiency in the use of water (EUAy) of 8 pepper crops in the Dalías growing area. The results show that there is no clear relationship between the quantity and its production, although some specific cases can be emphasized. In terms of water use efficiency in the evaluated pepper crops, the efficiency was higher with a lower irrigation volume. Fertilization management has not been too good, as some crops were fertilized in excess, an aspect which should improve by performing more detailed studies in the area.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Desde los años 50, en el Campo de Dalías, se ha desarrollado la agricultura intensiva bajo plástico más importante del planeta, con el sistema de riego por goteo que hace preservar y ahorrar los recursos hídricos de la zona, que son obtenidos principalmente de los acuíferos del campo de Dalías que a su vez tienen origen en la cercana Sierra de Gádor.

La zona agrícola del Campo de Dalías comprende una franja de terreno que se extiende a lo largo de la costa con una longitud de unos 54 Km y una anchura máxima de 14 Km. Se extiende por los términos municipales de Adra, Berja (núcleo de Balanegra), El Ejido, La Mojonera, Vícar y Roquetas de Mar.

El cultivo en regadío es la base de la producción hortícola de la comarca de Campo de Dalías con unas 18.320 ha son bajo invernadero, tratándose por tanto de cultivos altamente intensificados en el empleo de los medios de producción. Los productos más importantes que se cultivan en esta zona son tomate, pimiento, sandía, melón, pepino, calabacín, judía verde, berenjena, etc. El calendario de recolección corresponde principalmente al período octubre-junio, correspondiendo a productos de fuera de estación que encuentran poca competencia en los mercados nacionales y europeos, excepto en algunos casos.

Esta zona tiene una serie de características climatológicas sobre todo de temperatura que la hacen adecuada para la producción de hortalizas fuera de estación y que le conceden una ventaja excepcional con respecto a otras zonas de España y de Europa. Como limitación importante tenemos una precipitación que da lugar a una escasez de agua y la mala calidad de la misma, así como la mala calidad del suelo.

Estas ventajas no son suficientes para explicar el rápido desarrollo económico de la producción en esta comarca del Campo de Dalías que ha llevado a la provincia a ganar muchos puestos en el ranking de provincias españolas clasificadas según la renta *per cápita*.

La distribución de la superficie total cultivada de pimiento en Almería asciende a 8.200 hectáreas, lo que supone un 38 % del total de la superficie de cultivo de pimiento a nivel nacional. (Fuente: Anuario de la Producción Agraria. MARM).

Las condiciones de aridez de la zona se caracterizan por escasas precipitaciones, altas temperaturas y elevada evaporación, que explican la escasez de aguas superficiales. Estas condiciones, propias del área mediterránea, junto con la aparición de períodos de sequía, hace no sólo necesaria sino imprescindible una gestión adecuada del agua (López, 1994).

El modelo tradicional de gestión del agua cambió a partir de los años 60 con la introducción de los primeros cultivos en invernadero, que requerían un regadío intensivo y provocó un aumento progresivo de las demandas de agua en esta Comarca, que modificó la forma de gestionar este recurso. Los sistemas de riego de alta frecuencia han reemplazado con éxito al método tradicional de riego por superficie (Cánovas, 1998).

El uso intensivo de sus recursos hídricos y su escaso volumen de recarga ha dado lugar a que éstos se encuentren afectados por un acelerado proceso de sobreexplotación y salinización. La sobreexplotación de los acuíferos mediante la realización de sondeos ha provocado además un resultado negativo en la calidad del agua.

En condiciones de invernadero y especialmente para la zona de Almería, la estación experimental de "Las Palmerillas" de Cajamar ha desarrollado un programa de investigación para el cálculo de las necesidades de riego de los cultivos hortícolas a partir del cual se ha propuesto una metodología de cálculo bastante ajustada (Fernández y col., 2001).

Los objetivos fundamentales para el desarrollo de este trabajo son:

- Relación de la cantidad de agua consumida por el cultivo y de la producción obtenida en una muestra significativa de explotaciones agrícolas en el cultivo de pimiento en la Comarca del Campo de Dalías (Almería).
- Determinar la eficiencia en el uso del agua de riego en estos cultivos de pimiento.
- Relación de la cantidad de agua consumida por el cultivo y de la cantidad de fertilización N: P: K, gastada, obtenida en una muestra significativa de explotaciones agrícolas en el cultivo de pimiento en la Comarca del Campo de Dalías (Almería).

2. MATERIAL Y MÉTODOS.-

2.1. Localización de las parcelas.

El estudio se ha realizado en una comarca con una gran amplitud de cultivos bajo abrigo como es la comarca del poniente almeriense, donde se distribuyen las explotaciones analizadas. Para el estudio se han considerado invernaderos tipo de la zona como son los parrales planos y los del tipo raspa y amagado, todos con enarenado y con distintas características en su geometría (altura, orientación, ventilaciones, etc.)

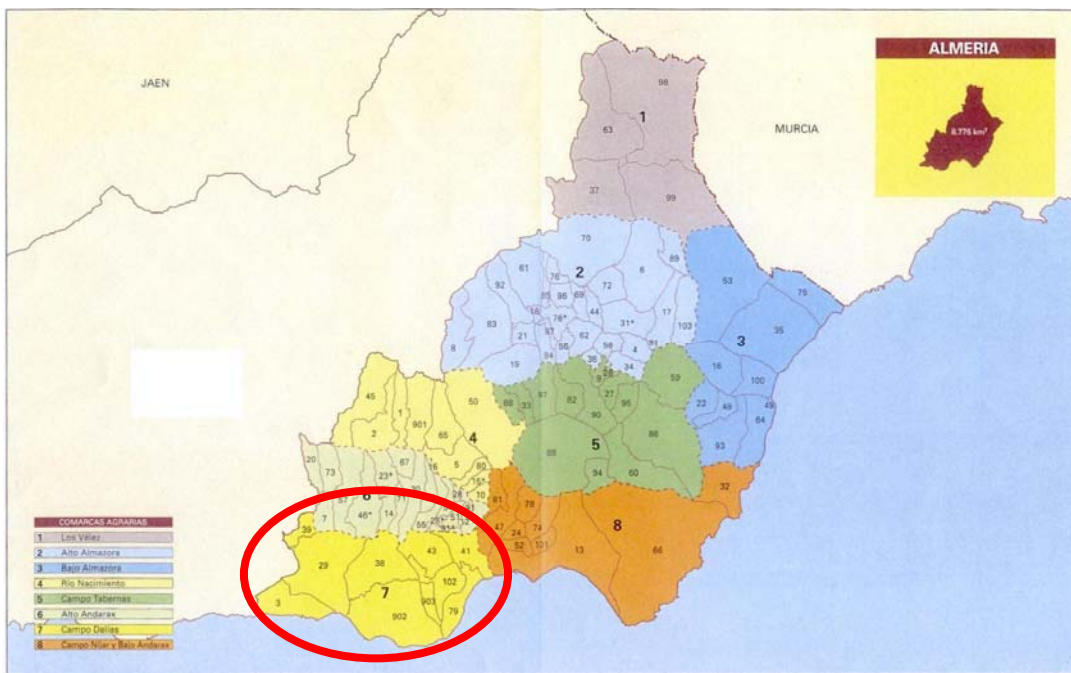


Imagen 1. Zona de ubicación de los invernaderos donde se ha realizado el estudio: Campo de Dalías.

2.2. Obtención de los datos.

Para el presente trabajo se ha considerado el cultivo mayoritario y más representativo de la comarca del Campo de Dalías, que es el pimiento en cultivo de otoño de ciclo largo de plantaciones entre Julio-Agosto, haciendo el levantamiento del cultivo en los meses de febrero-marzo.

Los datos se han tomado de 7 explotaciones con cultivo de pimiento en la campaña agrícola 2007/08, y de 8 cultivos de pimiento en las campañas agrícolas, 2008/09 y 2009/10.

Los datos iniciales de todos estos cultivos (superficie del invernadero y tipo de cultivo), se muestran en las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Invernaderos de la Campaña 2007/2008.

INVERNADERO	SUPERFICIE INVERNADA	TIPO CULTIVO
4001	12000	PIMIENTO
4009	7000	PIMIENTO
4010	16000	PIMIENTO
4011	23000	PIMIENTO
4017	7000	PIMIENTO
4022	6000	PIMIENTO
4035	7000	PIMIENTO

Tabla 2. Invernaderos de la Campaña 2008/2009.

INVERNADERO	SUPERFICIE INVERNADA	TIPO CULTIVO
4001	12000	PIMIENTO
4009	7000	PIMIENTO
4010	16000	PIMIENTO
4011	23000	PIMIENTO
4017	7000	PIMIENTO
4018	6700	PIMIENTO
4022	6000	PIMIENTO
4036	26000	PIMIENTO

Tabla 3. Invernaderos de la Campaña 2009/2010.

INVERNADERO	SUPERFICIE INVERNADA	TIPO CULTIVO
4001	12000	PIMIENTO
4009	7000	PIMIENTO
4010	16000	PIMIENTO
4011	23000	PIMIENTO
4017	7000	PIMIENTO
4018	6700	PIMIENTO
4022	18800	PIMIENTO
4036	23000	PIMIENTO

Tal y como se ha comentado en la Introducción, se quiere evaluar en estos cultivos el efecto sobre la producción de la cantidad del agua empleada en el riego, la eficiencia en el uso del agua de dichos cultivos, y finalmente el efecto sobre los gastos de abono. Para ello se han obtenido los datos de producción, de volumen de riego, de eficiencia del uso del agua de los cultivos estudiados, y de los gastos de N, P₂O₅, K₂O, que figuran en las Tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4. Datos del cultivo de pimiento para la Campaña 2007/2008.

INVERNADERO	PRODUCCIÓN (kg/m ²)	VOL. AGUA (l/m ²)	EUAY (g/l)	N (Kg/Ha)	P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	K ₂ O (kg/Ha)
4001	6.86	474.00	14.47	848	445	1250
4009	7.44	480.00	15.50	770	585	1139
4010	6.05	492.00	12.29	783	620	1187
4011	6.75	456.61	14.78	737	584	1125
4017	7.23	540.00	13.38	737	593	1123
4022	7.51	424.33	17.69	794	508	999
4035	6.22	405.57	15.34	1081	727	1137

Tabla 5. Datos del cultivo de pimiento para la Campaña 2008/2009.

INVERNADERO	PRODUCCIÓN (kg/m ²)	VOL. AGUA (l/m ²)	EUAY (g/l)	N (Kg/Ha)	P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	K ₂ O (kg/Ha)
4001	6.50	534.00	12.17	679	464	991
4009	8.28	504.00	16.42	665	407	854
4010	5.85	438.81	13.33	643	392	833
4011	6.12	511.65	11.96	673	456	1022
4017	6.80	410.28	16.54	512	314	639
4018	6.33	465.67	13.59	697	456	860
4022	6.07	457.63	13.26	848	990	1178
4036	6.68	369.57	18.07	555	355	647

Tabla 6. Datos del cultivo de pimiento para la Campaña 2009/2010.

INVERNADERO	PRODUCCIÓN (kg/m ²)	VOL. AGUA (l/m ²)	EUAY (g/l)	N (Kg/Ha)	P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	K ₂ O (kg/Ha)
4001	7.13	444.00	16.05	695	493	943
4009	8.58	486.00	17.65	723	586	1025
4010	6.84	390.00	15.53	596	383	771
4011	6.53	421.87	15.48	592	436	866
4017	7.64	486.00	15.72	742	584	911
4018	6.60	597.01	11.05	878	683	1107
4022	6.69	311.96	21.44	537	643	697
4036	6.88	416.21	16.53	603	387	748

2.2.1. Volumen de agua aportado al cultivo.

Es muy importante aplicar la cantidad justa de agua para cubrir las necesidades del cultivo, ya que un exceso de agua de riego supone diversos problemas como la contaminación de las aguas subterráneas, problemas de encharcamiento y asfixia radicular, aparición de enfermedades vasculares y radiculares, etc. En cambio, una aportación de agua inferior a la requerida por el cultivo puede llegar a provocar déficit hídrico y por tanto una reducción de la producción (Hsiao, 1973; Fernández, 2000). Ensayos realizados en melón por Criado (2000) y en calabacín por Montes (2000) demostraron cómo dosis de riego inferiores al consumo del cultivo redujeron su producción.

Los datos de los volúmenes de agua aportados al cultivo y que se han utilizado para realizar este estudio son datos reales obtenidos teniendo en cuenta los marcos de plantación, el número de emisores, el caudal, y el tiempo de riego de cada explotación que se han recogido semanalmente en un estadillo preparado para este estudio. Los volúmenes de riego obtenidos para cada explotación se han calculado sumando los aportes diarios de agua a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

2.2.2. Fertirrigación N: P₂O₅: K₂O del pimiento en cultivo en invernadero.

Según *Reche Mármol*, (Cultivo del Pimiento Dulce en Invernadero, 2.010):

La fertilización de las plantas es uno de los factores limitantes de la producción, coincidiendo el período de mayor demanda de nutrientes con el inicio de desarrollo de los frutos y la recolección.

De forma general pueden cifrarse estas extracciones de kilos de nutriente por hectárea para una producción de 50.000 a 60.000 kg/ha.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
250 - 350	60-70	300-400

El calendario de fertilización que se expone corresponde a un cultivo de pimiento de carne gruesa, de ciclo largo, septiembre-mayo, y con estas características:

- Plantación.....primera quincena de septiembre.
- Inicio de la recolección.....final de noviembre - primeros de diciembre, a los 2,5 – 3 meses de la plantación.
- Periodo de recolección..... 6-7 meses
- Rendimiento..... 50.000 – 60.000 kg/ha
- Arranque de las plantas..... final de mayo a primeros de junio
- Densidad 10.000 plantas/ha.
- Total ciclo..... 260 – 270 días
- Aportación del abonado..... En cultivo y riegos diarios

Y teniendo en cuenta las extracciones mencionadas, se recomienda estas unidades fertilizantes por hectárea:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
350 – 450	90 – 100	450 – 500

Según *Camacho Ferre et al* (2.003) en los 4.000 m³ de agua que gastamos al regar 1 ha tendríamos un gasto de fertilizantes en kg por hectárea de:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
598	295	966

Prácticamente todos los cultivos se inician entre junio - septiembre. Lo ideal es mantener en sus inicios niveles de CE es que oscilen entre 1.8-2.2 dSm⁻¹. En este cultivo y con aguas de CE a de 0.3 dSm⁻¹, a veces es difícil llegar a los niveles de CE es anteriores si tenemos unos niveles iniciales de CE es bajos en el suelo. Por ejemplo: si es de 0.50 a 0.8 dSm⁻¹, se debe elevar la CE de la solución de riego por encima de los 2.5 dSm⁻¹, hasta conseguir que el nivel de CE es se aproxime al 1.8-2.2 dSm⁻¹ deseado. En el momento que se alcance iremos disminuyendo paulatinamente la CE de entrada de la solución nutritiva hasta que CE_{es} ~ 1.2-1.5 CE_a. Es imprescindible llegar a alcanzar los niveles anteriores para evitar tener problemas de floración motivados por los bajos niveles de radiación debido a los encalados de los invernaderos en pleno verano. En producción, los niveles de CE es se mantienen próximos a 2.5 dSm⁻¹ y se pueden elevar en los meses fríos, con niveles bajos de luz, hasta 3 dSm⁻¹. Hay que tener cuidado con el exceso de salinidad en el suelo, que puede incidir en la aparición de blossom - end rot en los frutos. (Casas y Casas, 1999).

Para obtener la CE del agua se considera la relación:

$$\text{CE extracto saturado} = 1.5 \times \text{CE agua}$$

El pimiento es considerado como un cultivo moderadamente sensible a la salinidad (FAO, 1987; Maroto, 1989). Los altos contenidos de sales del suelo pueden provocar el enanismo o muerte de las plantas. Los síntomas son similares a los provocados por la falta de agua (Nuez y col., 1996). FAO (1986), señala diferentes pérdidas de cosecha en función de la salinidad del suelo, con pérdidas que oscilan desde el 10% para una CE de 2 dS m⁻¹ hasta un

Master en Innovación y Tecnología de Invernaderos.

100% para 8,5 dS m⁻¹. Los efectos del estrés salino sobre el rendimiento son mayores debido a desórdenes como presencia de Blossom, que a una disminución del crecimiento (CE a del agua de riego de 0-5 dS m⁻¹), (Sonneveld, 1988).

El pimiento es más sensible a la salinidad que el tomate, reduciendo la planta notablemente su desarrollo y por tanto la producción bajo dichas condiciones. Es por ello que la mayoría del pimiento cultivado en Almería estalla ubica en la comarca del Poniente zona de mejor calidad del agua.

2.2.3. Producción.

Los datos de producción de los cultivos se han obtenido a través de la Cooperativa comercializadora de productos hortícolas, de la cual los agricultores de estos invernaderos donde se ha realizado el estudio son socios.

2.2.4. Eficiencia del uso de agua.

Los sistemas de cultivo en invernadero se consideran sistemas eficientes en el uso del agua de riego (Losada y López-Gálvez, 1997). En horticultura se utilizan unos índices para evaluar la eficiencia del uso del agua de los cultivos (EUA). Cuando se trata de analizar fisiológicamente el uso de agua que ha realizado una planta o unidad de superficie se utiliza la siguiente expresión, que relaciona la Biomasa y el consumo de agua:

$$EUA_B = \text{Biomasa total} / \text{Consumo de agua}$$

Cuando se pretende analizar aspectos productivos y económicos se sustituye en la expresión anterior la Biomasa por el Rendimiento del cultivo, resultando:

$$EUA_Y = \text{Rendimiento} / \text{Consumo de agua}$$

Los valores de EUA_Y para este trabajo se han obtenido relacionando los valores de producción con el volumen de agua aplicado a los cultivos. La expresión queda:

$$\boxed{EUA_Y \text{ trabajo} = \text{Producción (kg/m}^2\text{)} / \text{Volumen agua (l/m}^2\text{)}}$$

Según *Colino Sueiras, J, y Martínez Paz, J.M*(2.002), la productividad, gasto y precio de cierre del agua para el pimiento en Almería tenemos:

- Productividad del agua: 6.35 €/m³.
- % Gasto de agua del coste variable: 5.87.
- Precio agua en precio cierre: 3.46 €/m³.

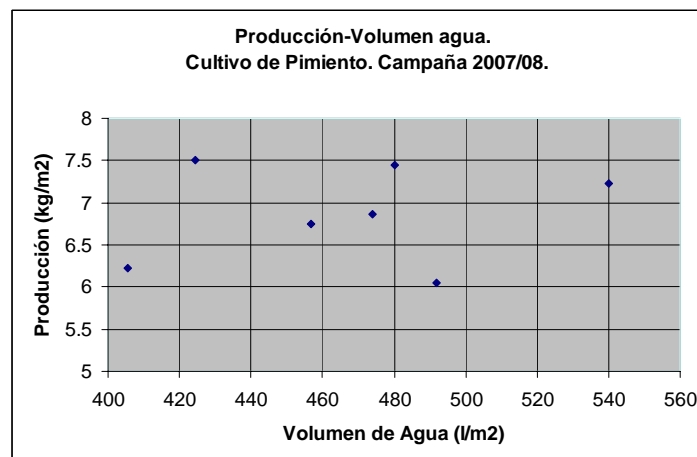
Los invernaderos han sido extremadamente exitosos en la producción abundante y barata de productos de alta calidad mediante la utilización de recursos (agua, minerales, pesticidas) con una alta eficiencia económica. Las tierras de uso marginal agrícolas están siendo convertidas en cultivos protegidos en muchas zonas semiáridas del mundo, con la esperanza de mejorar la actividad económica, tanto en el sector primario como en el secundario. La eficiencia del uso del agua en la producción en invernaderos es cinco veces mayor que en la producción al aire libre de hortalizas. (Cecilia Stanghellini, 2.003).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Relación entre la Producción y el Volumen de riego.

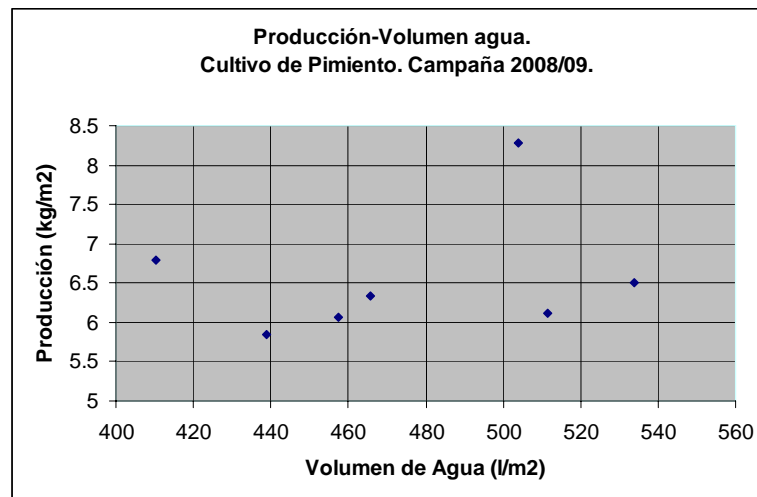
La representación gráfica de los valores de Producción en relación con el volumen de agua que se les ha suministrado a los cultivos de pimiento del presente trabajo se refleja en las siguientes figuras:

Grafica Nº 1. Pimiento 2007/08. Producción (kg) -Volumen agua consumido (l/m2).



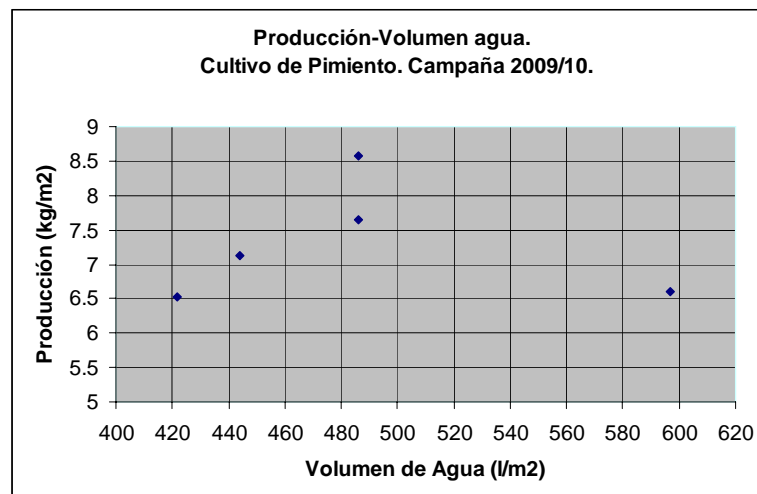
$$y = 0.002x + 5.793 / r^2 = 0.032$$

Grafica N° 2. Pimiento 2008/09. Producción (kg) -Volumen agua consumido (l/m2).



$$y = 0.002 x + 5.701 / r^2 = 0.019$$

Grafica N° 3. Pimiento 2009/10. Producción (kg) -Volumen agua consumido (l/m2).



$$y = 0.002 x + 6.231 / r^2 = 0.057$$

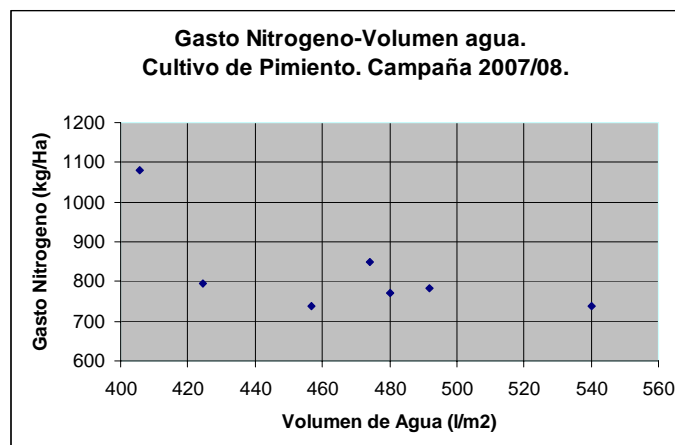
En las graficas 1, 2 y 3, correspondientes a los cultivos de pimiento de las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10, las producciones comprendidas entre 5 y 8 kg/m² se obtuvieron aplicando volúmenes en el intervalo de los 420 a 520 l/m², encontrándose las máximas producciones en este intervalo, en los cultivos donde más agua se ha aplicado entre 540 a los 600 l/m² no se ha visto un aumento de la producción, por lo que podríamos dejar el intervalo de 420-520 l/m² como optimo para el cultivo del pimiento.

La producción de un cultivo en invernadero se va a ver influenciada de multitud de factores, tales como: la geometría del invernadero, ventilaciones, tipo de suelo o sustrato, climatología, sistema de cultivo, tratamientos fitosanitarios, pero uno de los datos importantes a tener en cuenta va a ser la correcta dotación de riego de la finca.

3.2. Relación entre los gastos de fertilizantes y el volumen de riego.

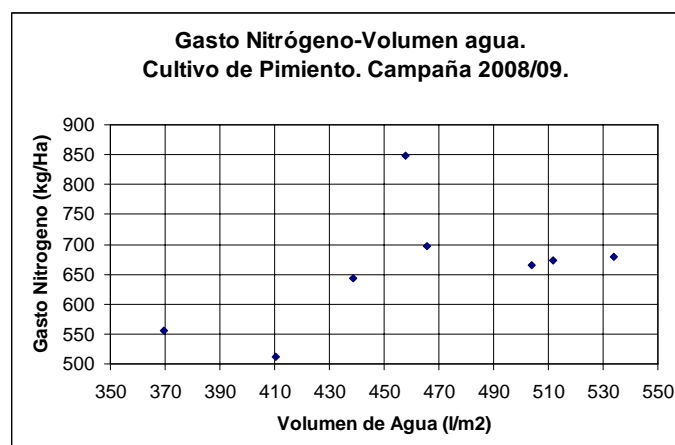
La representación gráfica de los valores de gastos de fertilizantes N – P₂O₅ – K₂O en relación con el volumen de agua que se les ha suministrado a los cultivos de pimiento del presente trabajo se refleja en las siguientes graficas:

Grafica N° 4. Pimiento 2007/08. Gasto de Nitrógeno (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m2).



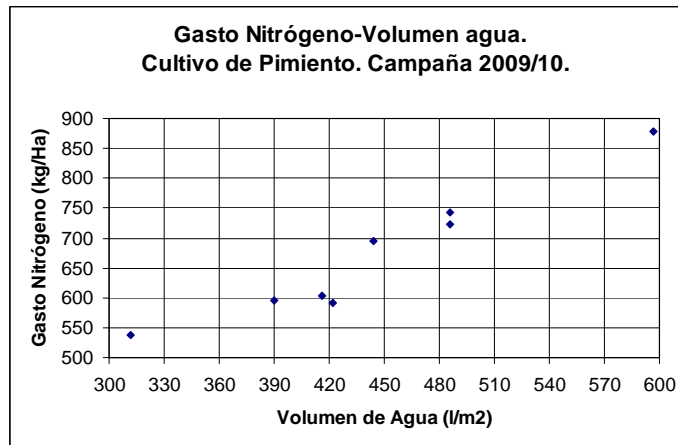
$$y = - 1.811 x + 1,668.218 / r^2 = 0.447$$

Grafica N° 5. Pimiento 2008/09. Gasto de Nitrógeno (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m2).



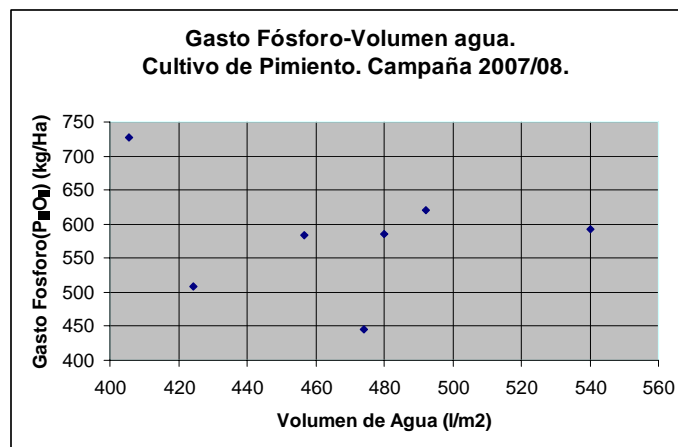
$$y = 0.910 x + 239.159 / r^2 = 0.249$$

Grafica N° 6. Pimiento 2009/10. Gasto de Nitrógeno (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m2).



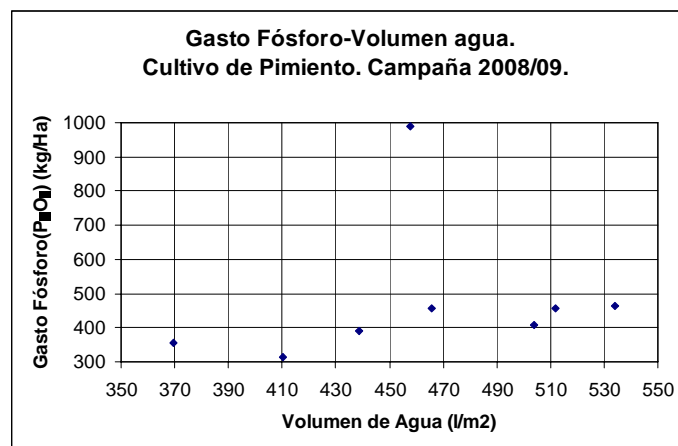
$$y = 1.282 x + 101.579 / r^2 = 0.931$$

Grafica N° 7. Pimiento 2007/08. Gasto de Fósforo (P₂O₅) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m2).



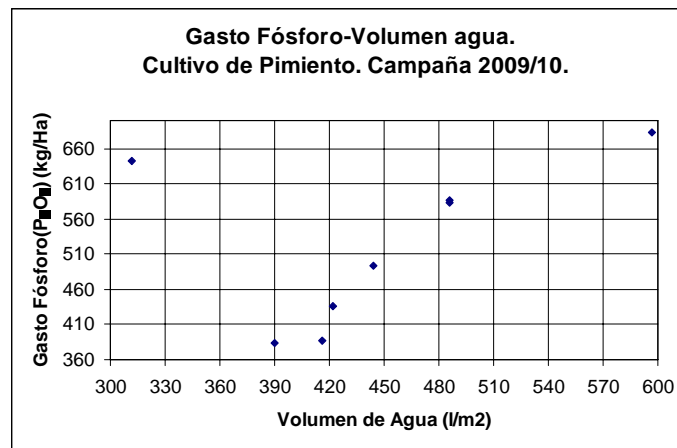
$$y = - 0.415 x + 774.482 / r^2 = 0.044$$

Grafica N° 8. Pimiento 2008/09. Gasto de Fósforo (P₂O₅) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m2).



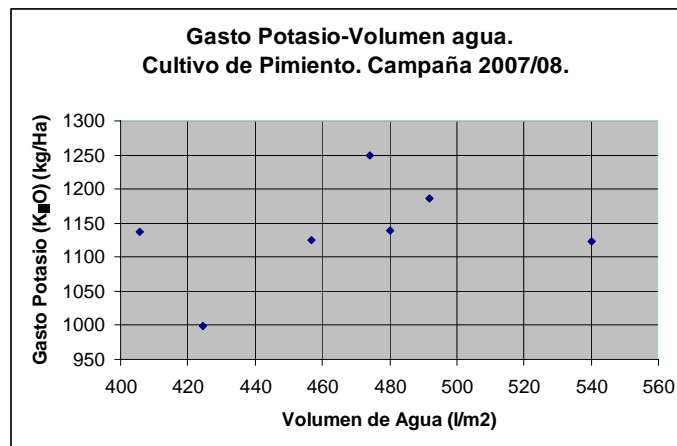
$$y = 0.682 x + 164.706 / r^2 = 0.031$$

Grafica N° 9. Pimiento 2009/10. Gasto de Fósforo (P₂O₅) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m²).



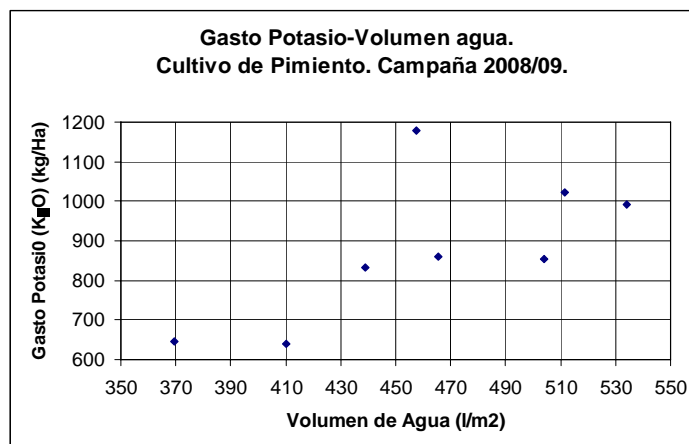
$$y = 0.558 x + 276.392 / r^2 = 0.161$$

Grafica N° 10. Pimiento 2007/08. Gasto de Potasio (K₂O) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m²).

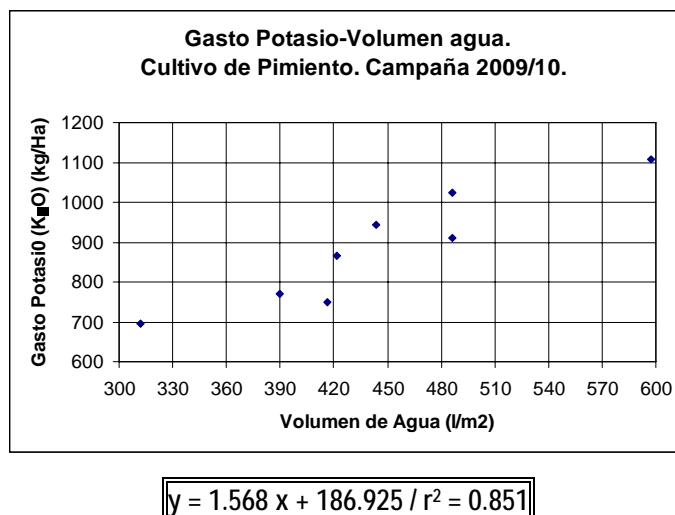


$$y = 0.594 x + 859.244 / r^2 = 0.121$$

Grafica N° 11. Pimiento 2008/09. Gasto de Potasio (K₂O) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m²).



$$y = 2.248 x - 159.393 / r^2 = 0.452$$

Grafica N° 12. Pimiento 2009/10. Gasto de Potasio (K₂O) (kg/Ha)-Volumen agua consumido (l/m²).

En las graficas 4, 5 y 6 tenemos representados respectivamente las campañas 2.007/08, 2.008/09 y 2.009/2010 para los valores del consumo de nitrógeno en el cultivo del pimiento frente al volumen de agua utilizado, se aprecia la mayoría de los gastos de las muestras utilizadas en el estudio se encuentran en el intervalo de 550 a 750 kg de N por hectárea, correspondiendo con un consumo hídrico de entre 350 y 500 l/m², de lo que deducimos que no son necesarias cantidades de N superiores a los 750 kg/ha.

Tras varios ensayos por parte de Centros de Investigación se ha cuantificado el nitrato que es aprovechado por las plantas y el que es lavado fácilmente y pueda llegar al subsuelo, se han dictado normas para la aplicación máxima de fertilizantes nitrogenados en comarcas de cultivo intensivo de hortalizas donde el problema de los nitratos es más problemático. Estas dosis son las siguientes en pimiento: Aplicación máxima de nitrógeno por cada 10.000 kgs. de producto en zonas vulnerables de Andalucía para pimiento de 50 kg. de nitrógeno. (Fuente: Consejería de. Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía).

En las graficas 7, 8 y 9 tenemos representados respectivamente las campañas 2.007/08, 2.008/09 y 2.009/2010 para los valores del consumo de fósforo en forma de P₂O₅ en el cultivo del pimiento frente al volumen de agua utilizado, se aprecia la mayoría de los gastos de las muestras utilizadas en el estudio se encuentran en el intervalo de 300 a 600 kg de fósforo en forma de Anhídrido Fosfórico (P₂O₅) por hectárea, correspondiendo con un consumo hídrico de entre 400 y 500 l/m², zona de consumo hídrico donde no hay disminución en la producción, por lo que

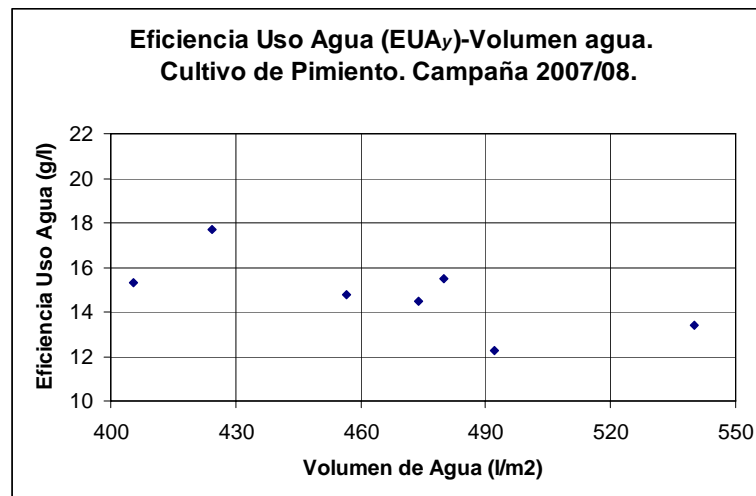
podemos deducir que podríamos trabajar con valores de fósforo mas bajos, como en la campaña 2.008/2.009 en la que se usaron valores: 300 a 450 kg/ha.

En las graficas 7, 8 y 9 tenemos representados respectivamente las campañas 2.007/08, 2.008/09 y 2.009/2010 para los valores del consumo de potasio en forma de oxido de potasio (K_2O) en el cultivo del pimiento frente al volumen de agua utilizado, se aprecia la mayoría de los gastos de las muestras utilizadas en el estudio se encuentran en el intervalo de 800 a 1.100 kg de K_2O por hectárea, correspondiendo con un consumo hídrico de entre 400 y 550 l/m², de lo que deducimos que no son necesarios aportes mayores de K_2O .

3.3. Relación entre la eficiencia en el uso del agua (EUA_V) y el Volumen de riego

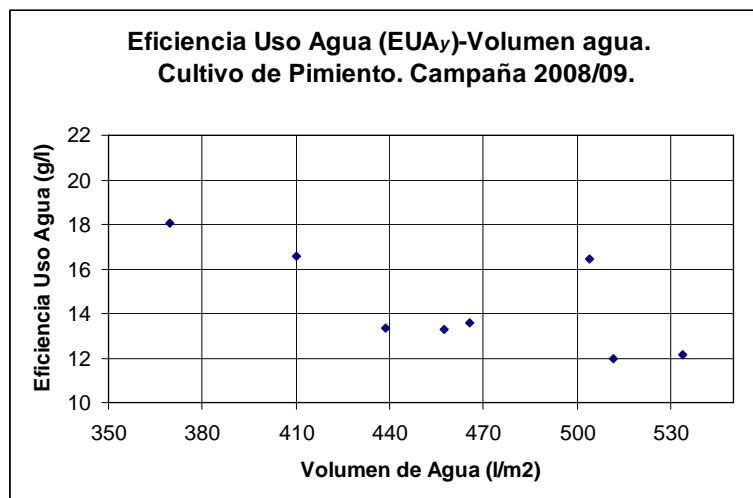
Dicha relación queda representada en las siguientes gráficas:

Grafica N° 13. Pimiento 2007/08. Eficiencia en el uso del agua (g/l)-Volumen agua consumido (l/m²).



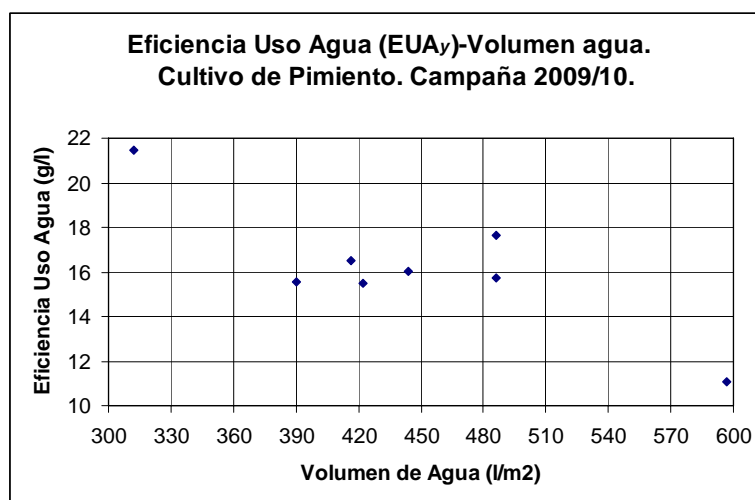
$$y = -0.027 x + 5.793 / r^2 = 0.479$$

Grafica N° 14. Pimiento 2008/09. Eficiencia en el uso del agua (g/l)-Volumen agua consumido (l/m2).



$$y = -0.029x + 27.911 / r^2 = 0.501$$

Grafica N° 15. Pimiento 2009/10. Eficiencia en el uso del agua (g/l)-Volumen agua consumido (l/m2).



$$y = -0.029x + 28.953 / r^2 = 0.699$$

Relacionando el volumen de riego aportado a los distintos cultivos de esta zona con su eficiencia en el uso del agua se aprecia un comportamiento similar a lo largo de las 3 campañas evaluadas. Se aprecia que cuanto mayor fue el volumen de riego aportado a los cultivos de pimiento, menor fue su eficiencia en el uso del agua.

Las graficas 13, 14 y 15, correspondientes a las campañas 2.007/08, 2.008/09 y 2.009/2010 para los valores la eficiencia en el uso del agua (EUA_y) en el cultivo del pimiento

Master en Innovación y Tecnología de Invernaderos.

frente al volumen de agua utilizado, observamos que la mayor eficiencia se da en el año 2.009/2.010 con los menores consumos hídricos por unidad de superficie, para unos consumos hídricos de entre 390 y 490 l/m², obtenemos valores de entre 15 a 18 g/l.

4. CONCLUSIONES.

El análisis de la producción de los cultivos de pimiento en la Comarca de Dalias en las campañas agrícolas, 2.007/08, 2.008/09, 2.009/2.010 en relación a la cantidad del agua, la fertilización N:P:K empleada en el riego y a la eficiencia en el uso de esa agua ofrece las siguientes conclusiones:

- No se ha visto una influencia estadísticamente significativa entre la producción obtenida y el volumen de agua aplicado para el cultivo del pimiento. Podríamos marcar como un rango de volumen óptimo de riego en torno a los 400 – 500 l/m² en el cultivo de pimiento.
- De la relación entre la fertilización N:P₂O₅:K₂O y el consumo hídrico, podemos decir que se podrían rebajar las cantidades de estos fertilizantes en el cultivo del pimiento, sin una disminución de la producción, aunque sería conveniente plantear estudios mas detallados al respecto.
- La eficiencia del uso del agua en la zona de estudio del Campo de Dalias disminuye conforme aumenta la cantidad de agua de riego empleada. Estos resultados indican que se podría mejorar dicha eficiencia reduciendo la cantidad de agua de riego sin mermar de forma significativa la producción de los cultivos, proporcionando un ahorro de agua y una mejor gestión de los recursos hídricos en general.
- El gasto medio de agua del cultivo de pimiento ha sido de 4.675 m³/ha, la campaña 2007/08, de 4.152 m³/ha, la 2009/10, y de 3.921 m³/ha, la 2010/11, siendo el dato de consumo medio para las tres campañas de 4.249,35 m³/ha. Aunque los gastos de agua por explotación se mueven entre un mínimo de 3.695,8 m³/ha y un máximo de 5.970,2 m³/ha, debido posiblemente a la variabilidad de los factores de cultivo de cada año como son las fechas de plantación, las variedades utilizadas, el manejo del riego pueda ser diferente por diferencias climáticas en las tres campañas estudiadas.

- La producción media del cultivo de pimiento ha sido de 6,87 kg/m², la campaña 2007/08, de 6,58 kg/m², la 2009/10, y de 7,11 kg/m², la 2010/11, siendo el dato de la producción media para las tres campañas de 6,85 kg/m², con máximos de unos 7,11 kg/m² y mínimos de unos 6,58 kg/m².

- Los gastos de fertilizantes medios para las tres campañas han sido de 694 kg/ha de N, 482 kg/ha de P₂O₅, y de 921 de K₂O.

- En cuanto a la eficiencia en el uso del agua (EUA_y) para el cultivo de pimiento ha sido de 14,78 kg/m³, la campaña 2007/08, de 14,52 kg/ m³, la 2009/10, y de 16,18 kg/ m³, la 2010/11, siendo el dato de la EUA_y medio para las tres campañas de 15,16 kg/ m³, con máximos de unos 21,44 kg/ m³ y mínimos de unos 11,05 kg/ m³.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Agencia Andaluza del Agua. Orden de 6/9/1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de Cuenca del Sur, aprobado por Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper n. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Camacho Ferre, Francisco. Autores: Antonio Jurado, Antonio. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo 2. El cultivo protegido del pimiento. Año 2.003.

Cánovas Martínez, F., 1998. Gestión de riegos y fertirrigación en invernadero. En: Tecnología de invernaderos II. Curso Superior de Especialización. Editado por la Consejería de Agricultura y Pesca, F.I.A.P.A. y Caja Rural de Almería. 237-250.

Casas Castro, A., Casas Barba, E., 1999. Análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos. Instituto La Rural.

Cuadrado I. M., Céspedes, A. J, García, M. C., Pérez-Parra, J. J. Caracterización de la Explotación Hortícola Protegida de Almería" de la Fundación Cajamar. Editor: I. M. Cuadrado.. Colección: Agricultura - Fecha de publicación: 6-3-10.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper n. 33. FAO, Rome, Italy, 193 pp.

Doorenbos, J. y Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrig. Drain. Pap., 24, 144 pp. FAO. Roma, Italia.

Fernández, M. D., 2000. Necesidades hídricas y programación de riegos en los cultivos hortícolas en invernadero y suelo enarenado de Almería. Tesis doctoral. Universidad de Almería.

Fernández, M. D.; F. Orgaz; E. Fereres; J. C. López; A. Céspedes; J. Pérez; S. Bonachela y M. Gallardo., 2001. Programación de riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Cajamar. Almería.

Fernández Rodríguez, E., 2003. Innovaciones tecnológicas en cultivo de invernadero. Universidad de Almería.

Hsiao, T., 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. of Plant Physiol. 24: 519-570.

Losada, A. Y J. López-Gálvez., 1997. La gestión del regadío en el Campo de Dalías, en la gestión del agua de riego, Fundación Argentaria y Visor. Madrid.

López Galvéz, José y Molina Morales, Agustín. Consideraciones al Plan Hidrológico Nacional. Universidad de Almería.

Maas, E.V. y Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerante-Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 103(IR2): 115-134.

Magán, J.J., 2005. Respuesta a la salinidad del tomate larga vida en cultivo sin suelo recirculante en el sureste español. Tesis doctoral. Universidad de Almería. 171 pp.

MARM (Ministerio de Medio Ambiente, y Rural y Marino). Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones de Invernadero de Andalucía en la campañas 2.007-2.008 / 2.008-2.009 / 2.009-2.010.

Martínez, J., J. Reca, A. Zapata, C. Arriola, y J. L. Callejón. 2000. Manejo del riego en invernadero. Revista riegos y drenaje XXI, año XV nº 113. Pág. 50-55.

Montes, A., 2000. Programación del riego y eficiencia en el uso del agua en un cultivo de calabacín bajo invernadero en Almería. Proyecto monográfico de ITA, Escuela Politécnica de la Universidad de Almería.

Reche Mármol, José Título: Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Publica: Secretaría General Técnica. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección: AGRICULTURA. Serie: Horticultura. Año 2.010.

Sanjuán Estrada, J. F., 2007. Detección de la superficie invernada en la provincia de Almería a través de imágenes Aster. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.

Smith, M., 1992. CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 26. Rome.

Stanhill G., 1980. The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. Journal of Agricultural Engineering Research, 25 (2): 145-154.

Urrestarazu Gavilán, Miguel y Salas Sanjuán, María del Carmen. Año 2.001. Objetivos, controles y métodos de fertirrigación en cultivo sin suelo.

RESUMEN.

En este trabajo se analiza cómo afecta el volumen de agua aplicado al cultivo de pimiento en aspectos tan importantes como son la producción, la fertilización N:P:K, y la eficiencia en el uso del agua (EUAY) de 8 cultivos de pimiento en la zona del Campo de Dalías. Los resultados muestran que no existe una relación muy clara entre la cantidad y su producción, aunque se puede destacar algún caso concreto. En lo referente a la eficiencia en el uso del agua en los cultivos de pimiento evaluados, ésta ha sido mayor cuanto menor ha sido el volumen de riego aportado. La gestión de la fertilización no ha sido demasiado buena, ya que en algunos cultivos se ha abonado en exceso, aspecto que debería mejorarse con la realización de estudios más detallados en la zona.

ABSTRACT.

This paper analyzes how the volume of water applied on the growing of peppers affects important aspects such as production, fertilisation N:P:K and the efficiency in the use of water (EUAY) of 8 pepper crops in the Dalías growing area. The results show that there is no clear relationship between the quantity and its production, although some specific cases can be emphasized. In terms of water use efficiency in the evaluated pepper crops, the efficiency was higher with a lower irrigation volume. Fertilization management has not been too good, as some crops were fertilized in excess, an aspect which should improve by performing more detailed studies in the area.

