

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1. IMPORTANCIA Y SITUACIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN EN EL MUNDO

1.1.1. Líderes mundiales en producción de melón

El cultivo del melón es una práctica muy extendida por todo el mundo, lo que lo hace un producto bien conocido y aceptado por los distintos mercados.

La primera potencia mundial en producción de melón es China, con un claro crecimiento en los últimos años, ronda los 12,5 millones de toneladas. Países como Turquía, Irán, Estados Unidos, España, India y Egipto, la siguen en ese orden. (Anuario de Producción Agraria de la F.A.O. Año 2009).

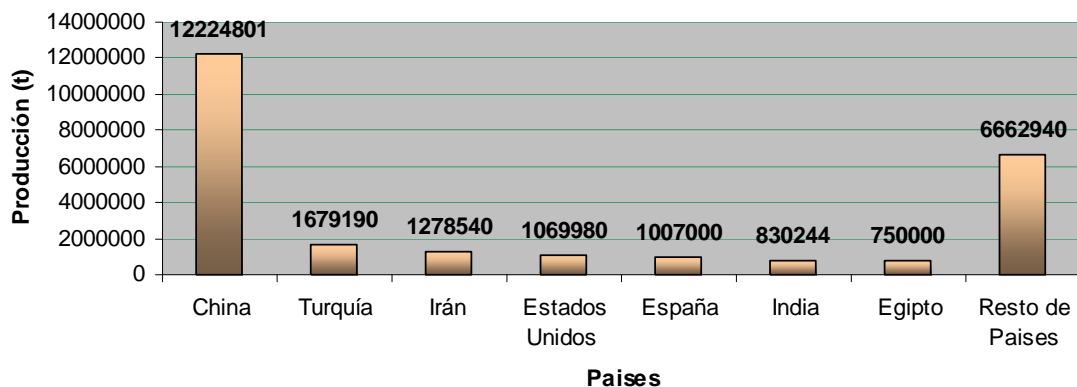


Figura 1. Producciones de melón en el mundo. (Elaboración propia según datos de la F.A.O. Año 2009).

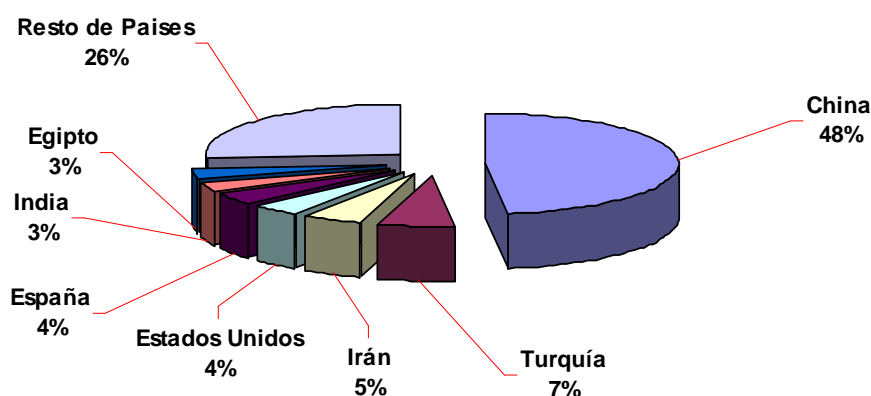


Figura 2. Principales productores de melón en el mundo. Datos porcentuales. (Elaboración propia según datos de la F.A.O. Año 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

1.1.2. Mayores extensiones productoras de melón del mundo

Como podemos observar en el apartado anterior, España ocupa la 5ª posición a nivel mundial en producción de melón, sin embargo en extensión utilizada para este cultivo, España ocupa la 6ª posición en el mundo, ya que India aumenta su superficie productora situándose en una 4ª posición respecto a la 6ª que ocupaba a nivel productivo.

No obstante, las extensiones productivas guardan cierto paralelismo con los mayores productores, siendo China la que mayor superficie dedica a este tipo de cultivo, le siguen países como Turquía, Irán, India, Estados Unidos, España y Egipto. (Anuario de Producción Agraria de la F.A.O. Año 2009).

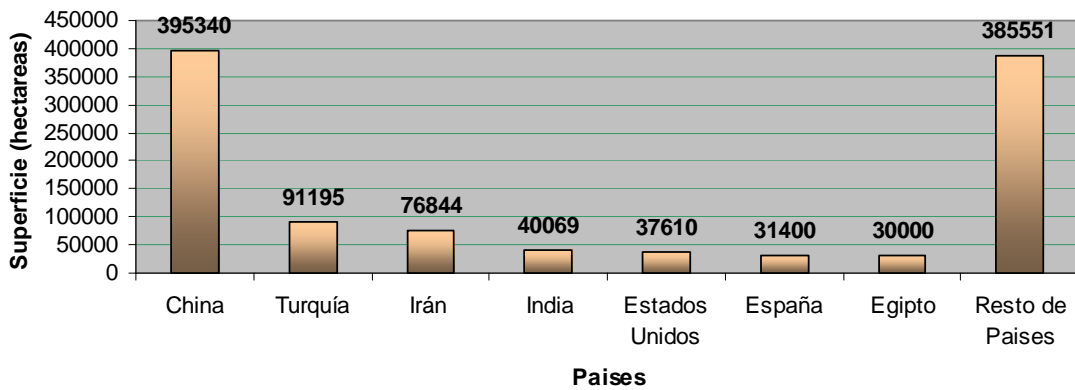


Figura 3. Distribución de la superficie cultivada de melón en el mundo. (Elaboración propia según datos de la F.A.O. Año 2009).

Sus distribuciones porcentuales son las siguientes.

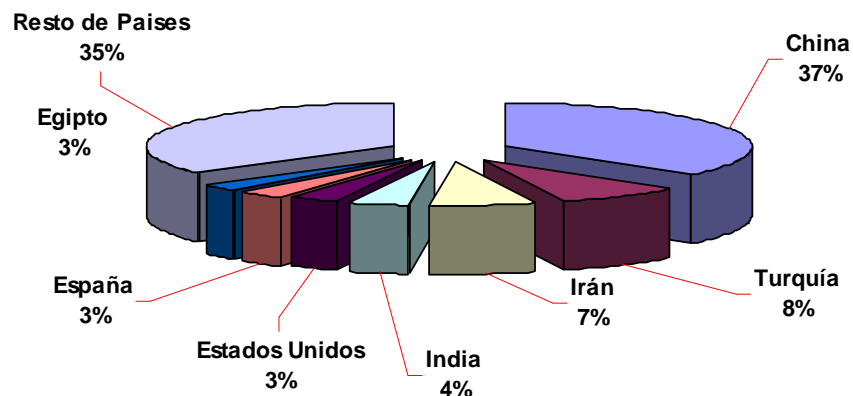


Figura 4. Distribución de superficie cultivada de melón en el mundo. Datos porcentuales. (Elaboración propia según datos de la F.A.O. Año 2009).

1.1.3. Rendimientos productivos de las distintas áreas geográficas del mundo en cultivo de melón.

El rendimiento productivo es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (t/h).

Este índice nos proporciona información sobre el grado de intensificación de los cultivos, así como el nivel tecnológico aplicado en cada área, ya que en la mayoría de los casos, un alto rendimiento productivo es consecuencia de una mejora en los modelos agrícolas aplicados.

Algunos de los rendimientos productivos de distintos países del mundo son los siguientes.

Tabla 1. Países con mayores rendimientos productivos en cultivos de melón en el mundo.

País	Producción Cosechada (Tn)	Superficie Cultivada (Ha)	Rendimiento (Tn/Ha)
Bahrein	750	20	37,5
Países Bajos	2 477	67	37
Costa Rica	187 325	5 703	32,8
Rep. de Corea	221 000	6 800	32,5
España	1 007 000	31 400	32,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Producción Agraria de la F.A.O. Año 2009.

Como podemos observar, los países con mayores rendimientos productivos del mundo, no tienen grandes producciones cosechadas, a excepción de España con una importante producción y superficie de melón. Estos rendimientos tan altos, en países como Bahrein o Países Bajos, son consecuencia directa de la mejora en las técnicas de cultivo y en el empleo de sistemas protegidos modernos.

En países con grandes producciones de melón como China, Turquía e Irán los rendimientos productivos son más bajos.

Tabla 2. Rendimientos productivos de los grandes productores de melón del mundo.

País	Producción Cosechada (Tn)	Superficie Cultivada (Ha)	Rendimiento (Tn/Ha)
China	12 224 801	395 340	30,9

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Turquía	1 679 190	91 195	18,4
Irán	1 278 540	76 844	16,6
Estados Unidos	1 069 980	37 610	28,4
España	1 007 000	31 400	32,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Producción Agraria de la F.A.O. Año 2009.

1.2. IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL CULTIVO DE MELÓN EN ESPAÑA

1.2.1. Situación del melón en la horticultura española

Tradicionalmente, España ha sido un país agrícola, pero en las últimas décadas el sector primario español ha experimentado importantes transformaciones. La modernización económica del país a partir de 1960 y la entrada de España en la Unión Europea en 1986, junto a los avances tecnológicos de los últimos años, han modificado profundamente el sector agrícola español.

Como podemos apreciar en la tabla siguiente el desarrollo de la horticultura en las últimas décadas ha sufrido grandes cambios, desde un modelo de agricultura extensiva, donde el valor del suelo no era un factor limitante. La tendencia, en el proceso de modernización de la horticultura, ha llevado a explotaciones más pequeñas donde el aprovechamiento del suelo es primordial para poder conseguir unos mayores rendimientos económicos. La implantación de producciones intensivas junto a la mecanización de numerosos procesos agrarios, ha permitido mantener la producción cosechada en unos valores relativamente altos. Esta mejora en rendimientos productivos provocados por el mejor manejo de los insumos y la reducción de los costos de producción, han llevado al agricultor a conseguir con menos superficie, mayores producciones, y por lo tanto, mejores rendimientos.

Tabla 3. Serie histórica de evolución de producción, superficie cultivada y valor de las hortalizas en España.

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Valor (miles de euros)
1990	509	11.780	3.820.388
1991	482	10.816	3.358.462
1992	462	10.712	3.114.799
1993	435	10.473	3.308.199
1994	430	10.856	3.652.735

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

1995	401	10.615	3.532.010
1996	399	11.407	3.919.813
1997	402	11.886	4.176.661
1998	398	12.264	4.343.809
1999	410	12.961	4.531.563
2000	409	12.802	5.290.937
2001	400	12.886	5.115.069
2002	403	13.206	5.851.457
2003	397	13.194	6.415.585
2004	405	13.751	5.925.064
2005	407	13.896	6.794.138
2006	395	13.512	5.796.221
2007	380	13.501	6.287.555
2008	361	13.006	6.263.458

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

En las siguientes graficas podemos ver el incremento en las producciones hortícolas españolas, en contraposición a la decreciente línea seguida por la superficies cultivadas, este fenómeno es fruto del nuevo modelo de agricultura intensiva mucho mas competitiva que le permite abrirse hueco en un mercado cada vez mas difícil.

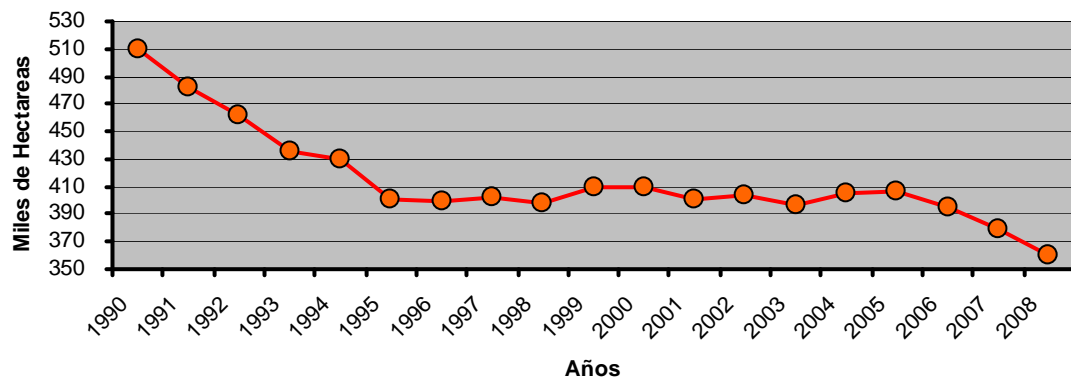


Figura 5. Evolución de la superficie hortícola en España. Serie histórica. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

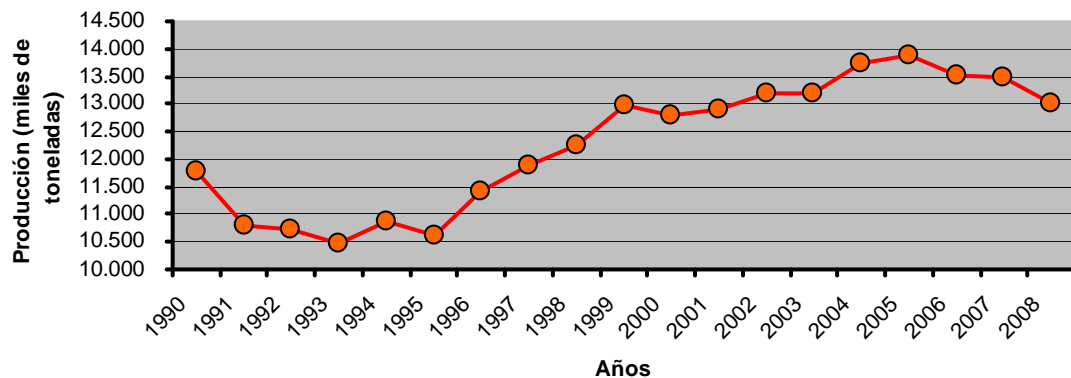


Figura 6. Evolución de las producciones hortícolas en España. Serie histórica. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Dentro del grupo de las hortalizas, el cultivo de melón en España, juega un papel importante tanto por su presencia en producción como por la extensión ocupada por este cultivo. Después del tomate, y según los datos del Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino del año 2009, es el melón el que dedica mas superficie total cultivada con 33.388 ha, que a pesar de ser en su mayoría un cultivo al aire libre, constituye un grupo muy variado a tener muy en cuenta en la horticultura española, no solo por esa extensión ocupada, si no también por su importante desarrollo en los modelos de agricultura protegida, que gracias a las nuevas innovaciones y mejoras en las técnicas de cultivo, los rendimientos han experimentado un crecimiento notable en los últimos años de manera considerable.

Tabla 4. Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción de las principales hortalizas en España.

Cultivos	Superficie (hectáreas)			Producción (toneladas)	
	Secano	Regadío			Total
		Aire libre	Protegido		
TOMATE	479	34.951	19.438	54.868	4.049.753
MELÓN	2.701	22.568	8.119	33.388	1.042.439
PIMIENTO	198	7.984	10.499	18.681	918.140
SANDÍA	2.186	8.635	4.853	15.674	723.164
CEBOLLA	602	20.088	178	20.868	1.059.743

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

PEPINO	6	925	7.355	8.286	670.162
LECHUGA	258	31.836	766	32.860	889.233
CALABACÍN	76	2.120	5.033	7.229	346.959
BERENJENA	14	1.698	1.884	3.596	198.768

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

1.2.2. Evolución de superficie, producción y rendimientos productivos del cultivo de melón en las últimas décadas en España

Este crecimiento en los rendimientos productivos puede apreciarse con claridad en la siguiente tabla, (tabla 5). Aquí, se observa el decrecimiento de la superficie cultivada en contraposición a la cantidad de cosecha producida, la cual se ha mantenido en constante crecimiento hasta llegar a cifras que igualan las producciones cosechadas hace dos décadas, con casi la mitad de superficie que necesitábamos entonces.

Esto se debe a la aparición de nuevas variedades de mayores rendimientos, mejora de las variedades existentes, y en general todas las mejoras aplicadas al sistema de cultivo.

Tabla 5. Evolución de superficie cultivada, rendimientos y producción del cultivo de melón es España. Serie histórica.

Años	Superficie	Rendimiento	Producción
	(miles de hectáreas)	(qm/ha)	(miles de toneladas)
1990	61,5	154	947,2
1991	60,5	151	915,5
1992	56,2	154	864,9
1993	50,5	169	852,8
1994	47,2	186	877,3
1995	42,2	204	860,2
1996	43,4	223	967,9
1997	43,8	225	984,8
1998	43,7	233	1.020,0
1999	43,0	267	1.149,8
2000	41,6	257	1.068,0

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

2001	40,2	258	1.038,0
2002	39,2	281	1.101,8
2003	38,9	275	1.071,2
2004	37,6	285	1.071,2
2005	40,4	269	1.086,7
2006	40,3	270	1.087,9
2007	38,7	306	1.183,2
2008	33,4	312	1.042,4

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

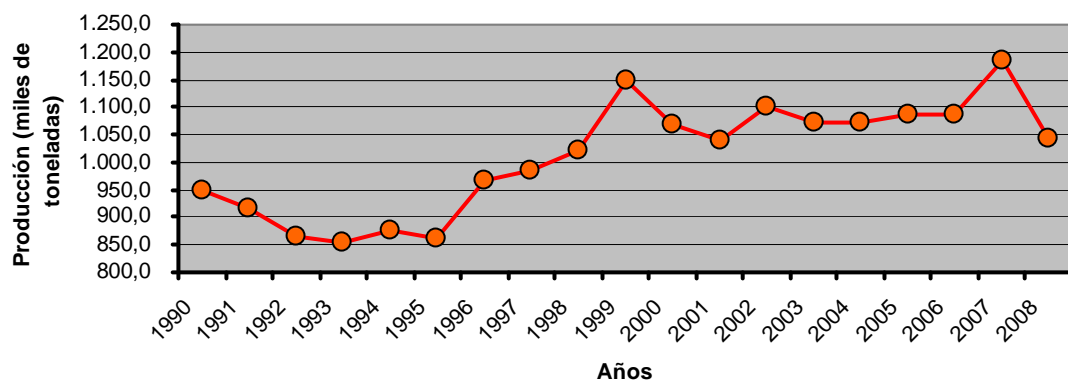


Figura 7. Evolución de la producción de melón en España. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Como podemos observar la evolución del cultivo de melón en superficie y producción en la agricultura española, guarda cierto paralelismo con la evolución de la horticultura nacional vista en el punto anterior. Veamos a continuación la evolución en superficie productiva ocupada por el melonar español.

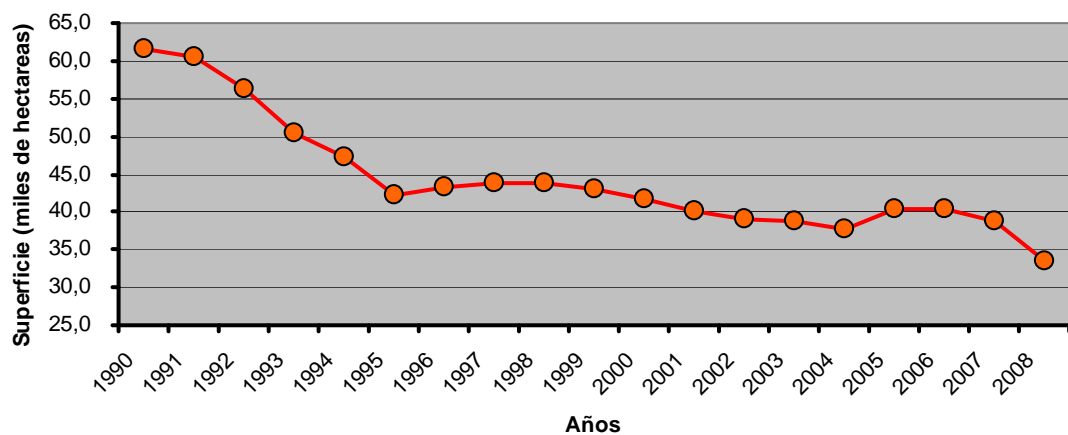


Figura 8. Evolución de la superficie cultivada de melón en España. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

1.2.3. Principales comunidades autónomas productoras de melón en España

En España, dentro del cultivo de hortalizas hemos observado que el melón, es de gran importancia. Pero este cultivo no se centra en una zona en concreto de nuestro país, sino que se encuentra muy extendido por la geografía española. Desde zonas de interior, en Castilla La Mancha, a otras zonas más sureñas de Andalucía, o del levante español, en la Comunidad Valenciana e incluso más al norte, como Cataluña. No obstante, aunque su presencia esta muy generalizada, existen zonas con mayor tradición melonera, donde las superficies ocupadas por este cultivo son mucho mayores que en otras.

Según el anuario de estadística del 2009 (Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino), la comunidad autónoma con mayor superficie dedicada al cultivo de melón es Castilla La Mancha, con una superficie total de 12.368 hectáreas, de las cuales, 11.696 hectáreas están cultivadas en regadío, al aire libre. La sigue Andalucía, con 8.982 hectáreas, que a diferencia de Castilla La Mancha, la mayoría de su superficie cultivada se encuentra bajo sistemas de cultivo protegidos, en concreto, 5.200 hectáreas frente a las 25 hectáreas de Castilla.

En tercera posición cercana a Andalucía en cuanto a producción, encontramos a la Región de Murcia con 5.457 hectáreas cultivadas, de las cuales, 5.012 hectáreas son al aire libre y tan solo 445 hectáreas en protegido.

Otras comunidades productoras que le siguen en menor medida son: Extremadura, Comunidad Valenciana, Madrid y Cataluña.

Veámoslo en la siguiente tabla.

Tabla 6. Principales comunidades productoras de melón de España. Desglose de la superficie en función de los distintos modelos de cultivo. Producciones.

Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)			Total	Producción (toneladas)
	Secano	Regadío			
		Aire libre	Protegido		
CASTILLA-LA MANCHA	647	11.696	25	12.368	363.439
ANDALUCÍA	796	2.986	5.200	8.982	283.831
R. DE MURCIA	–	5.012	445	5.457	234.698
EXTREMADURA	930	573	1.967	3.470	86.366
C. VALENCIANA	106	1.059	407	1.572	40.743
MADRID	25	476	–	501	11.994
CATALUÑA	102	455	–	557	10.504
ESPAÑA	2.701	22.568	8.119	33.388	1.042.439

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

De este modo, Castilla La Mancha ocupa un 37% de la superficie cultivada de melón en España, seguida de Andalucía con el 26%, la Región de Murcia con el 11%, Extremadura con el 5% y Madrid y Cataluña con el 2% respectivamente. El resto lo componen otras comunidades que no supera el 1%.

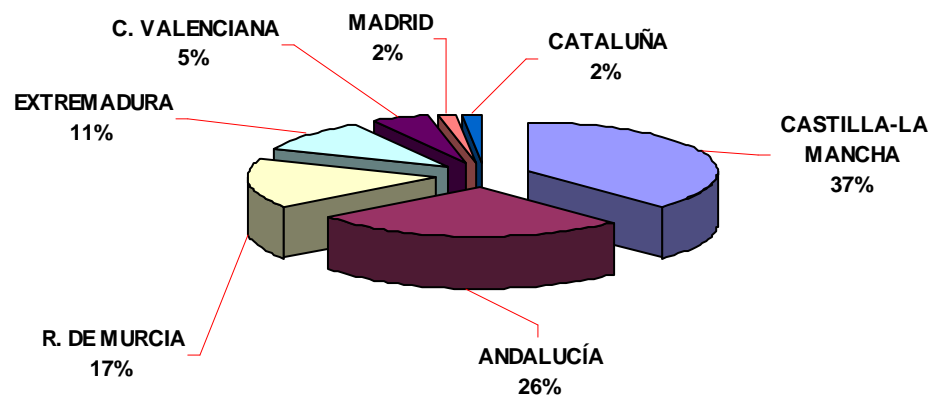


Figura 9. Distribución de superficie cultivada de melón por comunidades autónomas en España. Datos porcentuales. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Sin embargo, en cuanto a rendimientos productivos se refiere, y según el anuario de estadística para el año 2009 (Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino), es la Región de Murcia la que obtiene los mejores valores con unos rendimientos de 60.000 kg/ha para sus cultivos protegidos y 41.500 kg/ha para los cultivos al aire libre sin sistemas de forzado. Estos datos son aplastantes si se comparan con los de Andalucía, cuyo rendimiento productivo en cultivos protegidos ronda los 38.782 kg/ha y 25.664 kg/ha para cultivos al aire libre.

Este espléndido rendimiento obtenido en Murcia nos da una explicación racional de porque con una superficie cultivada de 3.000 hectáreas menos que Andalucía, producen cantidades muy parecidas. La respuesta es clara, sus altos rendimientos.

Pero es la Región de Murcia una excepción en el panorama nacional, ya que la media nacional en rendimientos productivos se sitúa en la cifra de 38.067 kg/ha para cultivos protegidos y de 31.721 kg/ha para cultivos al aire libre, muy por debajo de los valores murcianos.

En Andalucía, esta media es superada levemente en cultivos protegidos obteniendo rendimientos de 38.782 kg/ha, aunque en cultivos al aire libre, los rendimientos quedan por debajo de la media con 25.664 kg/ha.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 7. Rendimientos productivos en cultivos de melón para las principales comunidades autónomas españolas. Desglose de rendimientos en función de los distintos modelos de cultivo.

Comunidades Autónomas	Rendimiento (kg/ha)		
	Secano	Regadío	
		Aire libre	Protegido
CASTILLA-LA MANCHA	4.563	30.760	28.850
ANDALUCÍA	6.948	25.664	38.782
R. DE MURCIA	–	41.500	60.000
EXTREMADURA	7.115	32.301	31.134
C. VALENCIANA	5.882	22.612	39.735
MADRID	3.750	25.000	–
CATALUÑA	6.829	21.552	–
ESPAÑA	6.471	31.721	38.067

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

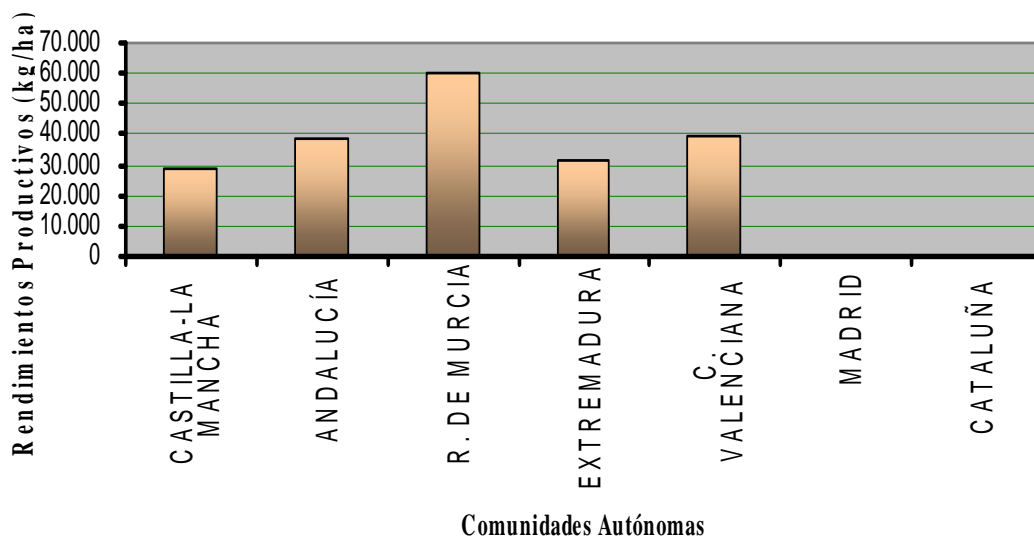


Figura 10. Rendimientos productivos en cultivos de melón protegidos para diversas comunidades autónomas españolas. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

1.2.3.1. Principales provincias españolas productoras de melón. Superficies, producciones y rendimientos productivos en la provincia de Almería

El cultivo de melón, es una práctica que como hemos analizado está muy extendida por distintas áreas geográficas del territorio nacional español, no obstante, existen provincias que tradicionalmente han sido escenario común de este tipo de cultivo, destacando su presencia por encima de otras provincias.

Andalucía es una zona productora de gran importancia en España. Para ella, la superficie cultivada de melón para el año 2009 se situó en 8.683 hectáreas, unas mil hectáreas mas que en 2010, donde la superficie no superó los 7.500 hectáreas de cultivo, situándola por detrás de la Sandía.

El cultivo de melón en Andalucía, ha ocupado en los últimos años la tercera posición en importancia de superficie ocupada tras el tomate, con unas 20.000 hectáreas aproximadamente, y el pimiento, con unas 12.000 hectáreas.

Podemos observar, que en unos pocos años la superficie dedicada al cultivo de melón en Andalucía ha experimentado un descenso, aunque de manera generaliza, esta disminución de la superficie se ha producido en los cultivos más importantes, tomate, pimiento, melón, sandía, calabacín, etc. Aún así, el cultivo de melón en Andalucía tiene gran relevancia no solo por su superficie ocupada, sino también por su producción acumulada que ronda para el año 2010 las 220.000 toneladas.

Estos valores productivos, dejan patente la clara mejoría en rendimientos productivos, siendo cada vez mayor la cantidad cosechada en proporción a la superficie utilizada.

Veámoslo en la siguiente tabla:

Tabal 8. Superficie y producción de las principales especies hortícolas en Andalucía. Comparativa de años 2009, 2010 y la media.

HORTALIZAS	Superficies (Has)			Producciones (Tm)		
	2010	2009	Media 05-08	2010	2009	Media 05-08
Tomate	19 687	21 912	19 704	1 504 702	1 695 347	1 535 887
Pimiento	10 900	10 947	12 242	556 526	582 423	657 936
Melón	7 453	8 683	9 499	219 139	277 042	293 354
Sandía	8 402	8 620	8 681	448 411	515 145	461 183
Calabacín	6 256	5 726	5 184	316 918	297 999	265 105
Pepino	7 134	7 006	6 607	605 735	508 528	506 256
Berenjena	2 788	2 780	2 430	175 571	170 084	134 006
Judías verdes	3 641	3 799	6 435	52 794	57 696	99 078

Fuente: Elaboración propia según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

En cuanto a la producción por provincias el cultivo de melón lo podemos encontrar en distintas zonas de España, pero existen algunas provincias donde por tradición o por su especial situación geográfica, destacan en el cultivo de esta hortaliza de fruto.

Ciudad Real, es la provincia que dedica mas superficie a este cultivo, según los datos de anuario de estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino para el año 2009, Ciudad Real contó con 10.257 hectáreas cultivadas, las cuales todas se registraron como superficies en regadío al aire libre, sin presentar ninguna superficie protegida llegaron a obtener una producción de 333.430 toneladas. Con estas cifras Ciudad Real se considera la mayor productora de melón de España seguida de Almería.

Almería, es una provincia con una producción bastante aceptable. Con una superficie cultivada de 4.981 hectáreas, de las cuales, 4.621 hectáreas son de cultivos protegidos lo cual implica un aumento en los rendimientos productivos. Al aire libre la superficie productiva en Almería es muy modesta con 360 hectáreas de su total.

A Ciudad Real y Almería le siguen otras provincias con producciones y superficies menores, como Badajoz, Sevilla o Córdoba, donde a pesar de no presentar grandes superficies, guardan un equilibrio mas o menos paralelo en cuanto al tipo de sistema utilizado. Podemos observar en la tabla siguiente provincias donde los sistemas protegidos de cultivo van muy a la par con los sistemas al aire libre, a excepción de Toledo, cuya superficie cultivada es, en su totalidad, al aire libre.

La incorporación y la mejora de los sistemas de cultivo protegidos en nuestro país, ha tenido repercusión directa en los rendimientos productivos de las cosechas de melón. Según los datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino para el año 2009, provincias como Ciudad Real, donde los sistemas productivos son al aire libre en su totalidad, presentan rendimientos productivos inferiores a provincias donde la superficie cultivada se centra en cultivos protegidos. Así en Ciudad Real los rendimientos fueron de 32.800 kg/hectárea, cifras mucho menores comparadas con cultivos protegidos donde los rendimientos son mayores, como es el caso de Almería, la cual obtuvo unos rendimientos de 38.341 kg/hectárea en sus cultivos protegidos y 26.241 kg/hectárea para los obtenidos al aire libre. Otras provincias con menores superficies dedicadas al melón obtuvieron los mejores rendimientos productivos llegando a cifras de 40.000 kg/hectárea, como es el caso de Córdoba, e incluso a los 48.520 kg/hectárea en la provincia de Sevilla.

Tabla 9. Principales provincias españolas productoras de melón. Superficies y producciones. Datos año 2008.

Provincias	Superficie (hectáreas)			Producción (toneladas)	
	Secano	Regadío			Total
		Aire libre	Protegido		
Ciudad Real	–	10 257	–	10 257	336 430
Almería	–	360	4 621	4 981	186 621

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Badajoz	880	440	1 700	3 020	73 635
Toledo	517	1 128	–	1 645	18 786
Sevilla	299	759	60	1 118	32 023
Córdoba	257	237	440	934	24 851

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

Veamos los rendimientos productivos obtenidos en las principales provincias productoras, y en función de los distintos modelos productivos (aire libre y protegido).

Tabla 10. Principales provincias españolas productoras de melón. Rendimientos productivos. Datos año 2008

Provincias	Rendimiento (kg/ha)		
	Secano	Regadío	
		Aire libre	Protegido
Ciudad Real	–	32 800	–
Almería	–	26 241	38 341
Badajoz	7 150	32 452	31 214
Toledo	4 700	14 500	–
Sevilla	8 455	35 025	48 520
Córdoba	7 000	23 000	40 000

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

1.2.4. Precios medios percibidos por los horticultores

Referente a las cotizaciones medias percibidas por los agricultores españoles para el cultivo de melón, podemos observar que las oscilaciones en los últimos quince años no son muy marcadas, si no que guarda una tendencia bastante regular en su evolución.

En la siguiente tabla se puede observar con detalle la evolución que han experimentado los precios medios que han percibido los agricultores por el cultivo de melón.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 11. Evolución de los precios medios percibidos por los agricultores

Años	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)
1990	24,0
1991	27,6
1992	27,8
1993	21,6
1994	26,7
1995	24,9
1996	22,0
1997	29,2
1998	24,9
1999	23,5
2000	26,4
2001	25,8
2002	23,6
2003	31,7
2004	29,7
2005	25,8
2006	31,0
2007	34,6
2008	42,1

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2009).

A continuación podemos ver en la grafica, las fluctuaciones de dichos precios y su tendencia evolutiva en los últimos veinte años.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

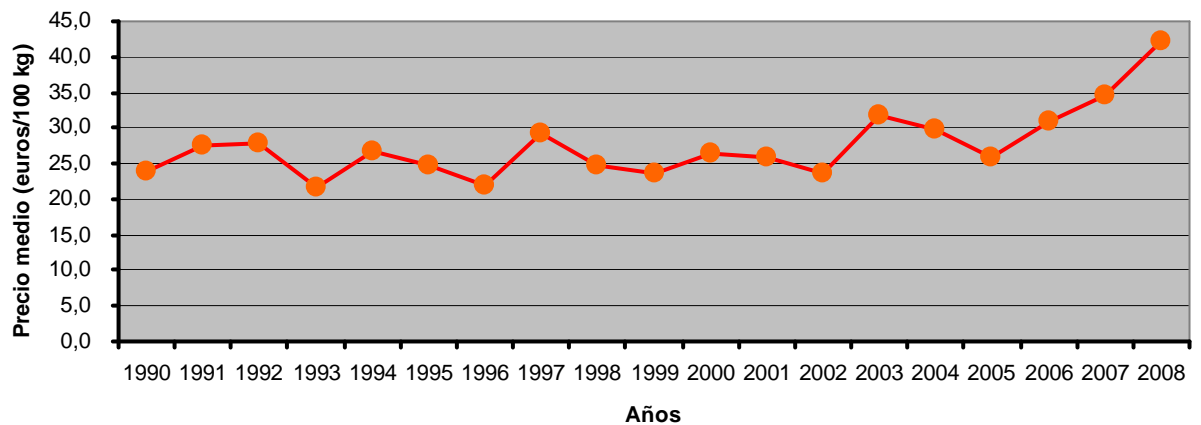


Figura 11. Evolución de los precios medios percibidos por los agricultores de melón en los últimos 20 años en España. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

1.3. PRINCIPALES TIPOS DE MELÓN CULTIVADOS EN ESPAÑA

1.3.1. Evolución de la superficie y producción de los principales tipos de melón en España

La decisión por parte de los agricultores españoles a la hora de elegir que tipo de melón plantar, viene determinada en la mayoría de los casos por la demanda existente en los mercados de destino. La presencia de mercados consumidores de distintos tipos de melón, va a incidir de forma directa en la decisión que más convenga al productor, es decir, que en muchos casos, otorga una mayor flexibilidad en cuestiones agronómicas, es decir, el mercado es más variado en demanda y el productor tiene más posibilidades de estrategia a la hora de decidir por uno u otro tipo de melón.

En la siguiente tabla, se puede observar la evolución de las superficies y producciones de los principales tipos de melón cultivados en España. Según estos datos, la superficie cultivada en España de los distintos tipos de melón tiende a disminuir progresivamente. Paralelamente los rendimientos productivos han ido mejorando por lo general para todos los tipos de melón, gracias a las nuevas técnicas, avances y variedades más productivas.

Este descenso en la superficie productora de melón, ha tenido mayor importancia en los últimos años, en concreto, a partir, del año 2006-2007, donde la caída se ha visto más acentuada, debida en muchos casos a la crisis financiera y en otros a la mala gestión de empresarios y productores. Aun así, en el último año registrado, 2009, se ha observado que melones del tipo cantalupo y piel lisa, si no han crecido en superficie con respecto al año anterior, si se han mantenido en sus cifras.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Veamos esta tendencia en la tabla siguiente y su tendencia evolutiva en las figuras 12 y 13.

Tabla 12. Evolución de la superficie y producción de diferentes tipos de melón en España

Años	Melón de piel lisa		Melón tendral		Melón cantalupo		Otros melones	
	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)
1999	6,5	136,6	3,7	74,0	5,3	188,5	27,6	750,8
2000	6,9	144,3	4,3	91,7	4,9	157,6	25,5	674,4
2001	6,2	123,2	4,2	90,3	5,5	209,9	24,2	614,5
2002	6,2	146,1	4,0	96,1	3,6	134,0	25,3	725,7
2003	6,6	168,4	4,1	88,7	2,8	92,4	25,4	721,7
2004	6,5	147,3	4,0	89,4	2,6	91,3	24,5	743,1
2005	8,1	173,1	4,8	99,7	2,3	75,2	25,3	738,7
2006	7,0	168,6	4,6	97,8	2,5	84,1	26,2	737,3
2007	5,4	149,1	3,4	92,3	2,7	90,9	27,3	851,0
2008	4,3	121,6	3,2	84,9	2,0	72,3	23,9	763,6
2009	4,3	118,3	1,8	37,4	2,3	81,0	22,9	748,1

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2010).

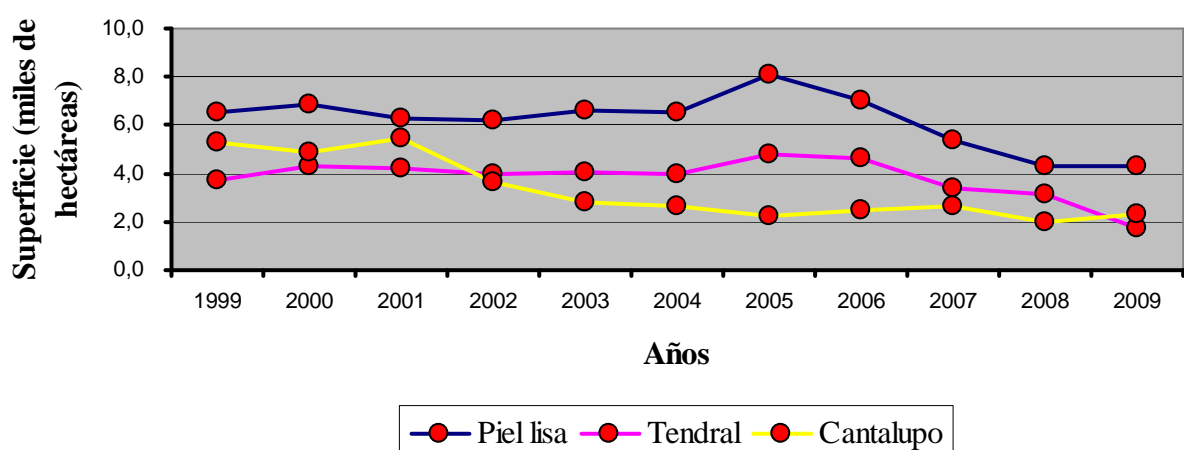


Figura 12. Serie histórica de la evolución de la superficie cultivada de los distintos tipos de melón en España en los últimos años. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

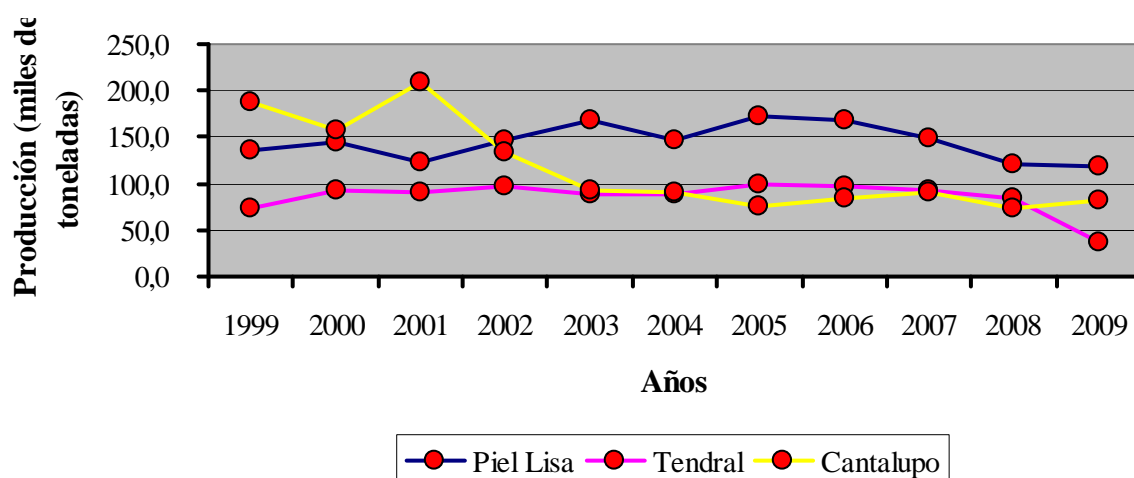


Figura 13. Serie histórica de la evolución de la producción cosechada de los distintitos tipos de melón en España en los últimos años. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2009).

1.3.2. Importancia del melón tipo cantalupo en España y Almería

En el apartado anterior hemos comparado los diferentes tipos de melón cultivados en España, en este, podremos ver la evolución del melón cantalupo en los últimos diez años.

Al igual que en el resto de tipos de melón, la tendencia decreciente en superficie ocupada ha estado patente en el transcurso de los años, y aunque es a partir del año 2006 cuando se produce el descenso mas brusco, los valores mas actualizados del año 2009 reflejan una frenada en esta caída. A pesar de esta disminución en la superficie productora, y de manera muy parecida a lo que ocurren el resto de cultivos, los rendimientos productivos en este tipo de melón se han visto notablemente mejorados en estos últimos años.

En la siguiente tabla vemos la evolución mencionada anteriormente.

Tabla 13. Evolución de la superficie y producción de melón cantalupo en España

Años	Melón cantalupo	
	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)
1999	5,3	188,5
2000	4,9	157,6

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

2001	5,5	209,9
2002	3,6	134,0
2003	2,8	92,4
2004	2,6	91,3
2005	2,3	75,2
2006	2,5	84,1
2007	2,7	90,9
2008	2,0	72,3
2009	2,3	81,0

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2010).

En cuanto a la distribución geográfica de este tipo de melón podemos decir que se distribuye de manera distinta al resto de melones. Castilla la Mancha que poseía la mayor cantidad de superficie dedicada al cultivo de melón de España pasa a ocupar la 4ª posición si nos referimos al cantalupo.

Se puede apreciar que Andalucía ocupa la primera posición tanto en superficie como en producción, seguida de comunidades como la Comunidad Valenciana, la Región de Murcia, Castilla la Mancha y Cataluña.

Tabla 14. Superficie y producción de melón cantalupo en España. Análisis por Comunidades Autónomas para el año 2009.

Comunidades Autónomas	Melón cantalupo	
	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)
ANDALUCÍA	1.399	42.723
C. VALENCIANA	604	23.740
R. DE MURCIA	253	13.624
CASTILLA-LA MANCHA	49	539
CATALUÑA	25	387
ESPAÑA	2.330	81.013

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2010).

Veamos los datos de un modo porcentual.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

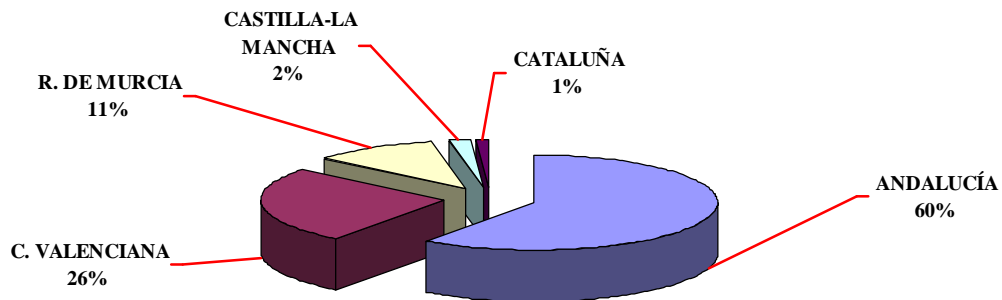


Figura 14. Principales Comunidades Autónomas productoras de melón cantalupo en España. Datos porcentuales de superficie ocupada. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

En cuanto a las provincias con mayores superficies productoras de melón cantalupo en España destacamos, Alicante con 584 hectáreas, Málaga con 425 hectáreas, Córdoba con 417 hectáreas, Almería con 292 hectáreas, y Sevilla y Cádiz con 133 y 119 hectáreas respectivamente.

Tabla 15. Superficie y producción de melón cantalupo. Análisis por provincias españolas para el año 2009.

Provincias	Melón cantalupo	
	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)
Alicante	584	23.360
Málaga	425	12.422
Córdoba	417	11.740
Almería	292	10.943
Sevilla	133	4.854
Cádiz	119	2.440

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2010).

Observemos los siguientes gráficos de barras referentes a superficie y producción de las principales provincias españolas en este cultivo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

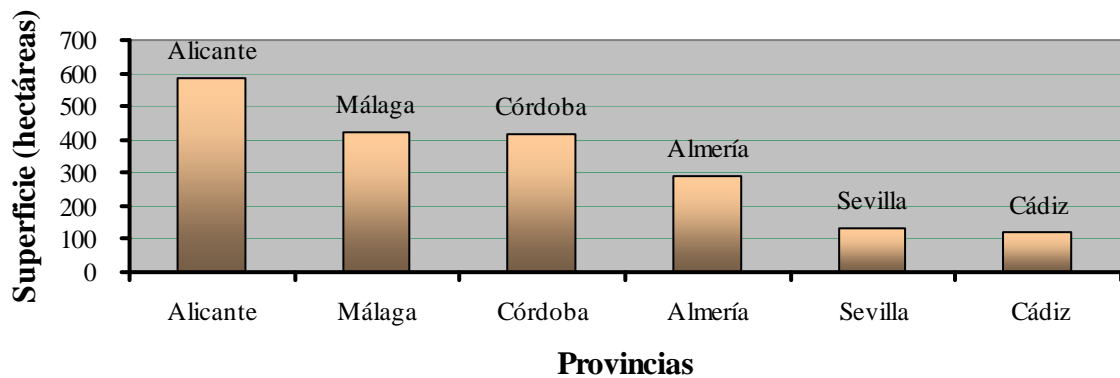


Figura 15. Principales provincias españolas productoras de melón cantalupo en España. Datos de superficie ocupada. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

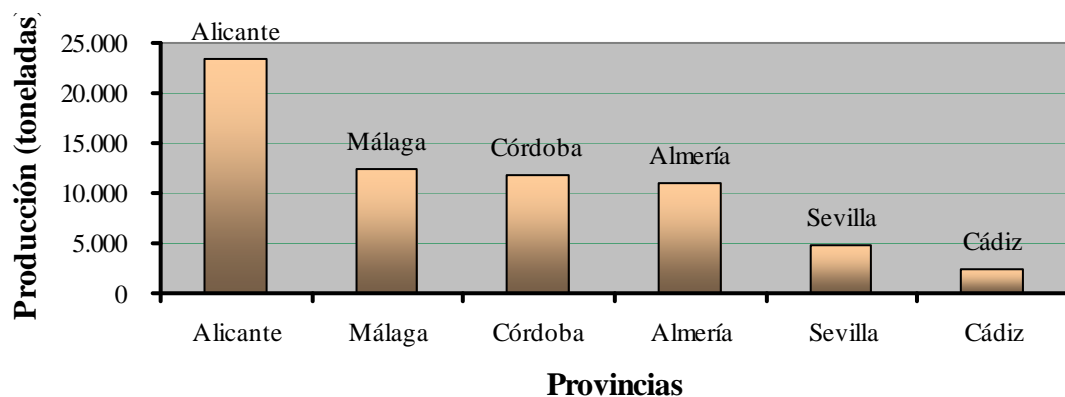


Figura 16. Principales provincias españolas productoras de melón cantalupo en España. Datos de producción cosechada. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

Almería supone aproximadamente el 50% de la superficie dedicada al cultivo protegido de melón en España. Para el año 2007 contó con 4 774 hectáreas de cultivo protegido de melón, seguida en importancia por Badajoz con unas 2 420 hectáreas y Alicante con 615 hectáreas (datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino). Parece ser, que en Almería, la finalización del primer cultivo en los primeros meses del año (enero-marzo) facilita la introducción de un segundo cultivo, que en gran parte de la superficie viene a ser el melón.

Veamos en la siguiente figura cuales son los melones mas cultivados en Almería en función de la superficie ocupada.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

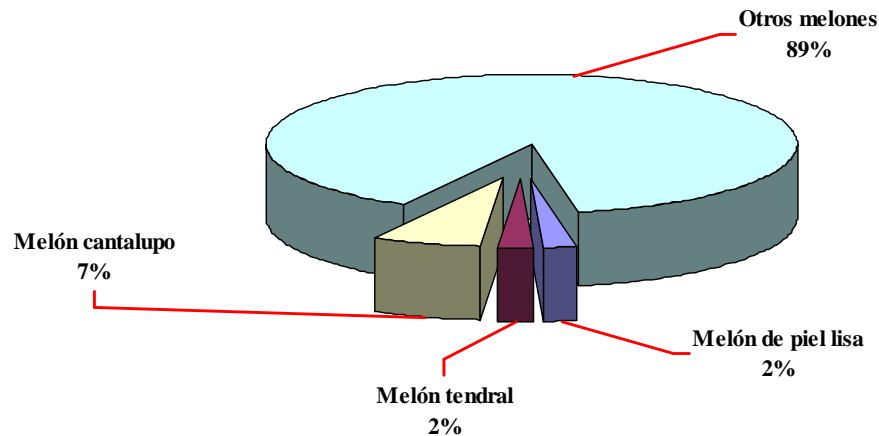


Figura 17. Principales tipos de melón cultivados en Almería. Datos porcentuales de superficie ocupada. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

El cultivo bajo plástico en la provincia de Almería es una de las claves principales del éxito productivo.

La superficie invernada en nuestra provincia continua estabilizada en unas 27.000 hectáreas, aunque en la campaña 2008/2009 se ha registrado un incremento del 1,3%.

Esta subida se debe principalmente al incremento de los cultivos de primavera, ya que los agricultores plantan en el segundo trimestre del año con el objetivo de mejorar sus ingresos.

En el cultivo de melón se ha producido un descenso importante, cuya superficie ha caído en un 10,7%. De este modo, podemos afirmar que los cultivos de primavera que han primado han sido de sandía y calabacín mayoritariamente, ya que la superficie dedica a tomate en esta época se ha mantenido y la de pepino ha disminuido en un 2,7%. En cuanto al descenso de producción, el melón ha disminuido un 8,4% su producción cosechada respecto a la campaña anterior (datos estimados a partir de publicaciones de la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía).

1.4. COMERCIO EXTERIOR

Los distintos y variados gustos y apetencias de los consumidores de melón en los distintos mercados de destino cada vez son mayores. Gracias a la diversidad de variedades, nuestro país, se sitúa a la cabeza como principal proveedor del consumo de melón en Europa. Este hecho, ha sido posible gracias a variedades que han resuelto problemas de transporte a larga distancia, con los melones llamados larga vida, así, como otras

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

variedades más productivas o resistentes a ciertas enfermedades que mermaban su rendimiento productivo.

Las posibilidades de exportación para el melón deben evaluarse en función de las facilidades de acceso al mercado y de los costos de producción, así como en la capacidad de ofrecer las variedades y volúmenes de género demandadas.

España exporta entre el 35% y el 40% del total de su producción, principalmente con destino a países de la Unión Europea, siendo este tipo de mercado el que absorbe el 95% de la producción exportada. (Reche, 2008).

En el mercado intracomunitario España es el principal exportador de melón (77,38%), le siguen con menores porcentajes Holanda (10,37%), Francia (7,69%), Alemania (1,31%). El resto de países europeos realizan pequeñas exportaciones que no superan el 1%.

Las exportaciones de melón por parte de España han ido incrementándose hasta valores de 400 000 toneladas (año 2007), las importaciones casi 67 000 toneladas, para el mismo año.

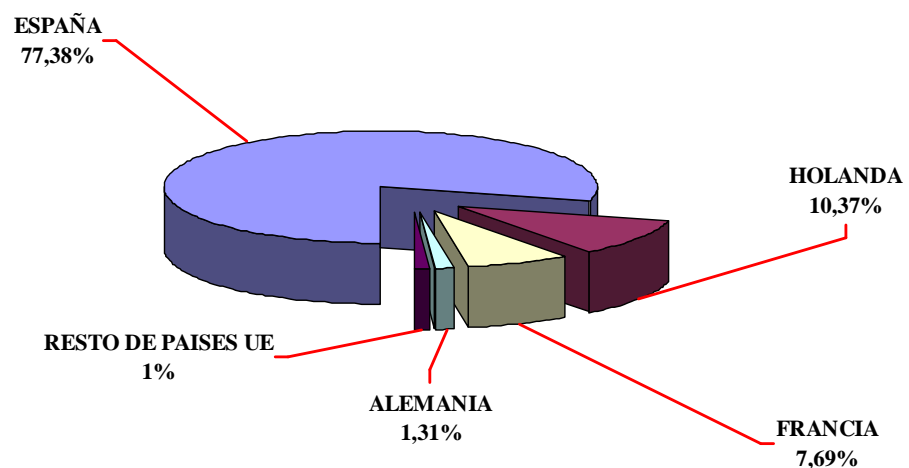


Figura 18. Distribución porcentual de las exportaciones de melón en Europa. (Elaboración propia a partir de datos de la Fundación Cajamar).

A continuación podemos ver la evolución de las importaciones y exportaciones de melón en España.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 16. Serie histórica de la evolución de importaciones y exportaciones de melón en España.

Años	Comercio exterior (toneladas)	
	Importaciones	Exportaciones
1999	18.590	390.417
2000	17.686	339.709
2001	19.888	390.557
2002	28.955	390.397
2003	40.993	430.210
2004	47.085	396.793
2005	57.033	386.557
2006	62.728	380.039
2007	66.751	374.413
2008	67.262	349.109
2009	58.949	362.671

Fuente: Elaboración propia según datos del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (Datos Anuario de Estadística 2010).

A continuación podemos apreciar la evolución de las importaciones y exportaciones en España en los últimos diez años.

Vemos que a pesar de que España es principal productora de melón en Europa la tendencia en cuanto a toneladas importadas en los últimos años va en aumento.

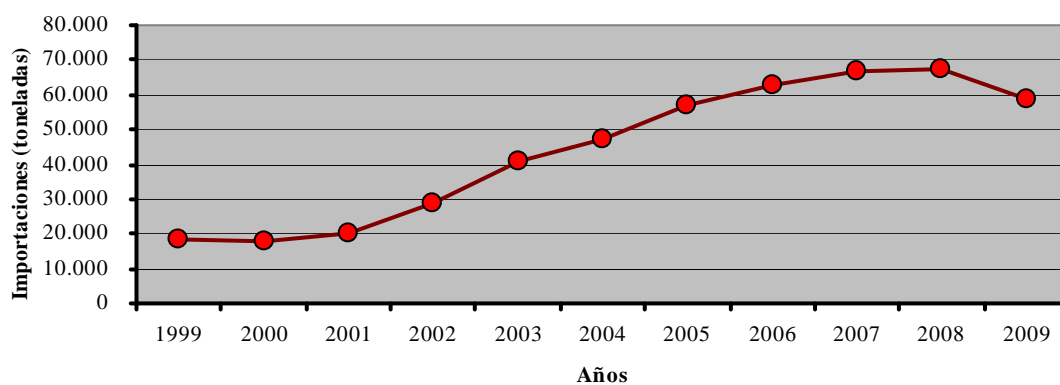


Figura 19. Evolución de las importaciones de melón en España. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Veamos a continuación la tendencia de las exportaciones.

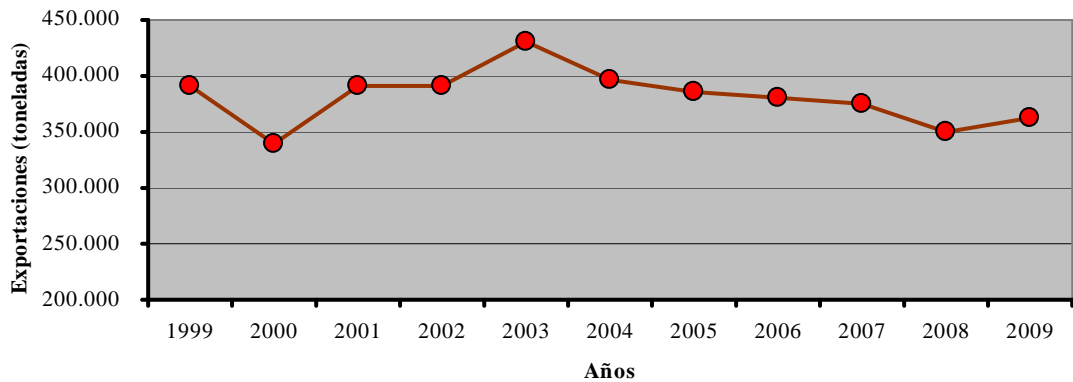


Figura 20. Evolución de las exportaciones de melón en España. (Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Estadística del Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Año 2010).

Los destinos principales del melón español en la Unión Europea son principalmente Reino Unido, Alemania, Francia y Holanda. Estos destinos son mercados de verano y abarcan el 75% del volumen de las exportaciones. (Reche, 2008).

Almería contribuye con el 85% de su producción de melón, pero con la particularidad de que la fecha de las exportaciones procedentes de Almería es más temprana, ocupando los meses de primavera y principios de verano. Francia se lleva el 34% de las exportaciones de la provincia, Holanda el 18%, Alemania un 16%, Reino Unido el 16% de las exportaciones, y Bélgica junto a Suiza, el 8% y el 5%, respectivamente. (Reche, 2008). A la hora de comercializar melón, además de tener en cuenta el tipo de melón, tendremos que estudiar el mercado de destino, y una serie de parámetros como el tamaño, el grado de azúcar y la homogeneidad en su forma y aspecto.

El melón de Almería, tiene gran importancia en mercados como el británico, su consumo se realiza en formato IV gama, de manera que se combinan diferentes variedades. Así, los melones tipo cantalupo, galia y amarillos, principalmente van destinados a exportación, siendo preferidos por ingleses tipos galia y amarillos, por franceses tipo cantalupo, y para Europa Central tipo galia.

Para el mercado nacional las variedades más demandadas son las verdes españolas, de frutos dulces, ya que su destino es ser consumido como postre.

1.5. IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN ESPAÑA Y EN ALMERIA. LA LANA DE ROCA

En la última década, los nuevos modelos de agricultura bajo plástico y sus técnicas de mejora de producción, han dado lugar a lo que ya conocemos como sistemas de cultivo sin suelo. En Europa, países del norte iniciaron esta técnica, y hoy en día, cada vez se extiende más por países del sur, como es el caso de España. Desde principios del 80 se produce junto a esta serie de cambios la incorporación de los cultivos sin suelo en provincias de Murcia, Almería, Granada y Canarias, usando principalmente como sustratos, lana de roca y perlita. (Camacho et al., 2003).

Los sistemas tradicionales de enarenado, que encarecían mucho su mantenimiento y la mano de obra que precisaba, fueron sustituidos por los nuevos sistemas de cultivo sin suelo, e incluso esta nueva alternativa, evitaba muchas de las indeseables enfermedades de suelo, que aunque también aparecen problemas de este tipo en sustratos de hidropónicos, la efectividad en su control es mucho mayor.

De este modo, Almería, se convirtió en la provincia española con más superficie cultivada en hidropónico y siendo la lana de roca el sustrato más usado, pero existía discrepancia en la fiabilidad de los datos. Algunas encuestas a agricultores de la provincia reflejaron unas 5000 hectáreas, de las cuales mitad eran de lana de roca y la otra mitad de perlita (Camacho et al., 2003). Sondeos más recientes indican que la superficie de cultivo sin suelo en Almería ha disminuido a unas 4000 hectáreas siendo la lana de roca y la fibra de coco los sustratos más utilizados.

La lana de roca es un sustrato con unas características magníficas para desarrollar nuestros cultivos, presenta una baja densidad aparente, lo cual facilita su manejo, alta porosidad total, alta capacidad de retención de agua asimilable por las raíces, y gracias a su baja capacidad de intercambio catiónico y su bajo poder amortiguador nos permite controlar en cada momento el estado físico-químico de las tablas. No obstante, la lana de roca presenta una serie de aspectos desfavorables, que en ocasiones, cuestionan su empleo.

Al poseer poca capacidad de inercia térmica y química, los cambios de temperatura y pH ocurren rápidamente y pueden ocasionar daños al sistema radicular de la planta. Es por ello que la planificación de las aportaciones y el manejo de estos sistemas sean estimados con antelación y exactitud, para evitar problemas de este tipo.

Por otro lado, las tablas de lana de roca no son biodegradables, con lo cual tenemos un costo añadido a la hora de cambiar esas tablas, ya que las tablas que actualmente se comercializan presentan una vida útil de tres campañas. Con el uso reiterado de este sustrato la tabla tiende a compactarse y perder porosidad efectiva, originándose problemas de hipoxia radical, que puede verse acrecentada con la alta densidad radicular.

Algunos estudios (Acuña, 2007), han determinado la dinámica estacional en cuanto a la disponibilidad de oxígeno en la solución de un medio de cultivo, para melón y

pimiento en lana de roca, y se ha comprobado que los periodos mas críticos en disponibilidad de oxígeno, coinciden con periodos asociados a altas temperaturas, verano principalmente. Otros indican que en invierno, con bajas demandas evaporativas, la posibilidad de encharcamientos es mayor.

Como podemos apreciar la presencia de oxígeno en el sustrato es clave para el buen funcionamiento del sistema. Podemos hablar de hipoxia en cultivo cuando la presión parcial del oxígeno esta entre el 4% y el 1% (Morad, 1995), o cuando la concentración en la solución del sustrato se sitúe por debajo de 3 ppm. (Gislerod y Kempton, 1983) y (Marfá y Guri, 1999).

Estas condiciones de hipoxia, de manera persistente, pueden tener consecuencias negativas en los cultivos con diversas alteraciones en las plantas (clorosis, necrosis radical, epinastía, cierre estomático, disminución de la fotosíntesis, etc.), y en definitiva un menor rendimiento productivo, que se traduce en un menor beneficio económico.

Una posibilidad que se plantea en cultivos en láminas de agua o en sustratos de baja porosidad, es airear la solución nutritiva aportando oxígeno al sustrato de manera que se solucionen el problema de asfixia. Los sistemas de cultivo sin suelo que usan tuberías a presión y que pueden inyectar oxígeno en los sistemas de riego localizados, se les conoce como sistemas de oxifertirrigación. (Marfán y Guri, 1999) y (Marfán et al., 2005). Pero es escasa la información que tenemos sobre el enriquecimiento de oxígeno en el fertirriego. Toda esta situación plantea nuevas alternativas que den solución a los inconvenientes planteados, mejora de la vida útil del sustrato tras cultivos reiterados, y mejora en la oxigenación del sistema radicular de la planta, y así, mejorar su rendimiento como sustrato y a la vez no mermar el del cultivo.

El interés de nuestro estudio no es otro que analizar la respuesta de un cultivo de melón en lana de roca, usada ya en otras campañas, sometidas a distintas condiciones de concentración de oxígeno aportadas en el fertirriego, estudiando el comportamiento productivo y morfológico, para los distintos tratamientos empleados.

1.6. OBJETIVOS DEL ENSAYO

Evaluación del uso de sistemas de oxigenación en agua de riego, empleada en un cultivo de melón (*Cucumis melo cv. vulcano*) en invernadero, mediante un sistema de hidroponía formado por distintos tipos de lana de roca.

Para poder evaluar los efectos de la oxigenación en riego, en los distintos tipos de sustratos de lana de roca, analizaremos una serie de parámetros tanto aplicados a la cosecha recolectada, como a datos morfológicos propios de la planta.

Con estos datos, podremos conocer cualquier mejora que se produzca tanto a nivel productivo como morfológico. Finalmente podremos evaluar la posibilidad de incorporar estas mejoras, que de un modo sostenible, nos proporcionen unos beneficios económicos.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

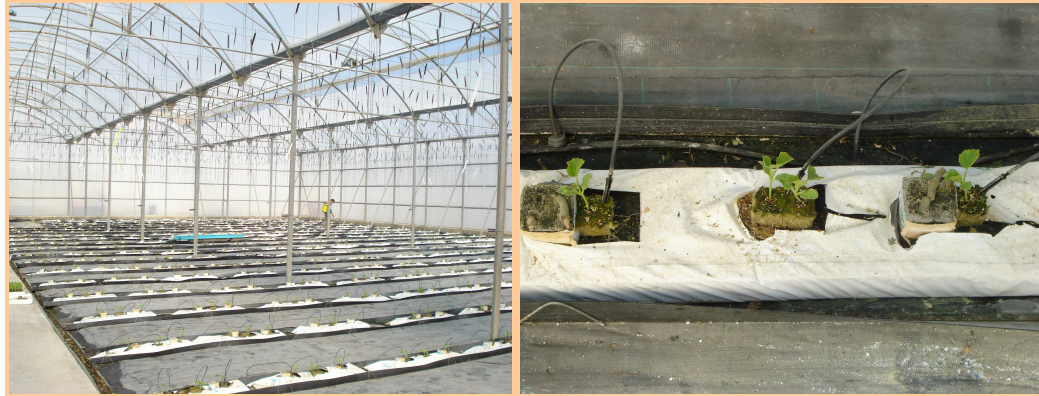


Figura 21. Cultivo hidropónico a base de tablas de lana de roca. Detalle de tabla (derecha)

1.6.1. PARAMETROS MORFOLOGICOS

- Longitud total del tallo (mm).
- Diámetro del brazo principal (mm).

1.6.2. PARAMETROS SOBRE LA COSECHA

- Kg.m^{-2}
- Kg/planta
- Frutos/ m^2
- Frutos/planta

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. EL MELÓN

2.1.1. Origen

La mayoría de los autores aceptan que el melón tiene su origen en el continente africano, aunque otros expertos piensan que es originario de Asia meridional, de hecho existen representaciones de esta fruta en tumbas egipcias de hace 4.400 años.

Penetró en España a través de las rutas comerciales que llegaban al puerto de Cartago Nova (actual Cartagena) en los siglos de dominación romana de la Península Ibérica (del III a.C. al IV d.C.). Los manuales de horticultura escritos en este periodo muestran como los romanos dominaban el cultivo de melones, al igual que describen como lo servían con almizcle, acentuando así su dulzor. También los musulmanes conocían sus propiedades ya que una de sus creencias dice '*el que sacie su estómago con melones se llenará de luz*'.



Figura 22. Representación tumba egipcia “dieta de un egipcio”.

De los primeros melones cultivados al aire libre en la provincia de Almería, allá por los años sesenta, el melón Amarillo fue el de más aceptación seguido del Charentais y del Piel de sapo. Los primeros cultivos en invernadero comenzaron a hacerse a principios de los ochenta, en la Vega de Adra y Campo de Níjar (Cantón *et al.*, 2003).

Esto produjo un gran incremento en la superficie cultivada del melón debido principalmente a la introducción en el mercado de nuevos tipos de melones como los Galia y a la llegada de grupos comercializadores franceses para realizar aquí melón tipo Cantalupo. Aunque en los años noventa, el melón Galia tuvo problemas debido a los daños por el virus del Cribado (MNSV), actualmente se ha solucionado con las variedades resistentes y el injerto sobre patrones híbridos de calabaza, ocupando mayor superficie de invernadero cultiva el melón tipo Galia frente al Cantalupo. (Camacho *et al.*, 2003).

2.1.2. Morfología y fisiología

De nombre científico *Cucumis melo L.* es una hortaliza perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, y se incluye dentro del grupo de las fanerógamas por reproducirse por medio de semillas, subtipo, angiospermas cuyo gineceo posee ovario y estigma y las semillas están encerradas en el fruto.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Su clase es dicotiledóneas por disponer sus semillas de dos cotiledones, subclase, metaclamídeas, por tener periantio (corola) con las piezas soldadas por lo menos en la base, con flores pentámeras y de estambres insertos en ella. Su fruto es un pepónide (baya grande) con un fuerte pericarpio y placenta carnosa. (Reche, 2008)

Es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un “entutorado” adecuado, con tallos pubescentes ásperos (provistos de zarcillos que nacen de las axilas de las hojas) que pueden alcanzar de 2 a 3 m de longitud.

* **Sistema radical**

Posee un sistema radical abundante, ramificado y de rápido desarrollo aunque superficial (entre los 30 y 40 centímetros del suelo).

Presenta una raíz principal pivotante capaz de alcanzar profundidades de hasta 1,2 metros (Cantón *et al.*, 2003) y se ramifica en raíces secundarias y laterales abundantes.

No forma raíces adventicias, lo que dificulta enormemente la regeneración de raíces dañadas.

* **Tallos**

La planta de melón posee unos tallos sarmentosos, de color verde, flexibles y ramificados, de sección pentagonal, cuadrangular o cilíndrica en plantas jóvenes (Reche, 2008), están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas.

El tallo principal presenta nudos en los que se desarrollan las hojas, en cuyas axilas brotan las ramificaciones secundarias, y de éstas surgen a su vez las ramificaciones terciarias, donde nacerá las flores femeninas portadoras de frutos.(Reche, 2008).

* **Hojas**

Las hojas se desarrollan en cada nudo del tallo junto a los zarcillos, pudiendo variar de color y tamaño dependiendo de unas variedades u otras.

Son pecioladas, con peciolo largo de 10-15 centímetros, palminervias, alternas, reniformes o pentagonal, cubiertas de vellosidades y lobuladas, con 3-7 lóbulos de bordes dentados pero no pronunciados. Las hojas también son vellosas por el envés. En las axilas de cada hoja con el tallo principal nacen los brotes de segundo orden (Reche, 2008).



Figura 23. Detalle de la hoja de una planta de melón.

★ Flores

Las flores son solitarias y de color amarillo. Pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas, dependiendo el número de flores de cada clase así como el momento de su aparición, del cultivar, de la interacción temperatura-luz, del uso de fitoreguladores y de los fertilizantes aportados. (Baudoin *et al.*, 2002).

Los días largos, las temperaturas elevadas y las giberelinas favorecen la aparición de flores masculinas, mientras que los días cortos, las temperaturas bajas y las auxinas favorecen la aparición de flores femeninas y hermafroditas. Las flores masculinas, que suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, son mucho más numerosas que las femeninas y las hermafroditas, que aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, conjuntamente con otras flores masculinas (Cantón *et al.*, 2003).

El vigor de la planta no favorece la aparición de las flores femeninas, de tal modo que cuanto mayor es el vigor, más tardía será la aparición de las primeras flores femeninas.

La proporción entre flores femeninas y masculinas aumenta desde el tallo principal hacia las ramas laterales y también desde la base hasta el ápice. La poda fuerza la aparición de flores femeninas, lo que puede inducir una cosecha más temprana.



Figura 24. Detalle de una flor femenina de melón.

Las flores masculinas pueden observarse a partir de los 10-15 días tras la plantación, apareciendo en las ramificaciones principales. Posteriormente continúan apareciendo a lo largo de todo el ciclo vegetativo.



Figura 25. Detalle de una flor masculina de melón.

Las flores masculinas poseen tres anteras con dos tecas cada una y por lo general son mucho más numerosas que las femeninas o hermafroditas.

Las flores femeninas, dependiendo de la variedad y del sistema de cultivo, aparecen aproximadamente a partir de los 20-25 días tras la plantación, unos 10 días después de las flores masculinas, son algo más grandes que las masculinas, poseen un ovario ínfero y aparecen en ramificaciones de segunda y tercera generación. Estas flores, son las que una vez polinizadas, darán origen al fruto.

★ **Frutos**

La forma del fruto es variable (esférica, ovalada, elíptica, etc); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado o blanco, puede ser lisa, reticulada o estriada. Son frutos de tipo peponídeo. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La pulpa a punto de su madurez es blanda, perfumada o casi inodora, dulce (con un contenido de azúcar entre los 11 y 15 °Brix) y acuosa.

Es un fruto con semillas, pueden existir entre 200 y 600 semillas (Camacho et al., 2003), son de color blanco o amarillo crema, de forma ovalada, achatada, alargada y de tamaño regular; están situadas en la cavidad que se forma en el centro del fruto, dentro de una pulpa acuosa formada por filamentos que son sus conductos alimenticios.

El cuajado y crecimiento de los primeros frutos suele reducir el cuajado de los siguientes frutos, lo cual puede ser debido entre otros factores, a la competencia por los elementos nutritivos. (Cantón *et al.*, 2003).

Para un buen desarrollo de frutos de melón es necesario que un número bastante importante de granos de polen germinen sobre el estigma de la flor femenina, puesto que la afluencia de auxinas está en estrecha correlación con la emisión de tubos polínicos. Si existe déficit polínico pueden formarse frutos deformados y con pocas semillas.

Frutos de melón cantalupo con menos de 400 semillas pueden no alcanzar suficiente calibre comercial, para lo cual se requiere, como término medio, un mínimo de 12 pasadas de abeja por flor femenina (Collison, 1989).

La delimitación en el tiempo, de la época de máxima acumulación azucarada tiene una importante repercusión práctica.

En general, el fruto de melón contiene en torno a un 92% de agua, con un pequeño aporte de 30 calorías por cada 100 gramos de fruto.

En la siguiente tabla se puede observar la composición química media de los frutos de melón:

Tabla 17. Composición química del fruto de melón. Valores medios.

Valor nutricional del melón en 100 g de producto comestible	
Agua (g)	91,2
Proteínas (g)	0,7
Lípidos (g)	0,1
Carbohidratos (g)	7,5
Calorías (kcal)	30,0
Vitamina A (U.I.)	3 400
Vitamina B1 (mg)	0,0
Vitamina B2 (mg)	0,0

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Vitamina B6 (mg)	0,0
Valor nutricional del melón en 100 g de producto comestible	
Ácido nicotínico (mg)	0,6
Ácido pantoténico (mg)	0,3
Vitamina C (mg)	33,0
Sodio (mg)	12,0
Potasio (mg)	230,0
Calcio (mg)	14,0
Magnesio (mg)	17,0
Manganeso (mg)	0,0
Hierro (mg)	0,4
Cobre (mg)	0,0
Fósforo (mg)	16,0
Azufre (mg)	12,0
Cloro (mg)	41,0

Fuente: Infoagro.com.

2.1.3. Material vegetal

Los tipos de melones comerciales en España son: Piel de Sapo, Amarillo, Rochet, Tendral, Galia y Cantalupo (Torres, 1997; Cantón et al., 2003; Reche, 2008).

▲ Melón tipo Amarillo

Dentro del melón tipo Amarillo distinguimos el Amarillo Canario y el Amarillo Oro. La forma del fruto es largada, siendo el Amarillo Canario de forma más oval y algo más alargado. La piel del fruto es de color amarillo, lisa o rugosa, de corteza muy gruesa y con la pulpa de color desde verde claro a blanco cremoso, crujiente y muy dulce (12-14 °Brix). Su peso está comprendido entre 1 y 2,5 kg. (Reche, 2008).

El ciclo de estos melones dura entre los 90-115 días, según variedades. Estos frutos poseen una buena conservación y alta resistencia al transporte.

El melón tipo Amarillo se cultiva principalmente para la exportación al mercado inglés y para el mercado interior. (Reche, 2008).



Figura 26. Frutos de melón tipo Amarillo.

▲ **Melón tipo Piel de Sapo**

Son frutos con forma ovoide o elipsoidal, con pesos comprendidos entre 2 y 5 kg. Su pulpa es blanco-amarillenta, compacta, crujiente, poco fibrosa, muy dulce (11-16° Brix), con alta jugosidad y poco olorosa. (Reche, 2008).

Este tipo de melón posee una corteza de grosor fino que puede ser lisa o ligeramente rugosa. Presenta un escriturado o asurcado longitudinal de intensidad variable,

normalmente más abundante cerca de la zona del pedúnculo y de la cicatriz del pistilo. Predomina en la piel el color verde amarillento, con manchas más oscuras de tamaño medio, uniformemente distribuidas, tornando en la madurez hacia el amarillo, que dan nombre a este tipo de melones.



Figura 27. Frutos de melón tipo Piel de Sapo.

Su precocidad es media-baja (ciclo de unos 100 días), su conservación es aceptable (2-3 meses) y su resistencia al transporte muy buena. En cuanto a la planta es muy vigorosa y frondosa. Los Piel de sapo pertenece al grupo de melones verde tipo español, al igual que el melón tipo Rochet y tipo Tendral.

▲ **Melón tipo Rochet**

Los melones tipo Rochet se caracterizan por su buena calidad, precocidad media (en torno a los 120 días) y buena producción. Es un tipo de melón temprano.



Figura 28. Frutos de melón tipo Rochet.

Los frutos son de color verde claro, alargados, de tamaño medio, de pesos comprendidos entre 1,5 y 3,5 kg, de piel lisa ligeramente acostillada y con cierto escriturado sobre todo en las extremidades. Su corteza es de color verde medio con punteado amarillo. La pulpa es de color blanco-amarillento, compacta, poco aromática pero muy azucarada (14 a 17 °Brix) y de consistencia media. (Camacho et al., 2003).

Los frutos presentan gran resistencia al transporte pero corta conservación (1 ó 2 meses como máximo), degenerando rápidamente. La planta es muy vigorosa, de tallos gruesos y hojas amplias.

▲ **Melón tipo Tendral**

Es un melón bastante pesado peso medio de 2-3 kg). Posee una corteza rugosa de color verde oscuro, de forma redondeada, uniforme y poco ovalado, muy asurcado pero sin escriturado. La pulpa es muy sabrosa, blanca, firme, dulce y nada olorosa. Muy resistente al transporte debido al grosor de su corteza y de buena conservación.

La planta es de porte medio, vigorosa, con abundantes hojas, aunque no llega a cubrir todos los frutos, por lo que deben cuidarse los daños producidos por el sol que pueden ser importantes. Su ciclo suele durar aproximadamente 120 días, siendo una planta aconsejada para plantaciones tardías. (Camacho et al., 2003).



Figura 29. Frutos de melón tipo Tendral.

▲ **Melón tipo Galia**

El melón tipo Galia posee frutos esféricos, de color verde que vira a amarillo intenso en la madurez, con un denso escriturado. Este fruto tiene una pulpa de color blanco, ligeramente verdoso, poco consistente, con un contenido en sólidos solubles de 14 a 16 °Brix. Tiene un peso medio que oscila entre 850 - 1900 gramos.

La duración del ciclo puede durar desde los 80 días para las variedades más precoces hasta aproximadamente los 100 días para las menos precoces.

La planta es algo menos vigorosa que la de los tipos Piel de Sapo, Tendral y Rochet. (Reche, 2008).



Figura 30. Frutos de melón tipo Galia.

▲ Melón tipo Cantalupo

Es un melón que toma su nombre de un pueblo cercano a Roma llamado Cantalupo. Melón muy aromático y de pulpa muy tierna y aromática. La piel está fuertemente escriturada. Presenta frutos precoces (duración de su ciclo de 85-95 días), casi esféricos, ligeramente aplastados, de pesos comprendidos entre 700 y 1200 gramos, de costillas poco marcadas y piel fina.

Su pulpa es de color anaranjado-salmón, con un delicioso sabor dulce (11-15°Brix) muy aromático y característico. Este tipo de fruto posee un alto contenido en agua y azúcares, por lo que es especialmente apreciado en verano por ser tan refrescante.

El rango óptimo de sólidos solubles para la recolección oscila entre 12 y 14°Brix, ya que por encima de 15°Brix la conservación es bastante corta.

Existen variedades de piel lisa (europeos, conocidos como “Charentais” o “Cantaloup”) y variedades de piel escriturada (americanos, conocidos como “Supermarket italiano”).



Figura 31. Frutos de melón tipo Cantalupo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

La variedad elegida para el ensayo que se realizó en la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP fue la variedad Vulcano. Se trata de un melón de tipo Cantalupo liso de larga vida. Su planta es vigorosa, recomendada para las plantaciones más tempranas en invernadero y tunelillo. Presenta una resistencia alta a *Fusarium 0,1* y *2* y resistencia intermedia al pulgón *Aphis gossypii*. (Camacho et al., 2003 y Reche, 2008).

Ofrece rápida entrada en producción y un gran rendimiento. Este tipo de fruto es esférico, de gran calibre, resistente a la vitrescencia, de carne muy lisa y sin fibras. Su nivel de azúcares es elevado y presenta una buena conservación, tanto interna como externa (Marín, J., 2004).



Figura 32. Detalle de la planta y el fruto de melón tipo Cantalupo cv. Vulcano.

2.1.4. Exigencias ambientales y exigencias en suelo y agua del cultivo de melón

Exigencias Ambientales

- **Temperatura**

El melón es uno de los cultivos protegidos más exigentes en calor y luz (Baudoin et al., 2002). El melón requiere calor para su cultivo y una humedad no excesiva. Las plantas expuestas a poca intensidad luminosa y en regiones húmedas producen frutos de pequeño calibre y con bajo contenido en azúcares.

En la siguiente tabla se presenta de manera resumida los márgenes de temperaturas recomendados para el cultivo de melón en invernadero.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 18. Temperaturas máximas, mínimas y óptimas para el cultivo de melón en diferentes etapas fenológicas.

Fase	Temperaturas		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	14-16 °C	24-26 °C	35-40 °C
Desarrollo cultivo	10-12 °C	20-25 °C	30-35 °C
Temperatura mínima letal	1 °C	-	-
Temperatura mínima biológica	10 °C	-	-
Temperatura máxima biológica	-	-	40 °C
Temperatura óptima nocturna para desarrollo vegetativo	-	18-20 °C	-
Temperatura óptima diurna para desarrollo vegetativo	-	20-25 °C	-
Temperatura óptima suelo para germinación	-	18-20 °C	-
Temperatura óptima para la floración y la polinización	-	20-22 °C	-
Temperatura óptima para la maduración de los frutos	-	25-30 °C	-

Fuente: Reche, 2 008.

• Humedad

La humedad ambiental óptima es para el cultivo de melón en invernadero desde la floración hasta la maduración de los frutos del 60-70%, aunque hasta que se inicie la floración se puede mantener una humedad un poco mayor.

Hay que tener muy en cuenta, que si se produce exceso de humedad ambiental se condensa agua en las paredes del techo del invernadero originando el goteo sobre las plantas y suelo, lo cual provoca el aumento de enfermedades aéreas y dificulta las funciones fisiológicas de la planta. (Reche, 2008).

• Luminosidad

La luz sólo perjudica a la planta de melón cuando va acompañada con exceso de calor. (Reche, 2008)

La luminosidad es una de las variables meteorológicas de gran importancia para la planta, depende de la insolación e influye en la reacción e influencia que tiene la duración del día sobre las plantas (fotoperíodo), principalmente sobre el momento de la floración.

La luminosidad además de intervenir en el crecimiento de la planta influye en todo el proceso de apertura de la flor, fecundación y desarrollo del fruto.

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos. El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma que días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos con temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios. (Camacho et al., 2003).

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

El dióxido de carbono es un factor indispensable para la fotosíntesis, estando muy interrelacionado con la humedad y la temperatura. Como norma general, por medio de una buena ventilación en las horas centrales de la mañana, se proporciona a las plantas la cantidad suficiente. (Reche, 2008).

Exigencias en Suelo y Agua

- **Suelos**

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. El drenaje es también un factor considerable para el melón, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos.

- **Agua**

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo (CE de 2,2 dS.m⁻¹) como del agua de riego (CE de 1,5 dS.m⁻¹), aunque cada incremento en una unidad sobre la conductividad del suelo dada supone una reducción del 7,5% de la producción. (Camacho et al., 2003).

La planta de melón es muy sensible a las carencias, tanto de microelementos como de macroelementos.

2.1.5. Manejo del cultivo de melón

2.1.5.1. Ciclos productivos

Existen fundamentalmente tres ciclos productivos para el cultivo de melón:

- **Ciclo extra-temprano:** se inicia a mediados de diciembre, incluso un poco antes, con la siembra generalmente en semilleros dotados de calefacción. El transplante tiene lugar 45-50 días después y la recolección suele producirse a los 120-130 días, aunque hay variedades tipo Galia más precoces. Este ciclo es el más utilizado con variedades híbridas de melones tipo Cantalupo y Galia, para exportación.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

- **Ciclo temprano:** transcurre entre mediados de marzo y abril hasta junio. Este ciclo es característico de determinadas zonas del litoral mediterráneo como Almería, Murcia y Valencia. Para evitar posibles daños por las heladas se suele acolchar el terreno y utilizar complementariamente tunelillo y mantas térmicas.

- **Ciclo tardío:** es el ciclo más generalizado, ya que la siembra se produce en época libre de heladas, entre mediados de abril y mediados de mayo. La recolección se inicia a mediados de julio.

2.1.5.2. Plantación

Cuando se realiza la siembra en semillero, el transplante debe realizarse evitando las horas de máximo calor, por la mañana o por la tarde (García, 2000). El taco con las plántulas procedente del semillero se coloca sobre los agujeros de la tabla y se fija con las piquetas de los goteros, atravesando el taco hasta la tabla.

Después, Para homogeneizar la solución nutritiva del taco con la planta, se aplica un riego de 250-300 ml, evitando las horas de máximo calor.

La plantación se suele efectuar cuando la planta tiene de dos a tres hojas verdaderas. En cultivo “entutorado”, la planta se apoya en hilos o mallas y se va desarrollando en sentido vertical mientras que en el cultivo rastrero (es el más extendido), la planta se extiende en el suelo. Las plantas se entutoran cuando se quiere conseguir frutos de gran calidad, especialmente del tipo Galia.



Figura 33. Detalle del transplante.

Las densidades de plantación depende de la variedad cultivada, de la fecha de siembra, de las características del invernadero, del tipo de agua con las que se va a regar y por supuesto del tipo de conducción que se le vaya a dar al melón: con desarrollo vertical o rastrero.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Para Camacho *et al.*, (2003), en cultivo “entutorado” la densidad de las plantas puede variar entre 0,8-1,5 plantas/m², incluso se llega hasta 2 plantas/m² en plantaciones que se van a hacer a un solo tallo. Para rastreros, varía entre 0,75-1,2 plantas/m². El marco de plantación puede variar: entre filas: 2-2,5 m y entre plantas: 0,5-1 m.

Para una misma variedad de melón, los marcos más densos se hacen en puestas tempranas (ej: 2x0,5 m), mientras que los menos densos se hacen en puestas tardías (ej: 2x0,75 m incluso 2x1 m).

Por otro lado, Reche, (2008), recoge el resultado de unos ensayos realizados por J. López Gálvez, A. Gallego, F. Bretones y J.C. López, con variedades tipo galia en suelo enarenado en la Estación Experimental de las Palmerillas en la campaña 91/92. En estos experimentos se comprobó que la densidad de 2 plantas/m² dio mayor producción y precocidad. La densidad de 1 planta/m², aumentó el número de frutos y el calibre de los mismos. Con dichas variedades no es recomendable superar densidades de 20 000 plantas/ha, ya que podadas a 2 brazos, que es lo habitual en cultivo de melón “entutorado”, quedan unos 40 000 brotes que pueden dificultar las labores culturales. En cultivo “entutorado” con poda a dos brazos es aconsejable marcos de 1 m entre líneas y 0,75 m entre plantas, con lo que se consigue una densidad de 12 500 plantas/ha. Por regla general, en cultivo rastrero, se plantan a marcos de 1 m entre plantas y de 1 a 1,5 m entre líneas, lo que da una densidad de 6 500 a 10 000 plantas/ha. Con variedades españolas tradicionales no es aconsejable densidades mayores de 6 000-7 000 plantas/ha.

Hay distintos marcos de plantación o siembra, dependiendo de la comarca, variedad a cultivar, etc. El marco de plantación aconsejable es:

2x0,5 m en melones tipo pequeño “entutorado”, cantalupo y galia.

2x1 m en variedades grandes y vigorosas.

1,5x1 m en variedades menos desarrolladas para cultivo rastrero, piel de sapo, amarillos y demás variedades tradicionales verdes españolas.

2.1.5.3. Manejo del microclima

En los invernaderos de cultivo se utilizan distintos sistemas de protección climática buscando favorecer la adaptación de las plántulas de los semilleros a ellos, buscando reducir el estrés que sufren las plantas tras el transplante y aumentar la temperatura.

Podemos distinguir: los **tunelillos** (filmes de plástico que se disponen sobre semicírculos metálicos a lo largo de las líneas de cultivo. Se utilizan para incrementar la temperatura), el **doblo techo de film transparente** colocado por encima del emparrillado de forma plana o bien a dos aguas para evitar que la humedad acumulada caiga sobre el cultivo, **bandas o cortados de plástico** para un reparto más homogéneo de las temperaturas en el interior del invernadero y la **manta térmica** que se coloca por encima en contacto con las plantas, incrementa la temperatura en menor medida pero mejora las condiciones de ventilación y evita el problema del goteo (Camacho *et al.*, 2003),.

2.1.5.4. Necesidades hídricas y fertilización

Las necesidades de agua y fertilizantes de la planta varían con el desarrollo y el crecimiento del melón:

- **Hasta la floración:** se deben realizar aportes de fósforo junto a riegos cortos que favorecerán el enraizamiento y la floración (Gómez-Guillamón et al., 1997). Esta etapa comprende desde la germinación hasta la aparición de las primeras flores masculinas y/o hermafroditas, se caracteriza por un lento desarrollo del aparato vegetativo.

- **De floración hasta el cuajado:** se debe aportar fósforo y potasio, evitando los excesos de nitrógeno, que lo que hace es favorecer el desarrollo vegetativo. En este periodo los riegos deben ser regulares pero cortos para evitar excesos de humedad. Esta fase comprende desde la aparición de las primeras flores perfectas al final de la fecundación de los primeros frutos. Se caracteriza por un fuerte desarrollo del aparato vegetativo, por la fecundación de los primeros frutos, y por un aumento importante de la demanda hídrica de la planta.

- **Entre cuajado y máximo crecimiento de frutos:** hay que aportar riegos de forma abundante y regularmente ya que la planta en esta etapa demanda más agua y nutrientes, especialmente nitrógeno, potasio, magnesio y calcio. Esta fase está caracterizada por un crecimiento abundante del aparato vegetativo, un aumento importante del tamaño de los frutos y una gran demanda hídrica de la planta que se mantienen constante durante todo este periodo.

- **Durante la maduración de los frutos:** en este momento de desarrollo del fruto las necesidades de agua y nutrientes disminuyen considerablemente, por lo que deben espaciarse y acortarse los riegos, pero deberán aumentarse las cantidades de potasio. Esta fase abarca desde el principio de la maduración hasta la recolección de los frutos. Se reconoce por la reducción del crecimiento, el cambio en las características morfológicas de los frutos que conduce a su madurez total y por una reducción importante de la demanda hídrica de la planta.

Para el abonado es aconsejable el uso de soluciones estándar, modificadas en función del estado de desarrollo del cultivo.

Son recomendaciones meramente indicativas, ya que dependerá del criterio a seguir por el técnico en cuestión a medida que avanza el desarrollo del cultivo. Es conveniente realizar análisis periódicos de la solución de drenaje y de la tabla (cuando trabajemos con lana de roca).

Camacho *et al.*, 2003 aconsejan la siguiente solución nutritiva adaptada a melón para cultivo sin suelo:

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 19. Solución nutritiva estándar para un cultivo de melón en hidroponía.

SOLUCIÓN NUTRITIVA ESTÁNDAR DE MELÓN (CULTIVO SIN SUELO)	
Macronutrientes (mmol . L⁻¹)	
HCO ₃ ⁻	< 1,5
SO ₄ ²⁻	1,5-2
NO ₃ ⁻	9-16
K ⁺	4-8
Ca ²⁺	4-8
Mg ²⁺	1,5-3
PO ₄ ⁻	0,6-1,2
NH ₄ ⁺	0,2-0,5
SOLUCIÓN NUTRITIVA ESTÁNDAR DE MELÓN (CULTIVO SIN SUELO)	
Micronutrientes (µmol . L⁻¹)	
Fe	33,3
Cu	1
Mn	15
Zn	2,3
Mo	0,52
B	14,8

Fuente: Camacho *et al.*, 2003.

2.1.5.5. Poda

La poda se lleva a cabo con la finalidad de favorecer la precocidad y el cuajado de las flores, controlar el número y tamaño de los frutos, acelerar la madurez y facilitar la ventilación y la aplicación de tratamientos fitosanitarios. Autores como Gómez-Guillamón *et al.* (1997) y Camacho *et al.* (2003) señalan que la poda acelera la madurez, facilita la ventilación y la aplicación de los tratamientos fitosanitarios, aumenta la precocidad y permite controlar la cantidad y el tamaño de los frutos. Suele diferenciarse la poda del cultivo “entutorado” de la del cultivo rastrero:

▸ **Cultivo rastrero:** cuando las plantas tienen 4 ó 5 hojas verdaderas se despunta el tallo principal por encima de la 4^a, 5^a o 6^a hoja, dependiendo del número de rastras de segundo orden que se quieran dejar a la planta. De las axilas de las hojas dejadas surgen los tallos laterales de 2^o orden que también son podados cuando tienen 5-6 hojas, se despuntan por encima de la 4^a, 5^a o 6^a hoja. De estas rastras de 2^o orden nacerán las de 3^{er} orden, principales portadoras de las flores femeninas. En estos tallos la poda que se realiza es la siguiente, los tallos que llevan fruto se despuntan dejando 1-2 hojas por encima del fruto. Las yemas de las hojas dejadas se suprimen para evitar nuevas brotaciones.

No es aconsejable dejar más de un fruto por tallo. Los tallos que no lleven fruto se despuntan por encima de la 4ª o 5ª hoja para evitar su crecimiento exagerado. (Reche 2008). Gómez-Guillamón *et al.* (1997) enseña una poda para cultivo **rastrero** donde se pinza el tallo primario cuando tiene 4-6 hojas por encima de la 2ª- 3ª hoja, forzando la aparición de tallos secundarios, los cuales cuando son también pinzados con 5-6 hojas, favoreciendo la aparición de las ramas de tercer orden.

▸ **Cultivo “entutorado”**: se consigue mayor aprovechamiento de la superficie y del espacio permitiendo incrementar el número de plantas/ha.

La poda de formación para melón “entutorado” puede realizarse conformando la planta a 1-2 tallos. El sistema a 2 brazos es el más empleado en los invernaderos de la zona mediterránea para variedades de fruto mediano y pequeño. La realización de la poda es la siguiente, cuando la planta tiene 3-4 hojas verdades se despunta el tallo principal por encima de la 3ª hoja dejando sólo los dos brotes mejor constituidos, que son los que se “entutoran”, constituyendo el armazón de la planta. Todas las brotaciones que nazcan de los tallos de 2º orden y hasta una altura de 50 cm del suelo se eliminan. A partir de esa altura, las rastras de 3º orden que lleven fruto se despuntan, dejando 1-2 hojas después del fruto, suprimiendo las yemas que nacen junto a las hojas. Los tallos que no lleven fruto se despuntarán después de la 4ª-5ª hoja. (Reche 2008).

2.1.5.6. Polinización

La polinización del melón es principalmente entomófila. Para los cultivares monoicos es imprescindible el transporte del polen de la flor masculina a la femenina y para los andromonoicos, aunque no haya incompatibilidad entre el polen y el ovario de las flores, se recomienda también la polinización con abejas ya que no siempre coincide la dehiscencia de las anteras con la receptividad del estigma o puede que no haya suficiente cantidad de polen. Actualmente la polinización mediante el empleo de abejas (*Apis mellifera*), es la forma más segura y eficaz para una correcta polinización y ha desplazado casi totalmente la aplicación de fitohormonas que se emplean en función de la climatología o el ambiente interior del invernadero.

Para este proceso las abejas han de disponer de un clima propicio para realizar su trabajo. En ocasiones, para aún hacer más atractivas la flor de melón, se pueden aplicar productos de origen natural a base de la unión de varios terpenos, como son: Anetol, Citral, Geraniol, etc. que aplicados al comienzo de la floración van a simular los efectos de las feromonas de las abejas, incrementando sus visitas a las flores y favoreciendo, con ello, el cuaje. Se recomienda dos aplicaciones, la primera al comienzo de la floración y la segunda 10-15 días después. (Reche, 2008).

Antes de meter las colmenas, se debe dar un tratamiento con abonos foliares para favorecer la floración, incrementar el polen y la calidad del mismo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En los ciclos más tempranos, cuando la polinización no sea posible por falta de polen o por dificultades de liberación del mismo, aún disponiendo de abejas, se pueden aplicar auxinas (4-CPA) o benciladenina, operación laboriosa y cara, no aconsejable normalmente.



Figura 34. Detalle de la polinización en flores de melón.

Lo conveniente es, evitar una fructificación demasiado temprana en condiciones atmosféricas no favorables para las abejas. Gamayo (1999) observó el buen comportamiento de los fitorreguladores en la mayoría de los tipos de melón, aplicando Procarpil, Fengib y Fulmet en pulverizaciones dirigidas a la flor, cuando las plantas tienen unas 5-6 flores femeninas por planta y repitiendo el tratamiento 5-7 días después. En el caso de melón tipo cantalupo, se han observado alguna vez resultados insuficientes.

Otros fitorreguladores empleados en el cultivo de melón son: ANA + ANAamida y Mepicuat. La ANA + ANA-amida induce el cuajado de las flores además de poseer una actividad sobre el inicio de la vegetación, floración y otros procesos fisiológicos de los vegetales. El Mepicuat impide el crecimiento vegetativo, favorece el desarrollo y la uniformidad de los frutos y adelanta la cosecha (De Liñan, 2005).

2.1.5.7. Recolección

Una de las mayores dificultades que encuentra el productor de melón tipo Cantalupo es el momento de la recolección; ésta hay que hacerla antes de su madurez comercial, es decir, cuando el fruto se encuentra en su madurez fisiológica, para lo cual habrá que tener en cuenta los principales síntomas de maduración de melón tipo Cantalupo cultivado en invernadero.

Los melones tipo Cantalupos se cosechan por madurez y no por tamaño. Idealmente la madurez comercial corresponde al estado firme-maduro o “3/4 desprendido”, que se identifica cuando al cortar la fruta suavemente, ésta se desprende de la planta.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Los melones Cantalupos maduran después de la cosecha pero su contenido de azúcar no aumenta.

El rango óptimo de sólidos solubles para recolección oscila entre 12 y 14 °Brix, ya que por encima de 15°Brix la conservación es bastante corta.

El color externo de los frutos en estado “3/4 desprendido” varía entre cultivares, pudiendo caracterizarse por la presencia de tintes verdosos. El color de la piel en estos cultivares es típicamente gris a verde opaco cuando el fruto no tiene madurez comercial, verde oscuro uniforme cuando el fruto alcanza la madurez comercial y amarillo claro cuando el fruto se encuentra en plena madurez de consumo.

2.1.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías

2.1.6.1. Plagas

Vamos a ver con detalle cada una de las plagas más comunes en el cultivo de melón:

▲ Araña roja (*Tetranychus urticae* y *Tetranychus cinnabarin*):

La araña roja es una de las plagas más importantes de nuestros invernaderos en cualquier época del año.

Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso de foliación.

Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga.

Control preventivo y técnicas culturales: Desinfección de estructuras y del suelo previa a la plantación en parcelas con historial de araña roja, eliminación de malas hierbas y restos de cultivo, también evitar los excesos de nitrógeno y vigilar los cultivos durante las primeras fases del desarrollo.

Control biológico mediante enemigos naturales: Principales especies depredadoras de huevos, larvas y adultos de araña roja: *Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis* (especies autóctonas y empleadas en sueltas), *Feltiella acarisuga* (especie autóctona).

Control químico: Las materias activas de posible uso son:

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 20. Productos fitosanitarios para uso contra araña roja, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS		
ACRINATRIN 7,5% [EW] P/V	AZUFRE MICRONIZADO 80% [DP] P/P	AZUFRE MOLIDO 90% [DP] P/P
AZUFRE 72% [SC] P/V	AZUFRE MICRONIZADO 90% [DP] P/P	AZUFRE MOLIDO 98,5% [DP] P/P
AZUFRE 80% [SC] P/V	AZUFRE MICRONIZADO 98,5% [DP] P/P	AZUFRE SUBLIMADO 99% [DP] P/P
AZUFRE 80% [WG] P/P	AZUFRE MOJABLE 80% [WG] P/P	BIFENTRIN 10% [EC] P/V
AZUFRE COLOIDAL 75% [WP] P/P	AZUFRE MOJABLE 80% [WP] P/P	BIFENTRIN 10% [WP] P/P
AZUFRE COLOIDAL 80% [WP] P/P	AZUFRE MOLIDO 60% [DP] P/P	PIRIDABEN 20% [WP] P/P
AZUFRE MICRONIZADO 60% [DP] P/P	AZUFRE MOLIDO 80% [DP] P/P	

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*):

Los adultos colonizan las partes jóvenes de las plantas, realizando las puestas en el envés de las hojas. De éstas emergen las primeras larvas, que son móviles. Tras fijarse en la planta pasan por tres estados larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie.

Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas.

Los daños indirectos se deben a la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Ambos tipos de daños se convierten en importantes cuando los niveles de población son altos. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus, al actuar como insectos vectores del virus del amarillamiento del pepino y el melón (CuYV).

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas de los invernaderos, limpieza de malas hierbas y restos de cultivos, no asociar cultivos en el mismo invernadero, no abandonar los brotes al final del ciclo, ya que los brotes jóvenes atraen a los adultos de mosca blanca y colocar trampas cromáticas amarillas.

Control biológico mediante enemigos naturales: Los principales parásitos de larvas de mosca blanca son:

Trialeurodes vaporariorum. Fauna auxiliar autóctona: *Encarsia formosa*, *Encarsia transvena*, *Encarsia lutea*, *Encarsia tricolor*, *Cyrtopeltis tenuis*. Fauna auxiliar empleada en sueltas: *Encarsia formosa*, *Eretmocerus californicus*, *Eretmocerus sineatis*.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Bemisia tabaci. Fauna auxiliar autóctona: *Eretmocerus mundus*, *Encarsia transvena*, *Encarsia lutea*, *Cyrtopeltis tenuis*. Fauna auxiliar empleada en sueltas: *Eretmocerus californicus*.

Control químico: Las materias activas de posible uso son:

Tabla 21. Productos fitosanitarios para uso contra mosca blanca, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS			
ACEITE DE VERANO 75% [EC] P/V	BIFENTRIN 10% [EC] P/V	LAMBDA CIHALOTRIN 10% [CS] P/V	SALES POTASICAS DE ACIDOS GRASOS VEGETALES 15% [SL] P/V
ACEITE DE VERANO 85% [EC] P/V	BIFENTRIN 10% [WP] P/P	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5% [WG] P/P	TIACLOPRID 48% [SC] P/V
ALFA CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	BUPROFEZIN 25% [WP] P/P	OXAMILO 10% [SL] P/V	TIAMETOXAM 25% [WG] P/P
BEAUVERIA BASSIANA 10,6% (2,11X10E10 CONIDIAS/ML) [SC] P/V	IMIDACLOPRID 20% [OD] P/V	PIMETROZINA 25% [WP] P/P	ZETA-CIPERMETRIN 1,5% [EC] P/V
BEAUVERIA BASSIANA 2,3% (2,3 X 10E9 CONIDIAS VIABLES/ML) [OD] P/V	IMIDACLOPRID 20% [SL] P/V	PIMETROZINA 50% [WG] P/P	ZETA-CIPERMETRIN 10% [EW] P/V
BEAUVERIA BASSIANA 22% (4,4 X 10E10 CONIDIAS/G) [WP] P/P	IMIDACLOPRID 24% [OD] P/V	PIRIDABEN 20% [WP] P/P	ZETA-CIPERMETRIN 10% [EW] P/V

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ **Pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*):**

Aphis gossypii y *Myzus persicae* son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara.

Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, mientras que las de *Myzus* son completamente verdes (en ocasiones pardas o rosadas). Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas.

Los daños directos son producidos por la absorción de savia de larvas y adultos durante la alimentación, lo que provoca en los órganos de la planta una reducción de su

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

desarrollo con deformaciones, abollonaduras y enrollamiento de las hojas hacia el envés, con un retraso general de la planta.

Los daños indirectos se producen porque la fracción de savia absorbida y no aprovechada es eliminada por los sifones durante la alimentación. Esta sustancia pegajosa segregada por la plaga tiene un elevado contenido en azúcares, sirviendo como medio de cultivo a hongos saprofíticos como la fumagina o negrilla. (Camacho *et al.*, 2003). El ataque del hongo que ocasiona la negrilla, merma la capacidad fotosintética de la planta, así como la respiración de ésta, pudiendo además depreciar la calidad de la cosecha y dificultar la penetración de los fitosanitarios.

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero, eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior y colocación de trampas cromáticas amarillas.

Control biológico mediante enemigos naturales:

- Especies depredadoras autóctonas: *Aphidoletes aphidimyza*.
- Especies parasitoides autóctonas: *Aphidius matricariae*, *Aphidius colemani*, *Lysiphlebus testaceipes*.
- Especies parasitoides empleadas en sueltas: *Aphidius Coleman* y *Lysiphlebus testaceipes*.

Control químico: Las materias activas de posible uso son:

Tabla 22. Productos fitosanitarios para uso contra pulgón, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS			
ACEITE DE VERANO 75% [EC] P/V	CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	IMIDACLOPRID 20% [SL] P/V	PIRIMICARB 50% [WG] P/P
ACEITE DE VERANO 85% [EC] P/V	CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	IMIDACLOPRID 24% [OD] P/V	TIACLOPRID 48% [SC] P/V
ALFA CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	CIPERMETRIN 20% [WP] P/	LAMBDA CIHALOTRIN 10% [CS] P/V	TIAMETOXAM 25% [WG] P/P
AZUFRE 40% + CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	CIPERMETRIN 5% [EC] P/V	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5% [WG] P/P	ZETA-CIPERMETRIN 1,5% [EC] P/V
BIFENTRIN 10% [EC] P/V	DELTAMETRIN 1,5% [EW] P/V	OXAMILO 10% [SL] P/V	ZETA-CIPERMETRIN 10% [EW] P/V
BIFENTRIN 10% [WP] P/P	DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V	PIMETROZINA 25% [WP] P/P	
BUTOXIDO PIPERONILO 16% +PIRETRINAS 4% (EXTR. DE PELITRE) [EC] P/V	IMIDACLOPRID 20% [OD] P/V	PIMETROZINA 50% [WG] P/P	

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

▲ **Minadores de hoja (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza bryoniae*, *Liriomyza strigata* y *Liriomyza huidobrensis*):**

Al igual que el resto de especies de minadores, es muy polífaga y ocasiona daños tanto en hortícolas como en plantas ornamentales. Se desarrolla en el interior de las hojas, a las que provoca daños en sus estructuras, al realizar galerías o minas.

Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente, aunque no siempre distinguible, entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente a los adultos. (Camacho *et al.*, 2003).

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero, colocación de trampas cromáticas amarillas, eliminación de malas hierbas y restos de cultivo, si se dan fuertes ataques hay que eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.

Control biológico mediante enemigos naturales:

- Especies parasitoides autóctonas: *Diglyphus isaea*, *Diglyphus minoensis*, *Diglyphus crassinervis*, *Chrysonotomyia formosa*, *Hemiptarsenus zihalisebessi*.
- Especies parasitoides empleadas en suelta: *Diglyphus isaea*.

Control químico: Las materias activas de posible uso son:

Tabla 23. Productos fitosanitarios para aplicar contra minador, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS		
ACEITE DE VERANO 75% [EC] P/V	ACEITE DE VERANO 85% [EC] P/V	AZADIRACTIN 3,2% [EC] P/V (*)

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ **Orugas (*Spodoptera exigua*, *Spodoptera litoralis*, *Plusia spp* y *Heliothis spp.*)**

Las especies *Heliothis*, *Spodoptera* y *Plusias* son principalmente causantes de daños en los frutos. *Spodoptera* también origina importantes daños a la vegetación y *Heliothis* lo hace en los tallos.

Las mariposas depositan los huevos sobre el envés de las hojas o en placas o plastones, con un número variable y envueltos en una masa de escamas blancas en el caso del género *Spodoptera* o de forma aislada y sin escamas en los de *Plusia* y *Heliothis*.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Las larvas en sus primeros estadios larvarios tienen comportamiento gregario, royendo el parénquima de la cara inferior de las hojas, y dejando la epidermis.

En los siguientes estadios larvarios se distancian y aíslan, devorando las hojas al completo, produciendo graves defoliaciones, pudiendo también roer los tallos llegando a perforar galerías.

En ataques graves se pueden observar daños en frutos.

Las heridas ocasionadas por esta plaga facilitan la entrada de otros patógenos (hongos, bacterias, etc.)

Las larvas más desarrolladas tienen tendencia a vivir aisladamente, causando los mayores daños. Su mayor actividad es por la noche. (Camacho *et al.*, 2003).

Así, los daños causados por orugas en los cultivos se pueden clasificar de la siguiente forma: daños ocasionados a la vegetación, daños ocasionados a los frutos y daños ocasionados en los tallos que pueden llegar a cegar las plantas.

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero, colocación de trampas de feromonas y trampas de luz, eliminación de malas hierbas y restos de cultivo. En caso de producirse fuertes ataques hay que eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.

Es importante vigilar los primeros estados de desarrollo de los cultivos, en los que se pueden producir daños irreversibles.

Control biológico mediante enemigos naturales:

Parásitos autóctonos: *Apanteles plutellae*.

Patógenos autóctonos: Virus de la poliedrosis nuclear de *S. exigua*.

Productos biológicos: *Bacillus thuringiensis*.

Control químico:

Tabla 24. Productos fitosanitarios para aplicar contra orugas, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS		
ALFA CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 24% [WP] P/P	CIPERMETRIN 20% [WP] P/P
AZADIRACTIN 3,2% [EC] P/V (*)	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (32 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P	CIPERMETRIN 5% [EC] P/V

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

MATERIAS ACTIVAS		
AZUFRE 40% + CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (32 MILL. DE U.I./G) [WP] P/P	DELTAMETRIN 1,5% [EW] P/V
BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P (*)	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 32% (KURSTAKI 30.36, CEPA SA-11; 32 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P	DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 10% (10 MILL. DE U.I./G) [WP] P/P	BIFENTRIN 10% [EC] P/V	LAMBDA CIHALOTRIN 10% [CS] P/V
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 11,8% (11,8 MILL. DE U.I./G) [SC] P/V	BIFENTRIN 10% [WP] P/P	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5% [WG] P/P
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 18% [WG] P/P	CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	ZETA-CIPERMETRIN 1,5% [EC] P/V
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 24% [SC] P/V	CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	ZETA-CIPERMETRIN 10% [EW] P/V

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas.

Los daños directos se producen por dos mecanismos diferentes:

- **Picaduras alimentarias:** Los adultos y las larvas al alimentarse vacían las células del parénquima, que pierden su coloración propia. El tejido afectado adquiere, al principio, un tono blanquecino o plateado y, más tarde se necrosa tomando coloración marrón. Estos síntomas pueden apreciarse cuando afectan a frutos y cuando son muy extensos en hojas.

Cuando los tejidos son jóvenes se llegan a necrosar las zonas afectadas, por lo que no se desarrollan; los tejidos circundantes crecen y el órgano se deforma.

En los órganos florales los daños por picaduras pueden ocasionar desecación y aborto.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

• **Efecto de la puesta:** Al introducir las hembras el huevo debajo de la epidermis de las hojas, se produce una herida que puede llevar a la aparición de verrugas prominentes. En ocasiones, el tejido próximo al punto de inserción del huevo, reacciona a la sustancia mucilaginosa que lo envuelve, observándose un halo blanquecino alrededor de un punto necrótico que se corresponde con el orificio de la puesta. Cuando la infección es alta, pueden dañar los frutos.

Esta plaga no ocasiona daños indirectos.

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero, colocación de trampas cromáticas azules, eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.

Control biológico mediante enemigos naturales:

Fauna auxiliar autóctona: *Amblyseius barkeri*, *Aeolothrips sp.*, *Orius spp.*

Control químico:

Tabla 25. Productos fitosanitarios para aplicar contra trips, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS			
ACEITE DE VERANO 75% [EC] P/V	ACRINATRIN 7,5% [EW] P/V	AZUFRE 40% + CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	OXAMILO 10% [SL] P/V
ACEITE DE VERANO 85% [EC] P/V	AZADIRACTIN 3,2% [EC] P/V (*)	LUFENURON 5% [EC] P/V (*)	SPINOSAD 48% [SC] P/V (*)

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

2.1.6.2. Enfermedades

Se consideran enfermedades a los parásitos microscópicos: Nemátodos (*Meloidogyne javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita*), enfermedades producidas por hongos enfermedades producidas por bacterias y virosis.

▲ **Nemátodos (*Meloidogyne javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita*):**

Las hembras al ser fecundadas se llenan de huevos tomando un aspecto globoso dentro de las raíces. Esto unido a la hipertrofia que producen en los tejidos de las mismas, da lugar a la formación de los típicos “rosarios”.

Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez en verde en las horas de más calor, clorosis y enanismo. Se distribuyen por rodales o líneas

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte de tierra.

Además, los nematodos interactúan con otros organismos patógenos, bien de manera activa (como vectores de virus), bien de manera pasiva facilitando la entrada de bacterias y hongos por las heridas que han provocado.

Control preventivo y técnicas culturales:

Utilización de variedades resistentes, desinfección del suelo en parcelas con ataques anteriores y utilización de plántulas sanas.

Control biológico mediante enemigos naturales:

Productos biológicos: preparado a base del hongo *Arthrobotrys irregularis*.

Control físico:

- Esterilización con vapor.
- Solarización, que consiste en elevar la temperatura del suelo mediante la colocación de una lámina de plástico transparente sobre el suelo durante un mínimo de 30 días.

Control químico:

Tabla 26. Productos fitosanitarios para aplicar contra nemátodos, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS		
FENAMIFOS 24% [CS] P/V	FENAMIFOS 40% [EC] P/V	OXAMILO 10% [SL] P/V

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

↪ Enfermedades producidas por hongos:

▲ Mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*)

La enfermedad se manifiesta sólo en hojas, observándose tanto en viejas como jóvenes. Al principio aparecen manchas en el haz de color verde claro, y después amarillentas de forma redondeada, al no ser evidente la delimitación por los nervios. En el envés se observa un fieltro gris violáceo que corresponde a los esporangióforos y esporangios del hongo. Posteriormente las manchas se necrosan tomando aspecto apergaminado y llegando a afectar a la hoja entera que se seca, quedando adherida al tallo.

Los peciolo permanecen verdes, sosteniendo a las hojas secas completamente, pero unidas al tallo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

El potencial de esporulación es más elevado en lesiones cloróticas, siendo despreciable en las necróticas.

Las condiciones óptimas de desarrollo: humedad relativa elevada, es indispensable un período de agua líquida en la hoja, temperatura óptima entre 20 y 25 °C, aunque los límites se sitúan entre 8 y 27 °C.



Figura 35. Detalle de las hojas de melón afectadas por mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*).

Control químico:

Tabla 27. Productos fitosanitarios para aplicar contra mildiu, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS	
AZOXISTROBIN 25% [SC] P/V (ESP.)	MANCOZEB 8% + SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
BENALAXIL 6% + CIMOXANILO 3,2% + MANCOZEB 40% [WP] P/P	MANCOZEB 80% [WP] P/P
BENALAXIL 8% + MANCOZEB 65% [WP] P/P	MANEB 10% [DP] P/P
CARBONATO BASICO DE COBRE 2,7% (EXPR. EN CU) + MANCOZEB 12% + OXICLORURO DE COBRE 8,1% (EXPR. EN CU) + SULFATO CUPROCALCICO 2,2% (EXPR. EN CU) [WP] P/P	MANEB 17,5% + OXICLORURO DE COBRE 30% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
CIAZOFAMIDA 40% [SC] P/V	MANEB 40% [SC] P/V
CIMOXANILO 2,67% + FOSETIL-AL 33,3% + MANCOZEB 33,3% [WG] P/P	MANEB 8% + SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
CIMOXANILO 4% + MANCOZEB 40% [WP] P/P	MANEB 80% [WP] P/P
CIMOXANILO 4,8% + METIRAM 64% [WG] P/P	OXICLORURO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) + PROPINEB 15% [WP] P/P
CIMOXANILO 5% + CLORTALONIL 20% + MANCOZEB 40% [WP] P/P	OXICLORURO CUPROCALCICO 35% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
CLORTALONIL 5% [DP] P/P	OXICLORURO DE COBRE 27,2% (EXPR. EN CU) [SC] P/V

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

MATERIAS ACTIVAS	
CLORTALONIL 50% [SC] P/V	OXICLORURO DE COBRE 38% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
CLORTALONIL 72% [SC] P/V	OXICLORURO DE COBRE 50% (EXPR. EN CU) [WG] P/P
CLORTALONIL 75% [WP] P/P	OXICLORURO DE COBRE 50% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
DIMETOMORF 7,5% + MANCOZEB 66,7% [WP] P/P (*)	OXICLORURO DE COBRE 52% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
DIMETOMORF 7,5% + MANCOZEB 66,7% [WG] P/P	OXICLORURO DE COBRE 70% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
FOSETIL-AL 35% + MANCOZEB 35% [WP] P/P	OXIDO CUPROSO 75% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
FOSETIL-AL 80% [WG] P/P	OXIDO CUPROSO 75% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
FOSETIL-AL 80% [WP] P/P	OXIDO CUPROSO 80% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
MANCOZEB 17,5% + OXICLORURO DE COBRE 22% (EXPR. EN CU) [WP] P/P	PROPINEB 70% [WP] P/P
MANCOZEB 20% + OXICLORURO DE COBRE 30% (EXPR. EN CU) [WP] P/P	SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WG] P/P
MANCOZEB 20% + OXICLORURO DE COBRE 30% (EXPR. EN CU) [WP] P/P	SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WG] P/P
MANCOZEB 30% + PROPAMOCARB 20,5% (CLORHIDRATO) [SC] P/V	SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WG] P/P
MANCOZEB 35% [SC] P/V	SULFATO CUPROCALCICO 20% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
MANCOZEB 42% [SC] P/V	SULFATO CUPROCALCICO 25% (EXPR. EN CU) [WP] P/P
MANCOZEB 45% [SC] P/V	SULFATO DE COBRE 25% (EXPR. EN CU) [SG] P/P
MANCOZEB 64% + METALAXIL 8% [WP] P/P	SULFATO TRIBASICO DE COBRE 19% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
MANCOZEB 75% [WG] P/P	SULFATO TRIBASICO DE COBRE 25% (EXPR. EN CU) [SC] P/V
OXIDO CUPROSO 50% (EXPR. EN CU) [WP] P/P	SULFATO TRIBASICO DE COBRE 25% (EXPR. EN CU) [WG] P/P

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ “Ceniza” u oídio de las cucurbitáceas (*Sphaerotheca fuliginea*)

Es, sin duda, el hongo que con más frecuencia ataca al melón. En la superficie de las hojas (haz y envés) aparecen pulverulentas manchas circulares blanquecinas, inicialmente separadas, pero que pueden llegar a cubrir toda la superficie foliar, es decir, van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

También pueden aparecer estas manchas en los tallos, peciolos, zarcillos y sobre la corteza de frutos jóvenes si el ataque es muy fuerte.

Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las malas hierbas y otros cultivos de cucurbitáceas, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad.

El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por temperaturas cálidas y tiempo seco, no requiere agua libre sobre las hojas para desarrollarse.

Los tratamientos se deben hacer oportunamente al aparecer las primeras manchas.

Hay fungicidas con bajo o ningún riesgo a que aparezcan resistencias como son el azufre, etc, con los que hay que tener cuidado en temperaturas altas (35°). Fungicidas eficaces, pero que hay que utilizar con moderación para evitar la aparición de cepas resistentes, como por ejemplo el miclobutanil, etc.

Como norma para su utilización eficaz, no repetir los tratamientos y alternar o asociar con anti-oídios "sin riesgo".

Existen numerosos híbridos que tienen genes de resistencia al oídio, con una buena eficacia frente a esta enfermedad.

Las temperaturas se sitúan en un margen de 10-35 °C, con el óptimo alrededor de 26 °C. La humedad relativa óptima es del 70%. Le favorece al Oidio primaveras muy húmedas (en torno al 70-80%) y temperaturas suaves. Desaparece en pleno verano, siempre que el termómetro pase de 35°C, para resurgir en otoño.

En melón se han establecido tres razas (Raza 1,2 y 3,) destacándose en Málaga y Almería las razas 1 y 2.



Figura 36. Detalle de hojas de melón afectadas por *Sphaerotheca fuliginea*.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Control químico:

Tabla 28. Productos fitosanitarios para aplicar contra oidio, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS	
AZOXISTROBIN 25% [SC] P/V (ESP.)	BOSCALIDA 20% + KRESOXIM-METIL 10% [SC] P/V
AZUFRE 40% + CIPERMETRIN 0,5% [DP] P/P	BUPIRIMATO 25% [EC] P/V
AZUFRE 50% + MICLOBUTANIL 0,8% [WP] P/P	CIPROCONAZOL 10% [WG] P/P
AZUFRE 72% [SC] P/V	CIPROCONAZOL 5% [EC] P/V
AZUFRE 80% [SC] P/V	FLUTRIAFOL 12,5% [SC] P/V (*)
AZUFRE 80% [WG] P/P	KRESOXIM-METIL 50% [WG] P/P
AZUFRE COLOIDAL 75% [WP] P/P	METIL TIOFANATO 45% [SC] P/V
AZUFRE COLOIDAL 80% [WP] P/P	METIL TIOFANATO 45% + TRIFLUMIZOL 15% [WP] P/P
AZUFRE MICRONIZADO 60% [DP] P/P	METIL TIOFANATO 70% [WG] P/P
AZUFRE MICRONIZADO 60% + DICOFOL 3% [DP] P/P	METIL TIOFANATO 70% [WP] P/P (*)
AZUFRE MICRONIZADO 80% [DP] P/P	MICLOBUTANIL 12,5% [EC] P/V
AZUFRE MICRONIZADO 80% + PERMANGANATO POTASICO 0,5% [DP] P/P	MICLOBUTANIL 24% [EC] P/V
AZUFRE MICRONIZADO 90% [DP] P/P	PENCONAZOL 10% [EC] P/V
AZUFRE MICRONIZADO 98,5% [DP] P/P	PENCONAZOL 20% [EW] P/P
AZUFRE MOJABLE 80% [WG] P/P	PERMANGANATO POTASICO 98% [SG] P/P
AZUFRE MOJABLE 80% [WP] P/P	QUINOXIFEN 25% [SC] P/V
AZUFRE MOLIDO 60% [DP] P/P	TETRACONAZOL 10% [EC] P/V
AZUFRE MOLIDO 80% [DP] P/P	TETRACONAZOL 12,5% [ME] P/V
AZUFRE MOLIDO 90% [DP] P/P	TETRACONAZOL 4% [ME] P/V
AZUFRE MOLIDO 98,5% [DP] P/P	TRIFLOXISTROBIN 50% [WG] P/P
AZUFRE SUBLIMADO 99% [DP] P/P	TRIFLUMIZOL 30% [WP] P/P

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

▲ Fusariosis vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. melonis*)

La fusariosis vascular del melón esta causada por *Fusarium oxysporum f.sp. melonis* específico del melón y que es incapaz de producir enfermedades en otras plantas, incluso en otras cucurbitáceas.

Es la enfermedad más grave en melón puesto que el hongo puede matar a la planta en cualquier estado (antes de su emergencia, en el estado de plántula y a las plantas desarrolladas sobre todo en el inicio de la fructificación) y no necesita de heridas en las raíces para invadir y colonizar los vasos conductores, es decir, es capaz de invadir el sistema vascular sin que haya herida alguna en él.

Se presentan dos tipos de sintomatologías según cepas:

- **Tipo Yellow:** amarilleo de hojas. Comienzan con el amarilleo de venas en un lado de las hojas que avanza afectando al limbo. En tallos se observan estrías necróticas longitudinales de las que exuda goma, posteriormente el hongo esporula sobre las zonas necróticas formando esporodocios rosados. En la sección transversal del tallo se observa un oscurecimiento de los vasos.

- **Tipo Wilt:** marchitez en verde súbita de las plantas sin que amarillean o desarrollen color. El tallo no presenta ningún síntoma externo.

En ambos síntomas el final es siempre la muerte de la planta.

Temperatura óptima de desarrollo: 18-20°C. Si son superiores a 30°C disminuye la gravedad. En Almería se han encontrado hasta ahora las razas 0 (Wilt y Yellow), 1 (Wilt y Yellow), 2 (Yellow), 1-2 (Wilt y Yellow). (Camacho *et al.*, 2003).

Control químico:

Tabla 29. Productos fitosanitarios para aplicar contra fusarium, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS	
ETRIDIAZOL 48% [EC] P/V	METIL TIOFANATO 70% [WP] P/P
HIMEXAZOL 36% [SL] P/V	PROCLORAZ 45% [EW] P/V (ESP.)
METIL TIOFANATO 45% [SC] P/V	STREPTOMYCES GRISEOVIRIDIS 28% (1X10E8 CFU/G) [WP] P/P
METIL TIOFANATO 70% [WG] P/P (*)	

(*) Uso protegido.

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

✓ **Chancro gomoso del tallo (*Didymella bryoniae*)**

En condiciones de fuerte humedad (cultivo en invernadero), la base de las plantas, tallo y ramas principales, pueden ser atacadas por este patógeno, que provoca la aparición de zonas "acuosas" y de color pardo en las que aparecen gotitas de exudado. Estas zonas evolucionan posteriormente a colores negruzcos. Y, en fases más avanzadas, el marchitamiento de los tallos atacados, no se debe confundir con la fusariosis (no amarillean las hojas). Los síntomas más frecuentes en melón, sandía y pepino son los de "chancro gomoso del tallo" que se caracterizan por una lesión beige en tallo, recubierta de picnidios (puntos negros) y/o peritecas, y con frecuencia se producen exudaciones

gomosas cercanas a la lesión.

También aparecen manchas foliares, de aspecto verde aceitoso que se oscurecen más tarde

En la parte aérea provoca la marchitez y muerte de la planta.

El ataque de este hongo es menos frecuente en frutos,

donde provoca podredumbres blandas.

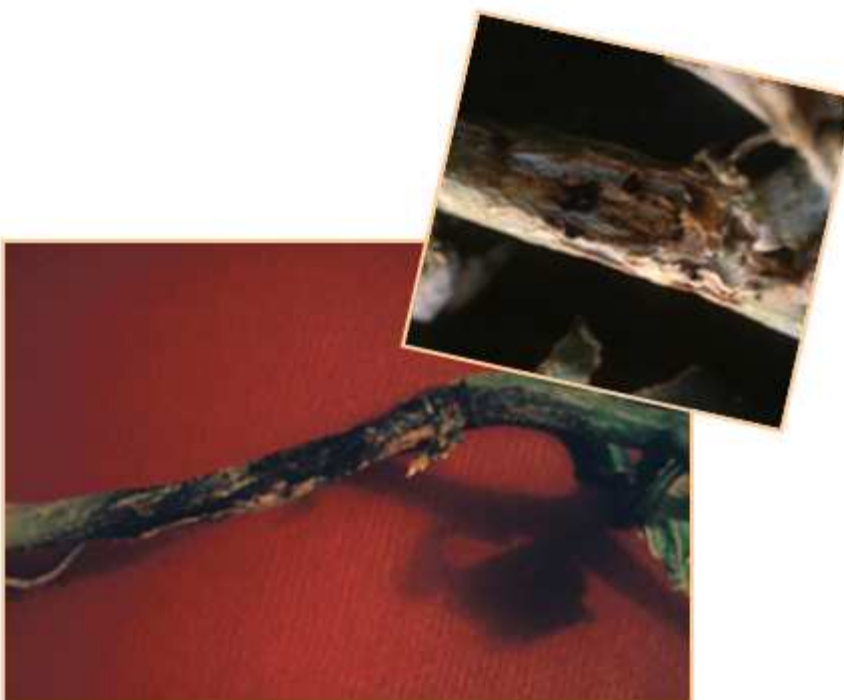


Figura 37. Detalle del tallo de melón con chancro seco y picnidios negros de *Didymella bryoniae*.

Control químico:

Tabla 30. Productos fitosanitarios para aplicar contra chancro gomoso, en cultivos de melón.

MATERIAS ACTIVAS	
METIL TIOFANATO 45% [SC] P/V	METIL TIOFANATO 70% [WP] P/P

Fuente: Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

↳ Enfermedades producidas por virus

Actualmente, la virosis representa uno de los principales problemas con los que se enfrenta el agricultor y, sin lugar a dudas, los virus ocasionan los mayores tratamientos al intentar controlar a los insectos vectores. Los virus son parásitos obligados, necesitando para desarrollarse y multiplicarse células vivas de las plantas a las que parasitan, siendo necesaria la ayuda de vectores para penetrar en los tejidos. Una vez en el interior de las células se multiplican y se difunden por los vasos liberianos y leñosos. Al cabo de un corto espacio de tiempo toda la planta queda invadida, continuando así durante todo el ciclo vegetativo.

Cuando la planta parasitada muere, el virus tiende a desaparecer con ella a menos que acceda a nuevos tejidos.

▲ Virus del cribado del melón. Melon Necrotic Spot Virus (MNSV)

Esta enfermedad, también conocida por el “virus de las manchas necróticas”, ha causado grandes pérdidas a los cultivos de melón en invernadero, de ahí su gran importancia para este cultivo.

La transmisión se produce por un hongo de suelo, concretamente por *Olpidium radicale*, principalmente, y según autores, también por semillas cuando hay presencia de *Olpidium* en el suelo, acentuándose el daño a medida que la planta crece. Los daños ocasionados por este tipo de virus son bastantes graves, sobre todo en la variedades tipo galia. (Reche, 2003).



Figura 38. Detalle de manchas cloróticas (derecha) y cribado (izquierda) en hojas de melón producido por el virus MNSV.

Las raíces suelen tener coloración más oscura debido a la presencia de *Olpidium radicale* y están poco desarrolladas. Los síntomas se caracterizan por la aparición de pequeñas lesiones cloróticas en hojas de 1-2 mm de diámetro que posteriormente evolucionan a necróticas, dándole el peculiar aspecto de “cribado” que da nombre a la enfermedad.

En el cuello y tallos de la planta se pueden apreciar estrías que pueden causar el marchitamiento de la planta por desecación.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Cuando el ataque es muy fuerte, en los frutos se aprecia la corteza rugosa, con manchas con aspecto de corcho y moteado interno y tamaño más pequeño.

En ocasiones las plantas mueren sin mostrar ninguno de los síntomas, lo que se denomina "muerte súbita".



Figura 39. Detalle de estrías cloróticas marrones en tallo de melón causadas por el virus MNSV.

▲ **Virus del mosaico del pepino. Cucumber Mosaic Virus (CMV)**

Es un virus muy polífago, difundido por todas las zonas hortícolas de invernadero, afectando al melón como al resto de las cucurbitáceas. La difusión de esta virosis es por medio de los pulgones, principalmente *A. gossypii* y *M. Persicae*.

Las plantas afectadas por este virus, presentan, un fuerte mosaico de color verde claro-verde oscuro en las hojas, malformación y acaparamiento de la planta en ataques tempranos con reducción del tamaño de la hoja, abullonamiento en las zonas verdes de las hojas afectadas y bandeado verde oscuro de las venas. Se da aborto de flores. En fruto produce mosaico y moteado, y generalmente reducción del tamaño. La producción se ve reducida. (Camacho et al., 2003).

▲ **Virus del mosaico de la sandía-2. Watermelon Mosaic Virus-2 (WMV-2)**

Su transmisión se realiza por los pulgones de forma persistente, causando graves daños en melón.

Los síntomas que presentan las plantas afectadas por este virus, son principalmente, un mosaico verde oscuro con deformaciones y reducción de la superficie foliar y un mosaico acusado y deformaciones en los frutos. (Reche, 2008).

▲ **Virus del mosaico del calabacín. Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV)**

Es transmitido por pulgones de forma no persistente, principalmente por *A. gossypii* y *M. persicae*. Es un virus con incidencia baja en plantas de melón, aunque muy distribuido.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Las plantas presentan enanismo generalizado, mosaicos, abollonaduras, amarilleamiento y filimorfismo en las hojas y necrosis en limbos y peciolo. En los frutos se observa endurecimiento de la pulpa, con grietas externas, deformaciones y protuberancias, con reducción del tamaño así como deformación de las semillas. (Reche, 2008).



Figura 40. Detalle de abollonaduras y mosaicos producidos por el virus del mosaico del calabacín (ZYMV) en melón.

▲ Virus del Mosaico de la Calabaza. Squash Mosaic Virus (SqMV)

Afecta fundamentalmente a la familia de las cucurbitáceas, sobre todo a melón y calabacín. Su transmisión se realiza por semillas y por contacto entre hojas durante las operaciones culturales, así como por insectos masticadores.

Los síntomas varían desde la aparición de manchas verde oscuro junto a los nervios (vein banding) y filimorfismo de la rastras a un mosaico suave, con deformaciones y reducción del crecimiento

Los frutos no manifiestan síntomas destacables si bien hay una reducción en el número y un retraso en la maduración. (Reche, 2008).



Las variedades de tipo "cantalup" son particularmente sensibles y presentan mosaicos y deformaciones.

Figura 41. Detalle de bandas perinerviales de color verde oscuro producidas por el virus del mosaico de la calabaza en melón.

▲ **Virus del amarilleamiento del pepino (CuYV)**

Se transmite a través de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, aunque últimamente también a través de la especie *Bemisia tabaci*.

Este virus es muy frecuente en invernadero, apreciándose los daños, en primer lugar, en plantas situadas junto a las bandas, que es donde se encuentra mayor cantidad de mosca blanca, transmitiéndose el virus en un plazo pequeño de tiempo. (Reche, 2003).

La sintomatología se presenta inicialmente con un pequeño moteado en las zonas internerviales de la hoja. Posteriormente se van haciendo mayores hasta que prácticamente la hoja queda totalmente amarilla conservando los nervios verdes. También puede comenzar con una mancha amarilla en la base de la hoja que se va extendiendo hasta que toda la hoja está amarilla, conservándose los nervios verdes. El número de frutos disminuye considerablemente. (Camacho *et al.*, 2003).

▲ **Virus de las Venas Amarillas del Pepino. Cucumber vein yellowing virus (CVYV)**

Este virus es de reciente introducción, concretamente en la campaña 00/01 se introdujo en el poniente almeriense.

Afecta a todas las cucurbitáceas, extendiéndose con gran virulencia. La transmisión la realiza *Bemisia tabaci* de forma semi-persistente. El insecto retiene el virus durante 6 horas y tiene un periodo de latencia de 75 minutos. El virus necesita de 15 a 20 insectos por planta como mínimo para su transmisión.

En cuanto a la sintomatología, en las hojas del brote se observa amarilleamiento de las nerviaciones, característica que le da nombre al virus, aunque dependiendo del momento de infección, también puede presentarse de forma generalizada en toda la planta, así como un menor desarrollo de la misma. En frutos de melón no se han observado síntomas. (Camacho *et al.*, 2003 y Reche, 2008).

▲ **Virus del Enanismo Amarillo del Pepino. Cucurbit Yellow Stunting Disorder (CYSDV)**

Causa puntos cloróticos internerviales en las hojas más viejas que se extienden por toda la superficie. No se observan síntomas en fruto, sólo reducción del rendimiento y disminución del vigor de la planta. (Reche, 2008).

↳ Enfermedades producidas por bacterias

▲ Mancha angular de la hoja (*Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*)

En Almería la sintomatología provocada en melón presenta algunas diferencias con respecto al resto de cultivos.

Se caracteriza por presentar estrías necróticas superficiales en la parte alta del tallo y zonas atabacadas en las hojas, que causan la marchitez de la planta.

Su presencia se hace evidente en las hojas y más tarde se extiende a los frutos que aparecen manchados. La transmisión tiene lugar por semilla, infectándose los cotiledones y de ahí a las hojas.

Su sintomatología comienza con unas pequeñas manchas en hojas o cotiledones como infiltradas de agua. Las lesiones van creciendo hasta quedar limitadas por las nervaduras de las hojas, dándoles un aspecto anguloso que da nombre a la enfermedad.

Cuando el ataque es fuerte se presentan las lesiones incluidas en un área amarilla más o menos grande. El centro de la lesión puede secar, caer, quedando la hoja perforada.

En Almería se ha observado también otra sintomatología en plantas adultas, con marchitez y estrías necróticas de color oscuro en las hojas. En frutos pueden aparecer lesiones redondeadas de 2-3 mm de diámetro, con exudado bacteriano. (Camacho et al., 2003).

▲ Podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*)

Se produce una podredumbre húmeda y blanda del cuello y tallo del melón a distintos niveles. Aparece una dislaceración de los tejidos que toman un tono marrón claro. En condiciones de humedad alta se pueden producir chancros y fisuras.

En el exterior se observan zonas negruzcas y húmedas, y en el interior la médula pasa de estar inicialmente parda hasta pudrirse, tomando color oscuro, reblandeciéndose y desprendiendo un olor nauseabundo.

En el fruto también puede aparecer podredumbre blanda en la inserción con el pedúnculo. El fruto presenta una podredumbre y desintegración de los tejidos. (Camacho et al., 2003).

▲ Marchitamiento bacteriano (*Erwinia tracheiphila*)

Repentino marchitamiento de las hojas, pudiéndose recuperar algo por la noche, pero rápidamente se produce colapso y muerte de la planta. Si se corta el tallo afectado longitudinalmente se pueden observar los vasos dañados y en ocasiones puede verse una sustancia blanquecina, que no es otra cosa que suspensión bacteriana.

Los ataques de bacterias no son preocupantes en los invernaderos del sureste peninsular, debido a las fechas en que se realizan los cultivos. Normalmente se recurre a la ventilación si fuese necesario se aplicaría cualquier producto a base de oxiclورو de cobre. (Camacho *et al.*, 2003).

2.1.6.3. Fisiopatías

▲ Deformación del fruto

Puede tener su origen en una o varias de las siguientes causas: una mala polinización, un estrés hídrico, incorrecta utilización de ciertos fitorreguladores empleados para mejorar el engorde y el cuajado del melón, deficiente fecundación por inactividad o insuficiencia de polen, condiciones climáticas adversas, etc.



Figura 42. Detalle de deformaciones de fruto de melón.

▲ Golpe de sol

Manchas blanquecinas en los frutos ocasionadas como consecuencia de la incidencia directa de los rayos de sol asociada a las altas temperaturas.

▲ Manchas en los frutos

Son más evidentes en melones de “tipo Amarillo”, presentando manchas marrones dispersas por la superficie del fruto que tienen su origen en condiciones de elevada

humedad relativa, en quemaduras ocasionadas por los tratamientos fitosanitarios, o depósitos de polen.

▲ **Rajado del fruto**

Se produce principalmente de forma longitudinal. El rajado del fruto está provocado por desequilibrios de la humedad ambiental o del riego (exceso de agua o estrés hídrico en las fases previas a la maduración final), por cambios bruscos de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, normalmente ocurre por ser muy baja en los momentos de la maduración, o por mantener el fruto maduro demasiado tiempo en la planta. (Camacho *et al.*, 2003).

▲ **Asfixia radical**

Es una alteración fisiológica que se manifiesta desde que las plantas jóvenes, La humedad no puede ser absorbida en forma suficiente y la planta se marchita. La causa principal es la ausencia de oxígeno necesario en las raíces para su respiración, y está originada por el desplazamiento del aire al existir exceso de agua en el suelo. Se puede observar el ensanchamiento de la base del tallo con aparición de raicillas a nivel del suelo generadas por la planta para defenderse de la asfixia. (Reche, 2008).

▲ **Aborto de frutos**

El aborto de frutos recién cuajados se produce debido a una carga excesiva de frutos, a una falta de nutrientes y de agua, o ambas causas.

Cuando una planta está muy cargada de frutos sufre un gran estrés, y realiza un aclareo natural de frutos al no proporcionar nutrientes suficientes para el desarrollo de todos los frutos, abortando los últimos cuajados. (Camacho *et al.*, 2003).

▲ **Vitrescencia de los frutos**

Con excesos de madurez, parte o la totalidad de la pulpa adquiere una consistencia blanda. Las causas más probables pueden ser: fertilización desequilibrada, exceso de agua durante la madurez, insuficiente aporte de potasio y calcio o temperaturas bajas. (Reche, 2008).

2.2. HIDROPONÍA. CULTIVO SIN SUELO

2.2.1. Introducción al cultivo sin suelo y sus perspectivas de futuro

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier medio de cultivo es conseguir una planta de calidad en el más corto período de tiempo, con costes de producción mínimos. En este sentido los cultivos sin suelo, también denominados cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la Agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas.

La horticultura intensiva ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas, fundamentalmente en los países desarrollados. La necesidad de incrementar las producciones para satisfacer la demanda de los mercados y para mantener la rentabilidad de estos sistemas productivos, ha llevado hacia un mayor control ambiental con el fin de poder optimizar el desarrollo de los cultivos. En este sentido el control de la nutrición vegetal ha sido posible gracias a los sistemas de cultivo sin suelo, con los que se ha podido eliminar el efecto amortiguador ejercido por el suelo y así someter la plantación a las condiciones deseadas de fertirrigación.

El cultivo sin suelo en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de “**cultivo hidropónico**”, y supone el conjunto de cultivo en sustrato más el cultivo en agua.

El cultivo hidropónico puro, sería aquel en el que, mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta, desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido.

La palabra sustrato, se aplica en horticultura a todo material sólido, distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, de forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. (Abad et al., 1996).

Los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos grandes grupos:

Cerrados: son aquéllos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo.

Abiertos o a solución perdida: son aquellos en los que los drenajes provenientes de la plantación son desechados.

En nuestro país la práctica totalidad de las explotaciones comerciales son sistemas abiertos y que adoptan el riego por goteo (generalmente con una piqueta por planta), sin

recirculación de la solución nutritiva dadas las condiciones generales de calidad de agua de riego y la exigencia de nivel técnico que tienen los sistemas cerrados. (Fernández y Cuadrado, 1999; Resh, 1992). Sin embargo, a nivel mundial los sistemas cerrados son los más extendidos.

Es en los años 70 los cultivos sin suelo se empiezan a implantar seriamente a nivel comercial, gracias a la aparición de los primeros elementos móviles, como los sacos de turba o el NFT. Sin embargo, en aquella época, el nivel tecnológico existente hacía complicado el manejo de los sistemas cerrados, y por ello fueron postergados. Pero es en los años 80 cuando se produce la auténtica expansión de estos cultivos, gracias a la aparición de sustratos inertes tales como la lana de roca o la perlita que, junto con los avances producidos en instalaciones y automatismos de control, han permitido obtener producciones elevadas. Actualmente existen en Europa amplias zonas invernadas de cultivos sin suelo y, en algunas de ellas, estos sistemas superan en superficie a los que aún utilizan el suelo como medio de cultivo. (Camacho *et al.*, 2003).

De cara al futuro próximo el desarrollo de los cultivos sin suelo parece irreversible y continuado.

Algunos factores que favorecerán en el futuro el desarrollo de los cultivos sin suelo frente a los de suelo, son los siguientes:

- ✓ El aumento de los riesgos de contaminación, infección o degradación del suelo en aquellos cultivos realizados en éste.
- ✓ La necesidad de ahorrar agua, que llevará a la recirculación de las soluciones nutritivas para eliminar o, al menos, reducir los drenajes emitidos al medio.
- ✓ La obligación, a través de una legislación ambiental restrictiva, de controlar la contaminación del medio ambiente, lo cual conducirá igualmente a la recirculación de las soluciones en cultivos sin suelo. (Camacho *et al.*, 2003).

A pesar de todo esto, en la actualidad, existen algunos problemas en el uso de sustratos, éstos son principalmente de tipo técnico y de tipo económico (Martínez, 1992 y Abad, 1993):

- ✓ Los problemas de tipo técnico son los más generalizados en las explotaciones, debido al manejo inadecuado que se le da al sustrato, bien sea porque el agricultor no se adecua a las propiedades del mismo, por falta de experiencia en el uso del sustrato, o bien porque el sustrato no es el adecuado para las condiciones de cultivo. También hay que tener en cuenta y considerar la dificultad para adaptar la tecnología de los cultivos sin suelo a las instalaciones simples y básicas en las que se basa nuestra producción hortícola.
- ✓ Dentro de los problemas de tipo económico destacan el precio del sustrato, sobre todo cuando su origen se encuentra a gran distancia de los centros de consumo, el suministro, que a veces puede ser inestable cuando el abastecimiento procede del exterior, y la homogeneidad del mismo, que puede ser variable de un lote a otro sobre todo cuando se trata de sustratos que precisas compostaje.

Es importante señalar que los cultivos sin suelo exigen un manejo más preciso y continuado que los cultivos en suelo, pero también permiten alcanzar un equilibrio más favorable para el desarrollo de las funciones radicales (relación agua/aire, temperatura, elementos nutritivos, presión osmótica, etc.) y ello puede repercutir en una mayor producción.

Así mismo, los sustratos tienen características más homogéneas que el suelo y, por ello, las plantaciones obtenidas resultan también más parejas. No obstante, todo no son ventajas a favor de los cultivos sin suelo ya que en éstos, al existir un mayor nivel de humedad, se dan condiciones más favorables al desarrollo de los patógenos.

Además, debido al poder tampón del suelo, éste permite un manejo más burdo sin problemas y, por lo tanto, requiere menos tecnología y nivel de conocimientos. Así mismo el riesgo de que la plantación sufra algún daño debido a cualquier fallo o error de manejo es inferior. (Camacho *et al.*, 2003 y Urrestarazu *et al.*, 2004).

2.2.2. Ventajas e inconvenientes de un sistema de cultivo sin suelo

En los últimos años, se han publicado un gran número de artículos donde se describen las ventajas de este tipo de cultivos. Sin embargo, es preciso resaltar que estas ventajas no son extensibles a todos los cultivos sin suelo, sino que existen diferencias apreciables de acuerdo con el grado de sofisticación del sistema que se considere e, indudablemente, del tipo de cultivo a estudio. Las principales ventajas son:

a. Incremento de la productividad

En general, un control preciso de la nutrición de las plantas, que crecen en los cultivos sin suelo, favorece un mayor rendimiento y una mejora cualitativa de los productos, pero esto no significa necesariamente que el rendimiento en los cultivos tradicionales sea muy inferior. Es evidente que en zonas con suelos excesivamente salinos, agotamiento de nutrientes o toxicidad por metales pesados, etc. los cultivos sin suelo producirían cosechas muy superiores.

b. Nutrición controlada de las plantas

El control del aporte nutricional a las plantas es una de las principales ventajas de los cultivos hidropónicos.

La disolución nutritiva debe "diseñarse a la carta"; la investigación en Química Agrícola ha centrado sus esfuerzos, en los últimos años, en optimizar disoluciones nutritivas ideales para cada tipo de cultivo, sin olvidar que una nutrición ideal debe respetar las necesidades de la planta en cada estadio de su desarrollo, esto es, mantener un balance nutriente evolutivo. De esta forma, se le da a la planta lo que necesita en cada momento, evitando lixiviaciones contaminantes y posibles toxicidades.

En los cultivos convencionales resulta mucho más difícil calcular la dosis de fertilizante adecuada, dado que se tiene que llegar a un equilibrio entre los nutrientes del suelo y los fertilizantes añadidos, sin olvidar los procesos antagónicos, la fijación a los coloides arcillosos o el mayor o menor grado de disponibilidad de los nutrientes en función de las condiciones físico-químicas y climatológicas del medio en que se desarrolla.

Cabe destacar, asimismo, la uniformidad de los productos obtenidos, mucho mayor en sistemas de hidroponía pura y alta sofisticación, y algo menor cuando se utilizan sistemas de riego más sencillo como el goteo.

c. Prácticas de esterilización

El suelo de los invernaderos debe encontrarse libre de organismos patógenos antes de plantar una cosecha. La operación de esterilización es difícil y costosa pero necesaria y de gran importancia.

Los invernaderos requieren altas inversiones en estructuras, instalaciones, materiales, etc.. y es necesario obtener el máximo rendimiento para que resulte rentable.

En los cultivos sin suelo abiertos, no hay necesidad de esterilización cuando los materiales y los sustratos no se van a reutilizar. Para los cultivos cerrados, la necesidad de esterilización varía dependiendo de si se trata de hidroponía pura o sistemas NFT con reemplazamiento del film. Cuando se utilizan sustratos sólidos, es habitual aplicar una esterilización en vapor o química para volver a reutilizar el soporte. En cualquier caso la esterilización de los cultivos sin suelo resulta más sencilla que la fumigación del suelo tradicional.

d. Control del pH

Otra de las ventajas de estos cultivos es la posibilidad de controlar el pH de la disolución nutritiva, de acuerdo con los requerimientos óptimos del cultivo y de las condiciones ambientales. El pH idóneo suele oscilar en 5.5 y 6.5, de forma que el especialista puede ajustar su disolución nutritiva a estos valores mediante la adición de NaOH (sosa) para aumentar el pH, o HCl (ácido clorhídrico) para disminuirlo.

e. Ahorro de agua

El agua es el factor más importante en la producción de cosechas. En zonas muy cálidas y en zonas áridas el gasto de agua es tal que se convierte en el factor limitante para el desarrollo agrícola.

La ventaja de los cultivos sin suelo estriba en la facilidad para emplear técnicas de irrigación con un consumo moderado del agua, como en el caso de los hidropónicos puros donde las raíces de las plantas están sumergidas en la disolución nutritiva, o empleando la subirrigación en los sustratos (existen variaciones de acuerdo con el tipo de sustrato que se utilice).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Además, en el caso de los cultivos cerrados, el agua se recicla, y posteriormente se aprovecha para otros riegos, pero existe una marcada desventaja, se consume gran cantidad de tiempo y de recursos en el control de la red de riego. Por ejemplo, en aguas duras (con excesiva cantidad de carbonato cálcico), existe un peligro evidente de obturación de las boquillas. Este problema se minimiza utilizando aguas ácidas de lavado (disoluciones de ácido nítrico) que disuelven los precipitados formados (costras salinas).

f. Reducción del trabajo

Estos cultivos no necesitan de las tareas habituales llevadas a cabo en los cultivos tradicionales: esterilización del suelo, preparación previa del suelo, períodos de barbecho, etc. En cualquier caso dentro de los cultivos sin suelo, existen grandes diferencias que afectan al grado de automatización y semiautomatización, al tipo de sustrato o al número de cosechas susceptibles de cultivarse en cada sustrato.

g. Control de factores ambientales y nutricionales que afectan al desarrollo del cultivo

h. Mayor número de cosechas por año

El empleo de la hidroponía favorece un incremento en el número de cosechas al año por área de producción debido, naturalmente, a que no existe necesidad de que transcurra un tiempo limitado de descanso entre cosechas.

i. Sustitución efectiva de suelos agotados o no apropiados.

En este aspecto, la hidroponía ofrece una alternativa única, ya que se puede aprovechar el espacio de estos suelos no productivos con la posibilidad de duplicar e incluso triplicar el número de cosechas por año.

En cuanto a los inconvenientes:

a. Inversiones altas

De forma general, los cultivos sin suelo requieren inversiones más altas que las necesarias para los cultivos convencionales.

Es evidente, que el coste depende del tipo de cultivo sin suelo, del grado de perfección, de las medidas de control del sistema adoptado y de la disponibilidad de los materiales en la zona geográfica en que se ubique. Por esa razón existe bastante diferencia entre los costes de estos cultivos en función del país en que se desarrolle. Asimismo es necesario contar con las inversiones propias para la construcción de invernaderos, contenedores, sistemas de reciclado para la disolución nutritiva, electricidad, agua o aparatos de destilación..

b. Mayor conocimiento técnico

Para que el cultivo sin suelo se desarrolle correctamente, es necesario tener conocimiento sobre la nutrición esencial de las plantas, factores que influyen en su crecimiento, química elemental, familiaridad con los sistemas de control, etc.

Es evidente que éstos cultivos requieren de una formación técnica algo más avanzada que los convencionales y por tanto se necesita personal técnico cualificado; no obstante, cabe decir que la familiarización con los cultivos hidropónicos resulta sencilla y atractiva.

c. Riesgo de infecciones

En los sistemas abiertos, el riesgo de infecciones es sensiblemente más bajo que en los cerrados, en los que el exceso del agua drena por las raíces de las plantas. En este caso, si se declara una infección, todas las plantas de la instalación resultarían infectadas.

d. Otros

Existen otras desventajas asociadas a los cultivos sin suelo, como la necesidad de una mayor frecuencia de riego, con el problema añadido de un fallo en el sistema, una mayor necesidad de agua, una mínima reserva de nutrientes -derivada de la incapacidad de algunos sustratos para fijar nutrientes-, dependencia de sustratos que en ocasiones no son locales sino importados y, por último, el riesgo de un mayor impacto ecológico negativo ante un fallo humano o mecánico.

No debemos olvidar que el suelo tiene capacidad amortiguadora, pero con los sustratos un error se paga caro.

2.2.3. Componentes de un sistema de cultivo sin suelo

Cualquier sistema de cultivo sin suelo que se desarrolle, va a estar definido por tres componentes básicos, que son:

- Las unidades elementales de cultivo (sacos, macetas, canalones, etc).
- El equipamiento adecuado (automatismos, equipo de riego, etc).
- La tecnología necesaria para su correcto manejo.

Para conseguir un resultado satisfactorio del cultivo, será necesario conjuntar adecuadamente estos elementos.

Se puede definir la unidad elemental de cultivo como el módulo básico que comprende un espacio de cultivo común, de características determinadas, y que es utilizado como rizosfera por una o más plantas que tienen sus raíces en contacto, empleando conjuntamente dicho espacio (tabla de lana de roca, saco de perlita, canalón de cultivo

hidropónico, etc). Estas unidades elementales pueden estar interconectadas a través de la solución nutritiva (sistemas cerrados) o bien pueden estar completamente aisladas y sin riesgo de transmisión de patógenos radiculares de unas a otras a través de dicha solución (sistemas abiertos).

Cada módulo unitario consta de dos elementos: por un lado el contenido o sustrato que es el medio donde va a desarrollarse la raíz del cultivo, y por otro el contenedor o recipiente que se encarga de aislar, dar forma y condicionar en gran medida las propiedades del contenido. Sin embargo, no siempre aparecen estos dos componentes, ya que a veces se prescinde del sustrato de cultivo, como ocurre en los hidropónicos puros, en los que la raíz se encuentra inmersa directamente en la solución nutritiva. Asimismo, existen sustratos rígidos en los que el contenedor (generalmente una lámina de polietileno) tiene como única función impedir la penetración de la luz hasta el medio radicular y evitar una excesiva desecación de éste.

Veamos por separado cada uno de los componentes de la unidad elemental de cultivo.

a) Contenedores: están compuestos por materiales de diversa naturaleza y su finalidad es la de delimitar el espacio radicular, proporcionándole aislamiento térmico y preservándolo de la luz, los agentes contaminantes, la pérdida de agua por evaporación, etc.

Cuando en el sistema de cultivo se utilizan sustratos amorfos, el contenedor con sus características propias influye directamente en el comportamiento del sustrato, condicionando sus propiedades físicas al adquirir la forma determinada por el contenedor.

Cuando los sustratos son rígidos (**lana de roca**, foam, etc) o no existen (hidropónicos, aeropónicos, etc), esto no sucede pero aún así condiciona enormemente las características de la rizosfera (pendiente, altura de agua, aislamiento, etc), por lo que su importancia es muy grande en el comportamiento final del sistema.

Un ejemplo de la influencia del contenedor sobre las propiedades del sustrato lo encontramos en la inercia térmica, la cual está más condicionada por el volumen, material y forma del contenedor, que por la naturaleza del sustrato contenido pues, al estar éste completamente humedecido, su coeficiente de transmisión calorífica varía muy poco de uno a otro, estando siempre muy próximo al del agua.

En un principio los contenedores se construían de materiales pesados y duraderos (hormigón, hierro, cerámica, asfalto, etc), constituyendo así las primitivas bancadas de cultivo. Actualmente se utilizan materiales mucho más ligeros, impermeables e inertes, generalmente plásticos (polietileno, polipropileno, etc), rígidos, semirrígidos o flexibles, de precio asequible y fácil manejo y reposición.

b) Sustratos: como se ha comentado con anterioridad, el sustrato no siempre es necesario en los sistemas de cultivo sin suelo. Sin embargo, actualmente casi la totalidad de los sistemas empleados a nivel comercial utilizan algún tipo de sustrato.

Cualquier sustrato potencial tiene unas características y propiedades intrínsecas que debemos conocer y estudiar para diseñar el contenedor más apropiado, de forma que el módulo de cultivo resultante, sometido a un correcto manejo, proporcione a la raíz el medio favorable que veíamos con anterioridad. Dentro de estas propiedades tenemos tanto físicas (porosidad, retención de agua, densidad, estructura, granulometría), como químicas (capacidad de intercambio catiónico, poder tampón, solubilidad) y biológicas.

La palabra **sustrato**, se aplica en horticultura a todo material sólido, distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, de forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. (Abad et al., 1996).

2.2.4. Clasificación de los sistemas de cultivo sin suelo

Los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grandes grupos dependiendo del medio en el que se desarrollen las raíces:

- **Cultivos en sustrato**
- **Cultivos en agua o hidropónicos**
- **Cultivos en aire o aeropónicos**

Centrándonos en los **cultivos en sustrato**, podemos distinguir a su vez tres tipos en función de su manejo.

En primer lugar tenemos aquellos sistemas que funcionan por inundación periódica del sustrato mediante subirrigación y en los que posteriormente se realiza la recogida de los sobrantes, como es el caso de las bancadas de grava.

En segundo lugar se encuentran aquellos sistemas que utilizan un sustrato con una baja capacidad de retención de agua y una elevada aireación (grava, etc), de forma que requieren un aporte muy frecuente de solución nutritiva a nivel superficial para asegurar un suministro adecuado de agua y nutrientes al cultivo.

Por último están los sistemas convencionales que emplean algún sustrato con una capacidad de retención de agua importante (**lana de roca**, perlita, fibra de coco, arena, etc), de forma que requieren el aporte de riegos puntuales en función de las necesidades hídricas del cultivo, con el fin de lograr una adecuada relación agua/aire en el mismo.

Los dos primeros son **sistemas cerrados** ya que la solución ha de recircularse con el fin de evitar el despilfarro de agua y nutrientes. En cuanto al tercero, puede ser indistintamente **abierto** o **cerrado** dependiendo del manejo que se realice de la solución.

♦ **Sistemas Cerrados:** son aquéllos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo.

♦ **Sistemas Abiertos** o a solución perdida: son aquellos en los que los drenajes provenientes de la plantación son desechados.

A nivel mundial los sistemas cerrados son los más extendidos, mientras que en nuestro país la práctica totalidad de las explotaciones comerciales son sistemas abiertos y que adoptan el riego por goteo (generalmente con una piqueta por planta), sin recirculación de la solución nutritiva dadas las condiciones generales de calidad de agua de riego y la exigencia de nivel técnico que tienen los sistemas cerrados. (Fernández y Cuadrado, 1999; Resh, 1992).

2.2.5. Cultivo sin suelo y medio ambiente

Durante los últimos años se viene mostrando un marcado interés por el medio ambiente, lo que ha facilitado el estudio del impacto ambiental de la actividad agraria sobre la atmósfera, el suelo y las aguas superficiales y de escorrentía.

Los cultivos sin suelo presentan unas características diferenciales importantes en comparación con el cultivo en suelo natural, entre ellas cabe citar: el control riguroso de los aspectos relacionados con el suministro de agua y nutrientes, especialmente cuando se trabaja en sistemas cerrados y la capacidad de acogida de residuos y subproductos para ser utilizados como sustratos de cultivo.

No obstante la industria de los cultivos sin suelo genera una serie de contaminantes procedentes de la lixiviación de los nutrientes, especialmente en sistemas abiertos, a solución perdida, del vertido de materiales de desecho, de la emisión de productos fitosanitarios y gases y del consumo extra de energía, consecuencia de los sistemas de calefacción y mantenimiento del nivel higroscópico adecuado, la desinfección del medio de cultivo, etc.

Si nos centramos en el desarrollo de estos cultivos en Europa, podemos decir que Holanda mantiene un área estable de producción. En otros países como en España esta tendencia se puede observar, donde han proliferado rápidamente, principalmente en el sudeste, destacando el cultivo de hortalizas. La expansión está siendo más lenta en Italia y Grecia. En Alemania, norte de Francia, Reino Unido y Bélgica, las hortalizas se cultivan principalmente en sistemas hidropónicos abiertos.

Se estima que la normativa medioambiental es la principal motivación para adoptar este tipo de cultivos en los países del noroeste de Europa, mientras que en los países de la cuenca mediterránea priman las motivaciones económicas.

2.2.6. Enfermedades de las plantas en los cultivos sin suelo

Inicialmente se pensaba que la técnica de los cultivos sin suelo iba a evitar las infecciones que habitualmente ocurrían en los cultivos convencionales. Sin embargo esto no ha sido así. Al transferir una planta que crece en un suelo y por tanto desarrolla un

equilibrio frente a acciones físico-químicas y biológicas, a un medio donde existe un vacío biológico, se ha incrementado la posibilidad de epidemias (Van Assche and Vangheel, 1989). Por tanto, la mayoría de los agentes patógenos que afectan a la raíz en los cultivos con suelo, existen también en los cultivos sin suelo.

El problema de las enfermedades puede ser diferente o tener distinta extensión en los cultivos sin suelo. Por ejemplo algunos patógenos afectan menos a los cultivos tradicionales pero pueden ser importantes en hidroponía. Otro agravante, es la facilidad de transmisión a través de la recirculación del agua. Estos problemas, como sugieren Van Assche y Vangheed (1994), pueden resolverse optimizando las condiciones de crecimiento de las plantas (añadiendo ácidos húmicos, introduciendo bacterias antagonistas dentro del sustrato o el contenedor, etc).

2.2.7. Tipos de sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, estos criterios están basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

Los sustratos se pueden clasificar como se detalla a continuación (Baixauli *et al.*, 2002):

- **Sustratos orgánicos**, que al mismo tiempo se pueden subdividir en:
 - ◆ De origen natural, entre los que se encuentran las turbas.
 - ◆ Subproductos de la actividad agrícola, la fibra de coco, virutas de madera, paja de cereales, residuos de la industria del corcho, cascarilla de arroz, cáscara de almendra, etc.
 - ◆ Productos de síntesis, entre los que encontramos: polímeros no biodegradables, como la espuma de poliuretano y el poliestireno expandido.

- **Sustratos inorgánicos**, que podemos subdividir en:
 - ◆ De origen natural, que no requieren de un proceso de manufacturación, entre los que encontramos: la arena, las gravas, las zeolitas y las tierras de origen volcánico.
 - ◆ Aquellos que pasan por un proceso de manufacturación, como son: la lana de roca, la fibra de vidrio, perlita, vermiculita, arcilla expandida, etc.

La elección de un sustrato u otro va a depender por orden de prioridad: de la disponibilidad del mismo, de las condiciones climáticas, de la finalidad de la producción y especie cultivada, de sus propiedades, del coste de la experiencia de manejo, homogeneidad, de la dedicación al sistema y de las posibilidades de instalación. (Baixauli *et al.*, 2002).

2.2.8. Características generales de los sustratos

Se suelen distinguir tres tipos de propiedades: físicas, químicas y biológicas. La importancia del conocimiento de ésta radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y del riego y por lo tanto, el éxito del cultivo (Burés, 1997).

2.2.8.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los sustratos son de gran importancia para el normal desarrollo de la planta. Desde el punto de vista físico, un sustrato se caracteriza por 3 fases: sólida, líquida y gaseosa, cada una de las cuales tiene una función muy definida frente a la planta.

- ◆ La fase sólida constituye el soporte físico del vegetal, dando estabilidad a la planta.
- ◆ La fase líquida permite su alimentación en agua y elementos nutritivos.
- ◆ La fase gaseosa asegura la oxigenación de las raíces.

El equilibrio entre estas 3 fases será determinante para la calidad del sustrato. A un buen sustrato le vamos a pedir un comportamiento similar al de una esponja, es decir, una elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, distribución del tamaño de partículas, baja densidad aparente y estabilidad. (Baixauli *et al.*, 2002).

En general, las propiedades físicas de un sustrato no pueden predecirse, de forma sencilla, a partir de las características de los materiales que lo conforman, pues éstos varían significativamente de una zona a otra. Además, las mezclas de los distintos materiales producen complejas interacciones que alteran las propiedades físicas de la mezcla final. (Ansorena, 1994).

Las características físicas más relevantes son:

✦ **Granulometría:** el análisis granulométrico de un sustrato es la clasificación de sus partículas en función del tamaño. Se expresa como porcentaje de, masa de cada fracción granulométrica.

En sustratos con una amplia distribución de tamaños de partículas, las pequeñas, se alojan entre las partículas grandes, reduciendo el volumen de poros y, por tanto, la porosidad total. La porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de las partículas.

El material más adecuado es el de textura media a gruesa, con distribución de tamaño de los poros entre 30 y 300 micras, que retiene suficiente agua fácilmente disponible y posee un adecuado contenido de aire. (Baixauli *et al.*, 2002 y Urrestarazu *et al.*, 2004).

✦ **Estructura:** los sustratos deben tener una estructura estable que permita una buena durabilidad del material y una manipulación adecuada (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Porosidad:** es el volumen total del sustrato de cultivo no ocupado por partículas orgánicas o minerales, es decir el cociente entre el volumen de poros y el volumen total del sustrato que ocupa el contenedor. (Burés, 1997; Baixauli *et al.*, 2002 y Urrestarazu *et al.*, 2004).

El valor óptimo de porosidad es superior al 85%, razón por la cual podemos cultivar con volúmenes reducidos de sustrato, dejando un gran volumen disponible al aire y a la solución nutritiva. (Baixauli *et al.*, 2002).

El total de poros se mide en microporos, que son los encargados de retener el agua, y los macroporos que permiten la correcta aireación y drenaje del sustrato. La porosidad puede ser:

- **Intraparticular** (poros en el interior de las partículas), que podrá estar conectada al exterior o cerrada, esta última no será efectiva y se le conoce como porosidad ocluida.

En el caso de la porosidad ocluida, no existe comunicación posible entre los poros del interior de las partículas y los que están en el exterior, entre dichas partículas. En consecuencia los poros internos no influirán sobre la distribución del agua y del aire en el sustrato, siendo su único efecto el proporcionar cierta ligereza a dicho sustrato.

Si la porosidad es abierta, el agua puede circular por el interior de las partículas, pudiendo participar, en consecuencia, en la nutrición hídrica de las plantas.

- **Interparticular**, poros existentes entre las diferentes partículas.

El conocimiento de la porosidad total no es suficiente para conocer la accesibilidad del líquido a los poros, ya que como hemos comentado anteriormente, los poros formados dentro de las partículas pueden ser ocluidos, por lo que en estos casos es aconsejable hablar de porosidad efectiva que es la que interesa con fines agronómicos. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

✦ **Capacidad de aireación:** es la proporción de volumen de sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar (tensión de 10 cm de columna de agua). (Baixauli *et al.*, 2002).

El valor óptimo se sitúa entre el 20-30%, (Baixauli *et al.*, 2002 y Urrestarazu *et al.*, 2004), siendo dicho valor el encargado de suministrar aire y por lo tanto, oxígeno a las raíces de la planta.

Un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor, debiendo adecuar la altura al tipo de sustrato empleado.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

✦ **Agua fácilmente disponible:** es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a tensión de 10 cm de columna de agua y la cantidad de agua presente en dicho sustrato tras una succión de 50 cm de columna de agua, es decir, es la succión efectuada por la planta en su alimentación sin necesidad de realizar un gran esfuerzo.

El valor óptimo es 20-30%. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Agua de reserva:** es la cantidad de agua (% de volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de columna de agua de desorción.

El valor óptimo es del 4-10%. (Baixauli *et al.*, 2002 y Urrestarazu *et al.*, 2004).

✦ **Agua total disponible:** viene dada por la suma del agua fácilmente disponible más el agua de reserva.

El nivel óptimo se encuentra entre el 24 y el 40% de volumen (Baixauli *et al.*, 2002).

La disponibilidad de agua de un sustrato y su relación con las plantas, se explica en la curva de desorción o liberación de agua que se muestra a continuación:

✦ **Agua difícilmente disponible:** es el volumen de agua retenida por el sustrato tras ser sometido a una tensión superior a 100 cm. columna de agua. En muchos casos se produce una incapacidad por parte de la planta de extraer el agua del sustrato, pudiendo llegar incluso a mostrar síntomas de marchitez. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Densidad aparente:** viene definida como la materia seca en gramos contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo. Los sustratos con valores bajos de densidad aparente son fáciles de manipular. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Mojabilidad:** algunos materiales orgánicos presentan dificultades para ser humedecidos inicialmente y para ser rehúmedecidos una vez se han secado en el contenedor, lo que puede provocar un retraso y una reducción en el crecimiento de la planta.

Las dificultades para mojar un sustrato se atribuyen generalmente a dos causas: la hidrofobicidad del material y la contracción que experimenta al secarse. La mojabilidad se expresa como el tiempo necesario para que se absorban 10 ml. de agua destilada a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40° C. El nivel óptimo es igual o inferior a 5 minutos. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

✦ **Contracción en volumen:** se refiere al porcentaje de pérdida de volumen cuando el sustrato se seca (generalmente a 105° C referido al volumen aparente inicial en unas determinadas condiciones de humedad (generalmente saturación y drenaje posterior a 10 cm tensión de c.a.). La contracción del volumen facilita la compactación del sustrato y la compresión de las raíces, disminuye la eficiencia del riego y la fertilización, etc.

El nivel óptimo de contracción, expresada como pérdida de volumen, se sitúa por debajo del 30%. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

2.2.8.2. Propiedades químicas

La reactividad química de los sustratos se plasma en un intercambio de materia entre el material sólido que forma el sustrato y la solución del mismo (Burés, 1997).

Esta transferencia es debida a reacciones de distinta naturaleza:

- **Reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales** (Burés, 1997).

- **Reacciones de intercambio de iones** (Burés, 1997).

- **Reacciones de biodegradación de la materia orgánica** (Burés, 1997).

Estos tipos de reactividad permiten definir dos tipos extremos de sustratos:

- **Sustratos químicamente inertes**, aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente (Ansorena, 1994).

- **Sustratos químicamente activos o no inertes**, aquellos en los que existe un intercambio recíproco entre el material sólido y la solución del sustrato (Ansorena, 1994).

Los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, debido principalmente a la formación y presencia de las sustancias húmicas, el producto final más importante de la descomposición de la materia orgánica. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

La reactividad química de los sustratos queda caracterizada a través de las siguientes magnitudes:

- ✦ **pH**: el desarrollo de las plantas se ve reducido en condiciones de acidez o alcalinidad marcada.

El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Pueden aparecer síntomas carenciales de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) con valores de pH inferiores a 5, mientras que con valores superiores a 6,5 se disminuye la asimilabilidad de hierro (Fe), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), y cobre (Cu).

En general, cuando un sustrato se encuentra fuera de los rangos de pH aconsejados, lo debemos corregir a valores adecuados.

El valor óptimo de pH aconsejado en la disolución del sustrato dependerá mucho de la especie a cultivar, pero por lo general, el rango de valores de pH en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes esta comprendido entre 5,5 y 6,8. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Capacidad de intercambio catiónico. C.I.C:** se define como la suma de cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso del sustrato, es decir, la capacidad de retener cationes nutrientes e intercambiarlos con la solución acuosa.

El valor óptimo de C.I.C de los sustratos está estrechamente relacionado con la frecuencia de la fertirrigación. Si la fertirrigación se aplica permanentemente, la capacidad de absorción de los cationes no representa ninguna ventaja, siendo recomendable la utilización de sustratos inertes, con baja o nula C.I.C. Si, por el contrario, la fertirrigación se aplica de forma intermitente, será interesante la utilización de sustratos con moderada a elevada C.I.C. (Urrestarazu et al., 2004).

Una CIC alta es propia de los sustratos orgánicos. Se expresa en miliequivalentes por unidad de peso o volumen, meq/100 g o meq/100 cc.

En los actuales sistemas, en los que con la nueva tecnología existente en el riego permite formular de forma cómoda las soluciones nutritivas, suele interesar sustratos con una baja CIC, o sea, que sean químicamente inertes o de muy baja actividad. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Capacidad tampón:** la capacidad tampón de un sustrato mide su poder amortiguador sobre cambios rápidos de pH provocados por la adición de fertilizantes de carácter ácido o básico del sustrato. La capacidad tampón de un sustrato aumenta con la capacidad de intercambio catiónico.

El poder tampón de los sustratos orgánicos es en general superior al de los sustratos inorgánicos puesto que las sustancias húmicas proporcionan capacidad tampón frente a un rango amplio de pH (Burés, 1997).

✦ **Salinidad:** hace referencia a la concentración de sales existente en el sustrato cuando es suministrado. En aquellos que son inertes la salinidad es prácticamente nula, en sustratos orgánicos puede tener valores elevados. La podremos determinar a través de una analítica del extracto saturado, para aprovechar dichas sales, si son apropiadas, o proceder al lavado del sustrato empleando agua de riego. (Baixauli *et al.*, 2002).

Los valores de la conductividad eléctrica C.E representan bien la situación de salinidad de un sustrato. A continuación se expresan unos valores orientativos para la C.E del extracto de saturación (expresados en mS por cm a 20° C), (Bunt, 1988 citado por Urrestarazu *et al.*, 2004). :

- Muy bajo: < 0,75
- Apropiado para geminación de semillas y crecimiento de plántulas: 0,75-2
- Apropiado para la mayoría de las plantas: 2-3,5
- Elevado para la mayoría de las plantas: > 3,5

✦ **Disponibilidad de los nutrientes:** la mayor parte de los sustratos inertes existentes poseen un contenido de nutrientes inicial casi nulo. (Baixauli *et al.*, 2002).

Los sustratos orgánicos difieren entre sí en el contenido en nutrientes asimilables. Así, algunos (turba, corteza de pino, etc.) poseen un nivel reducido de nutrientes asimilables, mientras que otros como por ejemplo el compost, presentan elevados niveles, dependiendo dicho niveles del origen del compost y del proceso de compostaje. (Urrestarazu *et al.*, 2004). Cuando hemos elegido un sustrato orgánico como medio para desarrollar nuestro cultivo, será conveniente realizar un análisis del extracto de saturación, para ajustar la solución nutritiva. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Relación C/N:** es la relación del porcentaje de carbono orgánico y nitrógeno total del sustrato, representando un índice de salud del mismo y de la posibilidad de éste para nutrir a la planta en N en un momento dado. El valor de dicha relación nos da una idea del grado de inmadurez de los sustratos orgánicos y de su estabilidad. Un nivel del orden de 30 puede ser indicativo de la falta de descomposición del sustrato, dando lugar a una inmovilización del nitrógeno de la solución y a una reducción del oxígeno debida a la actividad microbiana. Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para cultivo en sustrato, recomendándose un valor en torno a 10-12. (Baixauli *et al.*, 2002).

2.2.8.3. Propiedades biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radical. Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

✦ **Velocidad de descomposición:** todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables son susceptibles de degradación biológica. El responsable de dicho proceso es la población microbiana, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los sustratos de cultivo, considerada de un modo global, es desfavorable desde el punto de vista agrícola, debiéndose tomar precauciones con objeto de minimizar sus efecto sobre la planta. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

Las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato, también influyen en la velocidad de descomposición.

La descomposición de los sustratos se da generalmente en los orgánicos, siendo deseable para el manejo de sistemas de cultivo sin suelo que tenga una baja velocidad de descomposición por degradación biológica (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Actividad reguladora del crecimiento:** se conocen determinadas sustancias existentes en los extractos de muchos sustratos orgánicos utilizados en los medios de cultivo de las plantas que tienen un cierto efecto estimulador sobre el crecimiento celular y la iniciación de las raíces. (Baixauli *et al.*, 2002).

✦ **Propiedades supresivas:** dificultan o inhiben el crecimiento y/o desarrollo de determinados agentes fitopatógenos, especialmente hongos. Estas propiedades se han encontrado en materiales orgánicos compostados, particularmente cortezas de árboles, con

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

supresividad a enfermedades inducidas por *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, etc. (Urrestarazu *et al.*, 2004).

2.2.9. Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo en cada caso variará de acuerdo con numerosos factores. Principalmente serían:

- ✓ Tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.).
- ✓ Especie vegetal.
- ✓ Condiciones climáticas.
- ✓ Tamaño y forma del contenedor.
- ✓ Sistemas y programas de riego y fertilización.
- ✓ Aspectos económicos.
- ✓ Experiencia local en su utilización, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requiere las siguientes características (Abad *et al.*, 2004):

Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suministro de aire suficiente.
- Elevada porosidad.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Estructura estable para impedir la contracción o hinchazón del medio.

Propiedades químicas:

- Mínima velocidad de descomposición.
- Baja o moderada capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o intermitente, respectivamente.
- Baja salinidad.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.

Otras propiedades:

- Fácil de preparar y mezclar.
- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos, patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.
- De manejo conocido.

A menudo, cuando ocurren cambios en el sistema de manejo o en el medio ambiente que prevaleció durante el cultivo, pueden llegar a proporcionar resultados completamente distintos en el sustrato utilizado, por ello nunca se puede hablar de sustrato “ideal”, ya que es el binomio sustrato-manejo el que determinará el éxito o por el contrario, el fracaso, en la utilización de un determinado material como sustrato para el cultivo. Este modo de entender el uso de los sustratos es un aspecto primordial y de gran relevancia a la hora de desarrollar un cultivo sin suelo, ya que de tenerlo claro dependerá el buen desarrollo del cultivo y sus consecuentes resultados.

2.2.10. La lana de roca

Entre los principales sustratos utilizados en cultivo sin suelo encontramos la lana de roca. Existen otros sustratos como son la turba, corteza de pino, arena, perlita, fibra de coco y algunos más que son menos extendidos.

♦ **Turba:** son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos:

• Turbas rubias: Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas.

• Turbas negras: Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica.



Figura 43. Tipo de sustrato: Turba.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

♦ **Corteza de pino:** Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada en nuestro país es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera.



Figura 44. Tipo de sustrato: Corteza de pino.

♦ **Arena:** Es un material de naturaleza silíceo ($\text{SiO}_2 > 50\%$) y de composición variable, que depende de los componentes de la roca silíceo original.



Figura 45. Tipo de sustrato: Arena.

Las arenas pueden proceder de canteras (granito, basalto, etc.) o de los ríos y ramblas (depósitos de formación aluvial, más o menos recientes). En todos los casos y para un óptimo aprovechamiento deben estar exentas de limos y arcillas. Deben de rechazarse arenas que contengan niveles elevados de carbonato cálcico, en todo caso, superiores al 10% (Abad *et al.*, 2004).

♦ **Perlita:** Es un silicato de aluminio de origen volcánico. Se trata de un material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1.000-1.200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. El agua combinada se evapora rápidamente, expandiéndose el producto, para formar un material particulado (agregados ligeros), con una densidad aproximada de 125 kg.m^{-3} , cuando la roca original pesaba 1500 kg.m^{-3} (Abad *et al.*, 2004).

Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1,5 y 6 mm, con una densidad baja, en general inferior a los 100 kg.m^{-3} . Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su C.I.C. es prácticamente nula ($1,5\text{-}2,5 \text{ meq.}100 \text{ g}^{-1}$); su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7,5) y se utiliza a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc.



Figura 46. Tipo de sustrato: Perlita.

La perlita puede degradarse en su ciclo de cultivo, perdiendo su capacidad granulométrica, lo que puede favorecer el establecimiento de condiciones de anegamiento en la parte inferior del saco, con la consiguiente reducción de aireación (Abad *et al.*, 2004).

♦ **Fibra de coco:** Es un residuo orgánico agroindustrial de origen tropical. Se genera después de que el mesocarpo fibroso del fruto del coco ha sido procesado para extraer las fibras más largas, las cuales se destinan a la fabricación de cuerdas, esteras, cepillos, etc. Se aprovechan las fibras cortas y el polvo del tejido medular en proporciones variables como sustrato (Abad *et al.*, 2004).

La fibra de coco es un material muy ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad *et al.*, 2004).



Figura 47. Tipo de sustrato: Fibra de coco.

♦ **Lana de roca:** Es un material obtenido a partir de la fundición industrial a más de $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ de una mezcla de rocas basálticas, calcáreas y carbón de coque. Finalmente al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa, endurece y se corta en la forma deseada.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

♦ **Otros sustratos:** Menos extendidos, son utilizados en aquellos casos de una disponibilidad local, como la arcilla expandida, la vermiculita, zeolita piedras volcánicas, grava, espumas sintéticas, cáscara de arroz, etc



Figura 48. Tipos de sustratos: Vermiculita (parte superior) y cáscara de arroz (parte inferior).

2.2.10.1. Origen y proceso de fabricación de la lana de roca

Se trata de un producto mineral transformado industrialmente por temperaturas elevadas. Básicamente es un silicato de aluminio, que también contiene algo de calcio y magnesio y, en menor proporción, hierro y manganeso (Abad *et al.*, 2004).



Figura 49. Lana de roca.

La fabricación de la lana de roca se inició en Dinamarca. Es un material fibroso inerte obtenido por la fundición a 1 600 °C de diabasa y calizas, utilizando como combustible carbón.

La masa fundida se lanza sobre unas ruedas giratorias, de donde sale expedita en forma de fibra de 0,05 mm de grosor. Por tanto, el resultado de la fundición es una fibra, la cual es comprimida en bloques (tacos) o en planchas (tablas) de diferentes tamaños y características, o se granulan.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Las tablas van embolsadas con un polietileno de color blanco exteriormente y negro en el interior, para evitar la proliferación de algas, e impedir la inhibición del desarrollo radicular (Abad *et al.*, 2004).

Durante el proceso de fabricación se añade un aglutinante y un agente hidrófilo para conseguir una absorción uniforme del agua. El resultado es un medio de cultivo con unas características físico-químicas idóneas para su uso en agricultura.

Debido a su proceso de fabricación con altas temperaturas es un producto libre de patógenos y semillas de malas hierbas (inerte), sin reacciones químicas entre la planta, los fertilizantes y el sustrato, que nos altere el equilibrio de la solución nutritiva deseada. (Fernández y Cuadrado, 1999).



Figura 50. Detalle de tabla y taco de lana de roca para siembra.

2.2.10.2. Composición de la lana de roca

Aunque la composición de la lana de roca varía de unos fabricantes a otros, según el Centro de Investigación para la horticultura en Francia, publicados en Culture Legumières sur substrats, 1986 consta de: óxido de silicio 47%, óxido de calcio 16%, óxido de aluminio 14%, óxido de magnesio 10%, óxido de hierro 8%, óxido de sodio 2%, óxido de titanio 1%, óxido de potasio 1%, óxido de manganeso 1%.

2.2.10.3. Características principales de la lana de roca

Se caracteriza por tener una estructura física compacta y químicamente por ser inerte:

Propiedades Físicas: dependen del grosor de las fibras, su densidad, la cantidad de estabilizante y mojante añadidos, etc, y esto varía en función del fabricante.

Puede decirse que en general dichas propiedades son las siguientes:

- Espacio poroso total: hasta el 97%.

- Agua fácilmente disponible: cuando se moja por inversión previo a la plantación, puede alcanzar un valor superior al 70%, pero posteriormente durante el cultivo tiende a

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

descender entre el 50 y el 60% ya que la lana de roca no es capaz de rehumectarse completamente.

- Agua de reserva: entorno al 1%.
- Agua difícilmente disponible: se sitúa entre el 2 y el 4%.
- Capacidad de aireación: del 25-30%. (Camacho *et al.*, 2003).
- Densidad aparente: 0,08 gr.cm⁻³

Se trata de un sustrato compacto, por lo que la distribución de la humedad y oxigenación va a depender de la disposición de la fibra y de la altura del sustrato. La altura del sustrato es realmente importante, ya que el gradiente de agua crece de arriba hacia abajo, por lo que la oxigenación es mayor en la parte superior de la tabla. Esta altura hay que tenerla en cuenta a la hora del manejo del riego y de la apertura del drenaje. En los sustratos de menor altura deberemos estar seguros de que no queda agua acumulada dentro, para evitar la asfixia radicular.

La densidad de la lana de roca varía entre 50-70% kg.m⁻³ según cultivo, tipo de agua a utilizar y duración del sustrato. (Fernández y Cuadrado, 1999).

Propiedades Químicas, este sustrato presenta una capacidad de intercambio catiónico prácticamente nula al igual que su poder tampón, por lo que no es capaz de alterar la composición de la solución nutritiva existente en la rizosfera. Esto en general es una ventaja ya que podemos controlar mejor la nutrición del cultivo. Sin embargo, no se dispone de una reserva de nutrientes en caso de que el aporte no sea el correcto. Es, en definitiva, un sustrato muy técnico.

Por otro lado, la salinidad inicial es despreciable y por tanto no constituye un factor limitante. El pH inicial se sitúa en torno a 8-9, por lo que es necesario dar un riego de saturación con solución nutritiva con el fin de reducir este valor y conseguir que sea óptimo en el momento del transplante.

En lo que respecta a las alteraciones sufridas por el material, la lana de roca no sufre descomposición por actividad biológica, sino alteraciones mecánicas que consisten básicamente en a compactación de las fibras.

Según Camacho *et al.*, 2003, la vida útil suele ser de 2 ó 3 años, aunque también se comercializan tablas de un solo año de duración, más económicas y con menos riesgos fitosanitarios.

Tabla 31. Resumen de las características o propiedades más relevantes de la lana de roca.

PROPIEDADES DE LA LANA DE ROCA	
Densidad aparente (gr.cm ⁻³)	0,08
Porosidad (%)	97%
Capacidad de aireación (% volumen)	25-30%
Agua fácilmente disponible (% volumen)	50-60% *
Agua difícilmente disponible (% volumen)	82-4%

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Agua de reserva (% volumen)	1%
C.I.C. (meq.100 g ⁻¹)	0

* Cuando se moja por inversión previo a la plantación, puede alcanzar un valor superior al 70%, pero posteriormente durante el cultivo tiende a descender entre el 50 y el 60% ya que la lana de roca no es capaz de rehúmedarse completamente.

La lana de roca presenta una serie de inconvenientes. Las principales desventajas que presenta son: la capacidad de intercambio catiónico es prácticamente nula al igual que su poder tampón, (esto puede ser una ventaja pero también un inconveniente, como se ha comentado anteriormente ya que no se dispone de ninguna reserva de nutrientes en caso de que el aporte no sea el correcto), sufre alteraciones mecánicas (consisten básicamente en la compactación de las fibras) y posee un pH inicial elevado (entorno a 8-9), por lo que es necesario dar un riego de saturación con solución nutritiva con el fin de reducir este valor y conseguir que sea óptimo en el momento del transplante.

2.2.10.4. Tipos de tablas de lana de roca

Existen importantes y variados tipos de tablas de lana de roca en el mercado internacional. Cada tipo de tabla se adapta a una necesidad, de ahí el gran catálogo de tablas que podemos encontrar. En el sur de Europa se desarrollan las siguientes líneas de tablas cuyas diferencias son la disposición de la fibra, densidad y dimensiones.

Presentación comercial de algunas líneas de tablas de lana de roca (Fernández y Cuadrado, 1999):

- Fibra crespada: dimensiones más comunes (cm) 120*20*7,5y 120*24*7,5
- Fibra horizontal: dimensiones más comunes (cm) 100*10*10, 100*15*10 y 120*20*10
- Fibra Vertical: dimensiones más comunes (cm) 100*15*10 y 100*20*8,5

Según Camacho *et al.*, 2003 para aumentar el cono de sustrato mojado directamente por el emisor y mejorar la colonización de la tabla por las raíces, se utilizan normalmente tablas cuyas fibras se disponen horizontalmente.

Aunque actualmente están teniendo un gran desarrollo las tablas de fibra vertical ya que permiten un mejor ajuste de los niveles de agua, una mejor resaturación de la tabla entre los ciclos de cultivo debido a su alta capilaridad (esto nos va a poder permitir bajar los niveles de humedad en el invierno y poder recuperar la humedad en primavera sin esfuerzos, así como, mantener una correcta relación de humedad día-noche, que nos permita conseguir un menor grado de humedad en el sustrato durante las horas de poca actividad de la planta, siendo importante en cultivos con sensibilidad al encharcamiento), la tabla es mucho más rígida, lo que asegura el uso de la misma varios años sin perder propiedades y disminuye los drenajes, lo que se traduce en un ahorro de agua y abono. (Fernández y Cuadrado, 1999). Éstas pueden tener al inconveniente de acumulación de

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

sales durante el proceso de ascenso capilar en el volumen colindante al cono de humedad. (Camacho *et al.*, 2003).

2.2.10.5. Manejo del sustrato: lana de roca

El cultivo en lana de roca fue introducido en España en 1982. Su desarrollo y evolución han sido espectaculares. Existen diferentes firmas que la comercializan, empleando distintas dimensiones de tablas y disposiciones del drenaje (Baixauli *et al.*, 2002).

Cuando se introduce el sistema de cultivo sin suelo, una de las primeras labores es la preparación del terreno. Al ser un cultivo fuera del suelo, el terreno no necesita ningún tratamiento previo como abonado de fondo, aportación de estiércol o cualquier otra labor destinada a mejorar su estructura.



Figura 51. Tablas de lana de roca preparadas para trasplante (abajo) y con plantas de melón (arriba).

El suelo del invernadero debe estar nivelado, el objetivo de esto, es conseguir la mayor homogeneidad de CE, pH y humedad dentro del sustrato, evitar drenajes incontrolados en las bolsas y captar luz de forma homogénea en toda la explotación. El suelo que se encuentra debajo de las tablas, se debe de aislar con plástico negro para evitar el franqueo de raíces, evitar la propagación de posibles patógenos existentes en los suelos y evitar acumulaciones de agua en las bolsas. Una vez que las tablas están colocadas en el terreno, se realizan los agujeros de trasplante, posteriormente, se introducen las piquetas de los goteros en cada uno de los agujeros y se comienza a saturar las tablas con solución nutritiva a un pH y CE deseada para el cultivo (nunca se debe saturar las plantas con agua sola). Transcurridas 48 horas desde la saturación, se realizará un pequeño orificio en el

plástico que cubre a la tabla para que ésta pueda drenar. En cuanto al lugar donde realizar dicho orificio, existe cierta controversia; mientras algunas casas comerciales de lana de roca recomiendan la apertura de los drenajes a 1 – 2 cm de la base de la tabla, en los laterales de la misma, otras, como Cultinène recomienda cortar la bolsa en bisel en el extremo situado a menor distancia coincidiendo con lo dicho por Fernández y Cuadrado, 1999 y Magán, 2000.

El interés de la primera práctica, obedece a la búsqueda de mantener una reserva de agua en la bolsa, mientras que en la segunda práctica se entiende que “es más fácil dar agua que aire y que la saturación favorece las enfermedades” (Vega *et al.*, 2004).

El trasplante se realizará evitando las horas de máximo calor, preferiblemente por la mañana, pero también se puede realizar por la tarde (García, 2000).

En la plantación, o trasplante, la plántula procedente del semillero que viene sembrada en un taco de lana de roca de 7,5 x 7,5 cm, protegido lateralmente por una lámina de plástico, se coloca directamente sobre la tabla y se sujeta a ésta con la piqueta del gotero correspondiente (Magán, 2000).

Una vez conseguido el enraizamiento, se suele sacar un poquito la piqueta del taco, para evitar que las raíces taponen la salida del agua.

Otro tema que genera cierta controversia, es ¿dónde se coloca la piqueta del gotero, en el taco o en la tabla? Por lo general, se recomienda colocar la piqueta sobre la tabla, ya que si se coloca sobre el taco, el cuello de la planta se encontraría continuamente en condiciones de saturación incrementándose las posibilidades de ataques de patógenos.

Finalmente, hay que indicar que la eliminación de los residuos de lana de roca al final de su vida útil, representa un gran problema. El empleo de lana de roca supone al final de su utilización, eliminar entre 60 y 80 m³.ha⁻¹ de dicho material. Como la lana de roca no es biodegradable y sus residuos son nocivos para la salud humana (Bénoit, 1990, citado por Marfà, 2000), se han buscado usos alternativos de estos subproductos.

Así se puede reciclar transformándola en copos para la fabricación de sustratos para el cultivo de plantas en contenedor (Strojny, 1996, citado por Marfà, 2000) o reutilizándola en la fabricación de aislantes para la construcción, como se ha llevado a cabo en Holanda (Urban, 1997, citado por Marfà, 2000).

2.2.10.6. Reutilización del sustrato: lana de roca

La renovación del sustrato tiene un marcado carácter económico, donde se considera el coste de esta operación y las posibles pérdidas en caso de mantenerlo (Vega y Raya, 2000).

En el litoral almeriense, los agricultores tienden a alargar la vida útil del sustrato basándose en su experiencia y en la información de técnicos y fabricantes para reducir los costes de cultivo, pero no hay criterios claros que les permitan decidir hasta cuándo deben usarlos sin que haya pérdidas productivas (Acuña *et al.*, 2004). En cambio, en Holanda, en

general, los agricultores de hortalizas en invernadero suelen renovar los sustratos una vez al año, para evitar gastos de desinfección (Van Os *et al.*, 2002).

La información sobre la duración del uso de los sustratos hortícolas en el litoral almeriense es escasa y heterogénea. Hay autores que recomiendan renovaciones cada dos o tres cultivos, considerando que no hay una disminución del rendimiento de la calidad durante este periodo de uso (Amma y Cascardo, 1997, citados por Haro, 2003).

Otros autores recomiendan renovaciones cada 3 ó 4 años (Sánchez *et al.*, 2001), aunque pueden apreciarse reducciones de producción en las tablas de segundo año. En general, no se recomienda alargar el uso de las tablas más de tres años

Algunos autores indican la conveniencia de dejar el sustrato viejo bajo el nuevo para, sobre todo, aislarlo térmicamente del suelo. (Vega y Raya, 2000). Además, en la duración del sustrato también interviene el contenedor, por lo que hay una tendencia a utilizar plásticos cada vez más gruesos de 450 a 500 galgas.

La información concerniente al efecto de la reutilización de los sustratos sobre sus características físico-químicas es escasa, y la existente hace mención principalmente a sustratos de tipo orgánico y perlita.

Según Bonachela en su proyecto de investigación (02/06) 'Técnicas de mejora de oxigenación de la rizosfera en cultivos sin suelo y enarenados del litoral mediterráneo' ha incidido, finalmente, en la oxigenación en sustratos nuevos y reutilizados y, concretamente, en lana de roca de primer y tercer uso, y en perlita de primer y quinto uso. Las conclusiones en este sentido indican que los cambios que se producen en dichos sustratos no afectan en modo alguno a la oxigenación, lo que incide en la conveniencia de la reutilización y, por tanto, en el consiguiente ahorro para los agricultores que supone.

La calidad de un medio de cultivo depende de sus características físicas y de sus propiedades químicas. Generalmente, el sustrato es diseñado para una óptima capacidad de retención de agua y nutrientes, así como variaciones gaseosas. Sin embargo, virtualmente todos los sustratos experimentan cambios físicos y químicos durante su uso. Además, los parámetros de los sustratos cambian debido al propio cultivo. Por ejemplo, la porosidad puede disminuir por el incremento de la masa radical (Schröder y Lieth, 2002).

En cuanto a la ausencia de enfermedades, hay que decir que la lana de roca se presenta como un medio inerte, libre de patógenos, pero a medida que transcurre el tiempo y las campañas, en el sustrato reutilizado, se van acumulando restos de las raíces de los cultivos previos, que pueden estar o no contaminadas por patógenos que afecten a los cultivos posteriores. Por eso, cuando la incidencia de las enfermedades transmitidas a través de la reutilización de los sustratos es importante, la mejor solución es la reposición del sustrato.

Por otro lado, cuando se va a reutilizar el sustrato hay autores que recomiendan mantener su humedad, dando riegos periódicos con agua sin fertilizantes, durante el periodo en el que no hay cultivo para evitar así una excesiva acumulación de sales.

Magán (2000), recomienda dar dos riegos semanales de 10 minutos de duración, mientras que García (1999), aconseja dar tres riegos de la misma duración.

Sin embargo, otros especialistas no recomiendan esta práctica debido a que las altas temperaturas estivales junto con la humedad del sustrato degradan la lana de roca y empeoran sus propiedades físico-químicas. En este caso será necesario dar varios riegos antes de la próxima plantación para rehumectar y lavar las sales, controlando la conductividad eléctrica de la solución en el interior de la tabla. Incluso se deberán cerrar los orificios de drenaje con el fin de poder saturar el sustrato que deberá alcanzar una humedad mayor del 70%. (García, 1999).

Finalmente, cuando se reutiliza un sustrato es conveniente hacer una desinfección con suficiente antelación a la plantación para garantizar un buen estado sanitario. La desinfección puede llevarse a cabo por diversos métodos, pero los más utilizados son la desinfección con productos químicos (hipoclorito sódico, amonio cuaternario, etc.) y mediante vapor de agua. (Haro, 2003).

El vapor de agua es uno de los métodos más efectivos para eliminar organismos patógenos del sustrato, así como las semillas de malas hierbas.

Entre las principales ventajas de la desinfección con calor se pueden citar el control de la temperatura del sustrato y, por lo tanto, de la efectividad; además, el sustrato se puede utilizar inmediatamente cuando se enfría y no resulta tóxico para los humanos.

Con carácter general, los holandeses renovaban las tablas de lana de roca una vez al año; actualmente las renovaciones son más dilatadas en el tiempo. En Almería actualmente se están realizando renovaciones cada 3-4 años (Vega *et al.*, 2004).

2.3. LA OXIGENACIÓN EN LOS CULTIVOS

2.3.1. Introducción

La respiración implica la oxigenación de sustratos de carbono a partir de la extracción de electrones e hidrógeno y la liberación de dióxido de carbono, ocurre en las mitocondrias de todas las células vivas (parte aérea y raíces) y se llama respiración mitocondrial u oscura para evitar su confusión con la foto-respiración.

Los electrones son transportados hacia el oxígeno molecular formándose agua, mientras que la energía liberada de los enlaces químicos se retiene en agentes reductores (NADH y NADPH) y en transportadores de energía como el ATP.

El carbono entra en las mitocondrias en forma de ácidos orgánicos (piruvato y malato). Los sustratos de carbono se transportan de unas células a otras pero los transportadores de energía no. La energía liberada en la respiración puede destinarse a actividades de biosíntesis (respiración de crecimiento) y/o mantenimiento (respiración de mantenimiento).

El funcionamiento del sistema radical requiere un suministro continuo de oxígeno a todas sus células. Un suministro sostenido de oxígeno molecular parece esencial para un crecimiento activo de las raíces (Armstrong, 1979), si bien las raíces de algunas especies pueden funcionar bajo condiciones anaerobias temporales cambiando de formas metabólicas aerobias a anaerobias.

La fuente primaria de oxígeno molecular en las raíces es la atmósfera, desde donde fluye el oxígeno vía difusión hasta las raíces a través de dos posibles vías: a través del medio de cultivo hasta la interfase medio/raíz (rizosfera) y de ahí radialmente hasta la raíz (vía externa), o bien a través de la parte aérea y longitudinalmente a lo largo de la raíz (vía interna). La vía externa es la más importante (Drew, 1983), excepto en plantas con estructuras especiales (aerenquima) adaptadas a crecer en medios anaerobios, como el arroz.

El oxígeno se encuentra en los poros de los medios de cultivo tanto en forma gaseosa formando parte del aire, como disuelto en la solución del medio. Las raíces de las plantas, sin embargo, consumen solo oxígeno disuelto en la solución. El oxígeno de la rizosfera se repone, fundamentalmente, por difusión en el aire entre la atmósfera y los poros de aire del medio de cultivo, y por difusión en el agua entre los poros llenos de aire y los poros llenos de solución del medio de cultivo.

2.3.2. Espacio poroso, intercambios aire-agua y difusión de oxígeno en el sustrato

El oxígeno es transferido hacia las raíces (mediante difusión) a través de la lámina de agua que las rodea. La difusión del oxígeno en el aire es del orden de 10⁴ veces a la del oxígeno en el agua.

Por tanto la reposición del oxígeno en el sustrato depende en gran medida de la porosidad llena de aire del mismo y también de la morfología de la matriz porosa. Pero cuando el agua ocupa la mayor parte del espacio poroso de un sustrato, el agotamiento del oxígeno en la fase líquida y en la fase gaseosa de los microporos tiene lugar de forma exponencial y lleva asociado un aumento de la concentración de CO₂ y de otros gases, tales como etileno y metano, resultando de las condiciones reductoras del medio, y también se producen alteraciones del pH.

Predominando los fenómenos de difusión sobre los flujos de masa y siendo la reposición del oxígeno lenta. (Veen, 1988).

Un suelo se considera que está compactado cuando la porosidad total, de manera particular la porosidad llena de aire, es tan baja que la aireación se ve restringida, así también por efecto de la compactación, los poros son tan pequeños que la penetración de la raíz es impedida. (Hillel, 1982).

En los cultivos sin suelo, el sistema radical está confinado en un contenedor, en donde el volumen de la rizosfera es reducido. Este confinamiento y restricción obliga a usar sustratos, que aseguren la disponibilidad de agua y oxígeno a las raíces, por lo cual

tendrán unas propiedades físicas específicas y diferenciadas del resto de los suelos naturales. Complementariamente el ferritriego de los cultivos sin suelo deberá favorecer la disponibilidad de agua y de oxígeno para el sistema radical. (Marfà, 1997).

El agotamiento del agua y del oxígeno en el medio de los cultivos sin suelo evoluciona según una escala temporal acelerada, sobre todo, si las tasas transpiratorias y de respiración radical son elevadas. Estas circunstancias propias del clima mediterráneo coinciden además con demandas evaporativas ambientales elevadas y con temperaturas y/o salinidad elevadas en el medio radical. Por ello, en los cultivos sin suelo de la zona pueden darse cambios bruscos desde situaciones de “confort” a “estrés” hídrico y también en la disponibilidad de oxígeno a nivel de la rizosfera. (Marfà, 1998).

Para garantizar contenidos adecuados de aire y de agua, los sustratos deben tener una granulometría tal que el espacio poroso total sea superior al 75% y que el tamaño medio de los poros esté comprendido entre 0,03 y 0,3 mm. (Orozco *et al.*, 1997, citado por Marfà, 1999). Para cumplir con estas condiciones el diámetro geométrico medio de las partículas debe estar comprendido entre 5 y 0,25 mm y la distribución de los tamaños de las partículas debe evitar posibles empaquetamientos que den lugar a una reducción de la porosidad interparticular. Dichas características determinan que los sustratos liberen una considerable cantidad de agua en un invernadero de potencial matricial reducido, entre -1 y -10 kPa (equivalente a -10 y a -100 cm de columna de agua). El contenido volumétrico equivalente al agua disponible, debería ser mayor de 30%; pero el volumen de macroporos debe ser suficiente para que el contenido volumétrico lleno de aire a -1 kPa de potencial matricial sea mayor de 20%, para garantizar la correcta oxigenación de raíces. Todas estas relaciones aire-agua dependerán del tipo de sustrato.

Cuando se parte de la saturación del sustrato, el agua retenida por la matriz porosa, no se libera hasta que la succión externa alcanza un valor umbral denominado “potencial de entrada de aire” del sustrato. En sustratos con textura fina o intermedia y en aquellos que presentan empaquetamiento de partículas dicho potencial de entrada puede presentar valores superiores a -1 kPa. Esto refleja la posible existencia de condiciones deficientes de aireación al utilizar contenedores de poca altura, con riegos muy frecuentes o bien cuando el consumo de agua por parte de las raíces es lento. Sustratos como arenas de grano fino o turbas negras pueden ocasionar esta problemática (Marfà y Orozco, 1995).

Dentro de los sustratos se dan condiciones dinámicas y por tanto cambiantes. El flujo del agua y aire en el sustrato o entre el sustrato y las raíces depende no sólo del gradiente del potencial matricial del agua o de la concentración de oxígeno, sino que además depende de la capacidad del medio físico de transmitir agua o aire, según su naturaleza y estado de humectación. La capacidad de transmitir agua se llama conductividad hidráulica, y depende de la humedad y la naturaleza intrínseca del sustrato representándose con el denominado índice de tortuosidad (τ), mientras que el inverso es denominado efectividad al flujo de agua (γ). En cuanto a la fase gaseosa la difusividad relativa de un gas en un sustrato (D_s/D_o), respecto a la difusión del aire, es función del índice de efectividad al flujo del gas (γ^*), que es inverso a la tortuosidad (τ^*) y función exponencial (μ) de la porosidad llena de aire (AFP), (King *et al.*, 1987; citado por Marfà *et al.*, 1999).

Calculo de la difusividad relativa de un gas en el sustrato:

$$D_s/D_o = \gamma^* \cdot AFP^\mu$$

Bunt (1991), observó que el suministro de oxígeno en el sustrato está determinado principalmente por las características físicas del sustrato y sobre todo por su contenido volumétrico de aire y estimó empíricamente la tasa de difusión de oxígeno (ODR) en los sustratos más comunes mediante la expresión:

$$ODR = 10 + AFP^{1,85}$$

Dicha tasa de difusión es aproximadamente igual al cuadrado de la porosidad llena de aire. Es decir que la capacidad de reposición del oxígeno en el espacio poroso de un sustrato varía en razón al cuadrado AFP. Valores de ODR superiores a $80 \cdot 10^{-8} \text{ g O}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ se consideran adecuados, valore de $25 \cdot 10^{-8} \text{ g O}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ empiezan a ser limitantes.

Puesto que entre el oxígeno de la fase gaseosa del sustrato y el disuelto en la solución de medio de cultivo se establece un equilibrio, las medidas sucesivas del oxígeno disuelto en la solución del sustrato pueden ser un buen indicativo de la dinámica del oxígeno en el mismo (Marfá, 1990; Riviere *et al.*, 1993; Morard, 1995; citado por Marfá *et al.*, 1999).

En sustratos envueltos en una película plástica que dejan una pequeña superficie abierta a la atmósfera, la velocidad con la que el oxígeno de la rizosfera es renovado o tasa de difusión del oxígeno puede verse reducida y el oxígeno en disolución puede bajar por debajo de niveles limitantes, sobre todo si la frecuencia del riego es baja (Adams, 2002).

2.3.3. Factores que afectan a la solubilidad del oxígeno en agua

La cantidad de oxígeno disuelto en agua depende fundamentalmente de las condiciones físicas y ambientales de la misma. Los principales factores físicos que afectan a la solubilidad del oxígeno son la temperatura, la presión parcial de dicho gas, la presión atmosférica, la salinidad del agua, y la superficie del agua expuesta al aire (Molina, 1996; Marfá y Guri, 1999). En condiciones normales (20 °C, 1 atmósfera de presión, y aire no enrarecido de oxígeno) la cantidad máxima de oxígeno disuelto es de 9 ppm (Molina, 1996), que es lo que se denomina solubilidad o contenido de oxígeno de una solución de agua saturada de oxígeno.

La solubilidad disminuye de forma lineal a medida que aumenta la temperatura del agua (Molina, 1996).

$$\text{Oxígeno disuelto (OD)} = 12,0659 - 0,1520 \cdot T^a$$

(Para un n = 26 y un r = -0,99. Fuente: Vestergaard, 1984)

$$\text{Oxígeno disuelto (OD)} = 12,4800 - 0,1580 \cdot T^a$$

(Para un $n = 7$ y un $r = -0,99$. Fuente: Anónimo, 1985)

Siendo T° ($^{\circ}\text{C}$) la temperatura del agua y OD la solubilidad máxima del oxígeno en agua (ppm o mg.l^{-1}) a 1 atmósfera de presión.

La salinidad del agua también influye en la solubilidad del oxígeno, que disminuye cuanto mayor es la salinidad (Margalef, 1991; citado por Molina, 1996; Marfá *et al.*, 1999). El efecto de la salinidad sobre la solubilidad puede corregirse usando un factor de corrección “f” (Molina, 1996):

$$f = 0,99982 \cdot 0,998^{\text{salinidad (mg.l-1)}}$$

La solubilidad de los gases en líquidos cumple la ley de Henry. La solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a la presión parcial de gas (Molina, 1996). La presión atmosférica o barométrica no es constante, sino que varía en función de las condiciones atmosféricas y la altitud. La solubilidad del oxígeno en el agua está relacionada directamente con la presión atmosférica del aire que le rodea. Si la presión del aire, por ejemplo pasa de ser el doble para la misma temperatura, la solubilidad del oxígeno en el aire se duplica (Pauling, 1958, citado por Molina, 1996). A medida que aumenta la altura en relación al nivel del mar, la presión atmosférica se hace menor y, por tanto, disminuye la solubilidad del oxígeno en agua.

Por último, otro de los factores que interviene en la disolución del oxígeno es la superficie de contacto con el ambiente (Molina, 1996; Marfá y Guri, 1999 y Vestergaard, 1984, citado por Schröder y Liethg, 2002). La difusión de oxígeno aumentara cuanto mayor sea la superficie expuesta al aire y la temperatura de la capa superficial del agua.

2.3.4. Relación oxígeno-rizosfera en los cultivos en sustrato

El oxígeno forma parte de la mayoría de los compuestos orgánicos de las plantas. Solamente unos pocos de estos compuestos orgánicos como por ejemplo el caroteno, no contienen oxígeno. También da lugar al intercambio de aniones entre las raíces y el medio exterior, y es receptor terminal de H^+ en la respiración aerobia (Resh, 2001).

La presencia de una fase gaseosa volumétricamente importante es una característica primordial en un soporte de cultivo. Esta fase gaseosa permite en particular el aprovisionamiento en oxígeno del sistema radical y la evacuación del gas carbónico producido por la respiración de las raíces y de los microorganismos, han demostrado que el sistema radical está siempre más desarrollado en los sitios donde la circulación del aire es más fácil.

Cuando el sustrato está suficientemente aireado, las raíces se agrupan en la parte superior, más rica en aire; mientras que cuando su desarrollo horizontal es impedido por la pared del contenedor, las raíces se desarrollan referentemente en la interfaz sustrato/pared (Lemaire *et al.*, 2005).

Estudios relativos a la evolución del contenido de oxígeno en la solución de la rizosfera permiten diferenciar tres etapas en las curvas de agotamiento del mismo:

- En la primera etapa hay un descenso lineal del contenido de oxígeno hasta alcanzar una presión parcial entre el 4 y el 6%
- En la segunda etapa, que dura hasta que la presión parcial alcanza el 1%, el descenso es más lento y la tasa respiratoria radical es progresivamente más lenta
- En la etapa final, cuando se alcanza una presión parcial alrededor del 1% (presión parcial que coincide con el límite de utilización del oxígeno por parte de la mayoría de las especies hortícolas), se produce una evolución asintótica. (Morad, 1995).

Desde la segunda fase, asociada a la hipoxia, aumenta la expulsión de CO₂ por parte de la planta y también aumenta la concentración de etileno en la rizosfera.

La **hipoxia**, se produce cuando la proporción de oxígeno que entra en el medio de cultivo, procedente de la atmósfera o incorporado por el agua de riego, es menor que la utilizada en los procesos respiratorios de la parte radical de la plantas, de las bacterias o de otros organismos (Russell, 1997, citado por Molina 1999).

Las causas de hipoxia radican por una parte en el propio medio de cultivo y por otra en la planta. En condiciones de anegamiento permanente o estacional, cuando casi todos los espacios porosos están ocupados por agua, el oxígeno atrapado en las bolsas de aire es rápidamente agotado por la respiración de las raíces y los microorganismos.

Otra causa es, la compactación mecánica de los sustratos (Russell, 1977 y Querol, 2004), que disminuye la fracción de volumen de huecos y, por consiguiente, aumenta la densidad aparente. Esto se traduce en una reducción de la capacidad de circulación de aire y por tanto en una reducción de la renovación del oxígeno.

Como se ha comentado con anterioridad, la disponibilidad de oxígeno está muy relacionada con la temperatura. La correlación entre ellas es inversa, de forma que en una disolución nutritiva a medida que aumenta la temperatura, disminuye la concentración de oxígeno disuelto, mientras que a la capacidad de difusión del mismo le ocurre el efecto contrario, es decir, aumenta a medida que lo hace la temperatura, de manera que, en parte, estos fenómenos se compensan sin llegar a equilibrarse (Schwarz, 1995).

Esta razón hace que el valor absoluto de oxígeno en una disolución nutritiva previamente saturada con aire a presión sea menor en las horas centrales donde la temperatura en el cultivo es mayor (Urrestarazu, 2004).

El problema de la baja concentración de oxígeno en la solución nutritiva debido a una elevada temperatura se puede agravar con la presencia de microorganismo en el medio, que compiten con las raíces por el oxígeno.

Un aumento de la temperatura, provoca el mismo tiempo, un incremento en la demanda de oxígeno por parte de la microflora (Marfà y Guri, 1999 y Adams, 2002), que se alimentan de los exudados de las raíces de las plantas.

De esta manera existe una competición entre la microflora y las raíces por el oxígeno disponible en solución, siendo la microflora el competidor más fuerte (Papadopoulos y Hao, 2002).

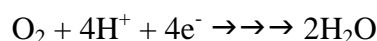
2.3.5. Efecto de la hipoxia radical sobre el medio de cultivo y el cultivo

✓ Sobre el medio de cultivo:

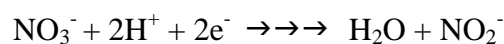
Las raíces pueden consumir el oxígeno disuelto en el agua o soluciones nutritivas hasta su agotamiento. La asfixia se produce progresivamente a medida que el oxígeno existente se va agotando. La aparición de fenómenos fermentativos en sustitución a la respiración aeróbica permite asegurar la producción de energía y mantener el funcionamiento de la vida de las células de las raíces mientras duren los niveles bajos de oxígeno en el medio (Molina, 1996).

Cuando se desarrollan condiciones anaerobias en el medio radical, aparecen numerosos cambios de tipo biológicos, químicos y físicos que pueden afectar potencialmente a las plantas. Los microorganismos, al descomponer la materia orgánica consumen el oxígeno libre disuelto en el agua del suelo mucho más rápido de lo que el oxígeno atmosférico puede infiltrarse dentro de un suelo mojado, provocando así una carencia de oxígeno. Esta carencia de oxígeno generará sustancias tóxicas producidas por los microorganismos y por pérdidas de nutrientes como el nitrógeno soluble de los suelos (ya sea por lixiviación o por desnitrificación), que pueden afectar a la supervivencia o recuperación de las plantas.

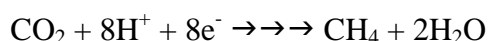
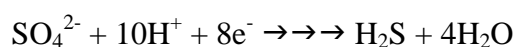
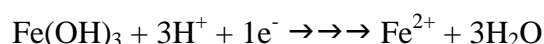
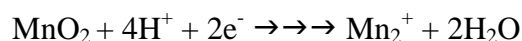
Toda respiración depende de la transferencia de electrones de un nutriente que es oxidado hasta un receptor que es reducido. En el proceso aeróbico el receptor de electrones es el oxígeno libre (O₂), que se combina con iones de hidrógeno para formar agua:



En ausencia de oxígeno libre, otras sustancias pueden aceptar electrones y formar parte de una reacción de reducción:



(El NO₂⁻ es reducido posteriormente a N₂O o N₂)



Se observa, por tanto una pérdida de nitratos en el medio radicular en las formas gaseosas N_2O o bien del N_2 (desnitrificación) y también la acumulación de sustancia fitotóxicas como el H_2O y otras concentraciones de iones solubles. Fe^{2+} y Mn^{2+} (Molina, 1996).

✓ Sobre el cultivo

La asfixia radicular comprende cambios en la planta de tipo morfológico estructural o fisiológicos metabólicos.

• Cambios de tipo morfológico-estructural:

Los suelos o sustratos anaeróbicos pueden ser un medio desfavorable para el crecimiento de las plantas tanto por los niveles de oxígeno existentes como por las sustancias tóxicas que se pueden acumular.

Las plantas sensibles a los suelos o sustratos anaeróbicos pueden presentar rápidamente síntomas evidentes de afecto no solo en las raíces sino también en la parte aérea. El primer síntoma por estrés de oxígeno en las raíces conduce al marchitamiento (Schnitzler y Gruda, 2002).

Después de una deficiencia prolongada de oxígeno, tiene lugar una clorosis o senescencia prematura y defoliación de las hojas situadas en la parte baja de la planta (Schröder *et al.*, 2002) cuyas consecuencias se pueden transmitir a toda la planta. Se produce también una disminución del crecimiento radical, pérdida de peso seco de la parte aérea, acortamiento de los entrenudos. (Molina, 1996; Marfà y Guri, 1999).

Las condiciones anaerobias persistentes también pueden provocar cambios adaptativos en algunas especies como pueden ser: formación de raíces adventicias para tomar más oxígeno y formación de espacios aéreos intercelulares (parénquimas aéreos) que permiten la aportación de oxígeno desde la parte aérea hasta las raíces (Molina 1996).

La falta de aireación provoca una reducción de la asimilación total del agua y de la mayoría de los nutrientes (N, P, K, Ca, Mg), que en ocasiones puede alcanzar un 30%, según un trabajo que realizó Adams (1994) sobre un cultivo de tomate (Papadopoulos, 2002), siendo el P el elemento más afectado (Adams, 2002) y el Mg el menos. Todas las respuestas de la planta ante las distintas situaciones de estrés como consecuencia de la falta de oxígeno en el medio radical se traducen en pérdidas sustanciales en la producción (Marfà y Guri, 1996) o incluso la muerte de la planta (Schröder 2002).

• Cambios de tipo fisiológicos-metabólicos:

La asfixia radicular y de los problemas o modificaciones que comporta, provoca en las plantas una serie de cambios en su funcionamiento interno. El daño sobre las raíces y su incapacidad de funcionar, debido a las cantidades insuficientes de oxígeno, se comunica a la parte aérea mediante vías fisiológicas: los mensajes van encaminados a frenar el crecimiento y pueden comportar cambios en la transferencia de nutrientes, agua, y hormonas vegetales (Drew, 1990, citado por Molina, 1996; Marfà *et al.*, 1999).

En general todas las repuestas fisiológicas que se producen en la parte aérea son perjudiciales en cuanto a la productividad de los cultivos desde el punto de vista agronómico.

Muchos autores coinciden en que una respuesta habitual por parte de la planta frente a condiciones de hipoxia o anegamiento es el cierre estomático. La acumulación del ABA (ácido abscísico) en las hojas puede producir cierre estomático como respuesta a esas condiciones estresantes (Marfá *et al.*, 1999). El cierre estomático, se produce por el efecto del ABA sobre el ión K^+ , que controla la turgencia de las células oclusivas. No está claro, la fuente de la que procede este ABA, pero en condiciones de hipoxia se observa una acumulación de esta hormona tanto en hojas como en las raíces (Jackson *et al.*, 1988; Newman y Smit, 1991; Castonguay *et al.*, 1993 y Save *et al.*, 1994, citados por Molina 1996).

Otras hormonas como las citoquininas y giberelinas también pueden modificar su concentración en el interior de las plantas e intervenir en el cierre estomático, según unos experimentos realizados por Jackson y Kowalewska en 1983 (Molina, 1996) sobre plantas de guisantes. Tanto la producción de giberelinas como la de citoquininas por las raíces, está bastante demostrada, y puede ser que la concentración de ambas hormonas disminuya en el xilema de las raíces y de la parte aérea como consecuencia de las condiciones anaeróbicas radicales. Según Russel (1977), citado por Molina (1996), posiblemente el etileno sea la hormona que aparece más estrechamente asociada a la respuesta de las plantas a suelos anaeróbicos.

2.3.6. Métodos de mejora de la oxigenación de la rizosfera

Hay numerosos métodos para mejorar la oxigenación del medio de cultivo. En la actualidad podemos encontrar en diferentes estudios y experimentos realizados, dos métodos o sistemas de oxigenación en cultivos sin suelo. El primero corresponde a un método de carácter físico o mecánico y el segundo se realiza mediante la aplicación de productos químicos; sin embargo ambas metodologías tienen el mismo principio, que es el oxigenar la solución nutritiva.

✓ Método físico o mecánico

Los sistemas físicos de aireación consisten en la agitación mecánica de la solución nutritiva, mediante burbujeo continuo o insuflación de aire.

La técnica más usada en investigación es el burbujeo continuo con un compresor. En sistemas recirculantes es posible aumentar la oxigenación provocando un salto del drenaje en el tanque de recogida. Según recomiendan Carrasco e Izquierdo (1996), (citado por Urrestarazu, 2004), el salto debe ser de al menos 50 cm tanto en la caída de retorno de drenaje, como en el agua de relleno para la preparación de la disolución.

Otro método que ha dado buenos resultados en sistemas NFT, es el aprovechamiento del efecto venturi en la cabecera de los inyectores o bien en un by-pass en el retorno del tanque (Urrestarazu, 2004).

El método más simple, en los sistemas en los que el aparato radical está inmerso en la disolución nutritiva, es la interrupción del paso de la disolución nutritiva por el canal de cultivo. Se intenta mantener el equilibrio entre la necesaria oxigenación de las raíces mediante el contacto directo con el aire y la necesidad del agua humedeciendo sus raíces para que no sufra estrés hídrico (Urrestarazu, 2004).

El riego en exceso, común en los cultivos en sustrato en lana de roca, además de mantener el pH a niveles óptimos arrastra iones acumulados en tabla y restablece los niveles de nutrientes deseados, aireando las raíces, dado que la difusión del oxígeno a través de la lana de roca húmeda es lenta (Adams, 2002).

Otra técnica efectiva consiste en pulverizar continuamente la solución nutritiva sobre las raíces, de este modo se consigue alcanzar un nivel de oxígeno cercano al 100%, o el burbujeo de aire (en tanque de solución madre) e incluso con la inyección de oxígeno puro (Schröder *et al.*, 2002).

Otra técnica de enriquecimiento de oxígeno es la oxifertirrigación, técnica que consiste en la inyección y disolución de oxígeno gaseoso a presión en la tubería del agua de riego por encima de los valores de saturación (Marfá *et al.*, 2004). La oxifertirrigación permite aumentar la concentración de oxígeno en el espacio poroso lleno de aire del sustrato y de la solución, puede ser una técnica complementaria a la fertilización clásica cuando las condiciones técnicas puedan comportar deficiencias en el mantenimiento de una adecuada oxigenación del medio de cultivo.

Estos métodos prácticos pueden ser eficaces cuando se dan condiciones de elevadas tasas de respiración radical, cuando las aguas para el riego contienen poco oxígeno disuelto, por ejemplo cuando su temperatura es elevada (Riviére *et al.*, 1993), en condiciones de baja evapotranspiración en que es más habitual el encharcamiento del sustrato (Ansorena, 1994) o cuando la salinidad del agua de riego es elevada.

✓ Método químico

La aplicación de productos químicos en la disolución nutritiva que mejoran e incrementan la disponibilidad de oxígeno, fue desarrollada con resultados favorables, desde mediados del pasado siglo (Melsted *et al.*, 1949) al aplicar H₂O₂ en plantas de maíz. También está descrita la ozonización de las soluciones nutritivas, como medio de desinfección de las mismas, dando lugar, adicionalmente, a que las soluciones nutritivas resultantes contengan una elevada concentración de oxígeno (Vanachter *et al.*, 1988).

La aplicación de oxigenates químicos es una interesante alternativa para los cultivos sensibles a la hipoxia radical. Experimentos realizados por Urrestarazu *et al.* (2005) en pimiento, concluyeron que la aplicación de un oxigenante químico a base de nitrógeno y potasio, de nombre comercial (Liberoxi), mejoró la eficiencia del uso del agua, la absorción de nutrientes y los rendimientos del cultivo.

La aplicación de peróxido de hidrógeno tiene la ventaja que el oxígeno es más soluble en el agua que si se aplica presurizado. Sin embargo, la aplicación de H₂O₂ en altas

concentraciones puede causar problemas de toxicidad en la planta (Urrestarazu y Mazuela, 2005).

Actualmente existen en el mercado varias sustancias químicas que permiten la oxigenación de la disolución nutritiva con buenos resultados en la producción de cultivos hortícolas que presentan sensibilidad a la hipoxia. Son comercializados como peróxido de potasio y peróxido de calcio. (Walter *et al.*, 2004).

2.3.7. Respuesta de los cultivos al enriquecimiento de oxígeno

El aporte de oxígeno en la solución nutritiva comprende un efecto positivo en el cultivo que no necesariamente se observa en la producción (Couto *et al.*, 2004).

En numerosos experimentos se describe un aumento del área foliar del cultivo. Holtman *et al* (2004), observaron diferencias crecientes en el área foliar de plantas de pepino al hacerlas crecer bajo distintos niveles de oxígeno, mostrándose la mayor área foliar en aquellas plantas a las que se suministró una solución nutritiva rica en oxígeno disuelto.

Gislerod *et al* (2004), además de obtener un mayor crecimiento de la parte aérea, observaron un aumento en el número de raíces y en su longitud en el periodo de enraizamiento.

Otros ensayos llevados a cabo por Marfà y Guri (1999) en un cultivo de pimiento bajo invernadero, mostraron diferencias significativas en el peso fresco acumulado del fruto durante y al final del ciclo productivo y en el número de frutos cosechados.

En lechuga, obtuvieron mayores índices de cosecha, en términos de peso fresco, cuando se aplicó una solución sobresaturada de oxígeno y en experimentos realizados a escala comercial en un cultivo de pepino, la producción del tratamiento con oxigenación fue un 9,2% superior a la del tratamiento no oxigenado. El uso de un liberador de oxígeno químico, también proporcionó resultados positivos en un cultivo de melón, incrementándose la producción por un mayor número de frutos . m².

En ocasiones, la adición de oxígeno en el medio puede no generar respuesta alguna. Goto *et al.* (1996) no observaron diferencias significativas en los parámetros evaluados (peso seco y peso fresco de raíces y parte aérea) en los distintos tratamientos en un cultivo de lechuga.

En el trabajo realizado por Vargas en el 2001, “Uso de la oxifertirrigación en un cultivo de sandía en sustrato de perlita en un invernadero de EL Ejido en Almería”, se obtuvo una producción ligeramente superior en el tratamiento con aporte de oxígeno, aunque no llegó a ser estadísticamente significativa. En el resto de los parámetros evaluados (peso fresco, % de materia seca, sólidos solubles, pH, firmeza de pulpa, color, biomasa aérea e índice de cosecha), tampoco hubo diferencias significativas al fertirrigar con una solución nutritiva con concentraciones de oxígeno por encima de la saturación. Gil en el año 2005, en su trabajo: “Respuesta de un cultivo de melón en sustrato de lana de

roca al aumento del oxígeno disuelto en la solución nutritiva y a la reutilización del sustrato”, concluyó que la oxifertirrigación de la solución nutritiva aportada no afectaba ni al crecimiento ni a la producción de biomasa del cultivo, sin embargo afectaba significativamente al número de frutos de melón, y con ello, la productividad comercial y los frutos de primera categoría. En el 2007, Acuña en su trabajo: “Oxigenación en cultivos hortícolas en sustratos de lana de roca y perlita en el litoral de Almería. Técnicas de mejora y efectos de los sustratos.”, obtuvo resultados contradictorios; así para los cultivos de melón en lana de roca la producción fue significativamente mayor en aquellos con aplicación de oxígeno que para el control; mientras que para los cultivos de melón en perlita no hubo diferencias significativas de los cultivos con oxigenación respecto al control. Por otro lado para los cultivos de pimiento, tanto en lana de roca como en perlita ninguno de los métodos de enriquecer el sustrato con oxígeno obtuvo resultados positivos.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. EMPLAZAMIENTO DE LA FINCA

El proyecto técnico se llevo a cabo en la Finca Experimental Fundación UAL-Anecoop, sita en el polígono 24, parcela 281, paraje “Los Goterones” de Retamar (Almería).

La finca ocupa 10 hectáreas, de las cuales, 48 600 m² (4,86 hectáreas), son superficie invernada. Esta superficie está repartida en 26 invernaderos independientes.

En concreto, nuestra investigación, se llevo a cabo en el módulo U1, con una superficie de 1 800 m² totales y 1 683 m² cultivables, separados por un pasillo central en una zona norte, de 926 m², y otra sur, algo más pequeña de 757 m².



Figura 52. Detalle del plano de situación.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 53. Detalle de la distribución en planta de la finca.

3.2. EQUIPAMIENTOS AUXILIARES DE LA FINCA

La finca Fundación UAL-Anecoop cuenta con una nave de servicios dividida en cinco estancias distintas. Una oficina, dedicada a la administración y gestiones de gabinete de la finca. Un laboratorio, donde se llevan a cabo las numerosas experiencias y analíticas de investigación. Una sala de cámaras frigoríficas, una sala de calderas y la sala del cabezal de riego, completan las otras tres estancias correspondientes a la nave de servicios.



Figura 54. Detalle de la nave de servicios.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.2.1. Elementos del sistema de riego

Los elementos que constituyen el sistema de fertirriego son los siguientes.

3.2.1.1 Cuadro de control

El cuadro de control u ordenador de control, se encuentra situado en una pequeña sala en el centro de la sala de cabezales, su ubicación permite de un modo seguro controlar todos los elementos que de un modo automatizado intervienen en los procesos de la finca. Controla la fertirrigación de la finca, otorgándonos la facilidad de poder programar riegos por fechas, horas, e incluso riegos por demandas.



Figura 55. Detalle de la sala de control en el cabezal de riegos.

3.2.1.2 Cabezal de riego

La finca cuenta con dos cabezales de riego, uno dedicado a invernaderos cuyo sistema de cultivo sea el enarenado, y el otro a invernaderos cuyo sistema aplicado sea el hidropónico.

El agua una vez mezclada, pasa primero por un filtro de arena, antes de llegar a los cabezales de riego. Los cabezales de riego constan con un contador de volumen para poder llevar un control de los consumos registrados.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 56. Detalle del filtro de arena.

Una vez el agua pasa por los filtros, llega al tanque de mezclas sobre el que se inyectará la proporción designada a cada uno de los tanques de solución madre. El tanque de mezclas dispone de un sistema de boya para que el nivel sea en todo momento el correcto en la mezcla.

Cada cabezal de riego consta de cuatro tanques de 1 000 l, para disponer: nitrato potásico (tanque A), nitrato cálcico y microelementos (tanque B), sulfato potásico, sulfato magnésico y fosfato monopotásico (tanque C), ácido fosfórico (tanque D), y además un tanque mas de otros 1 000 l para el ácido nítrico y otro de 500 l para aportaciones de algún tipo de tratamiento en riego.



Figura 57. Vista del cabezal de riego (izquierda), y tanques de abonos (derecha).

Para que la proporción de fertilizantes inyectados sea la óptima para la mezcla, existe un sistema de seis piezómetros estabilizadores de caudal que correspondiendo cada uno, a un tanque de fertilizante distinto, inyectan mediante una bomba inyectora la proporción deseada de cada solución de fertilizante para la mezcla madre. Posteriormente,

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

el ordenador central, gobernará la apertura y cierre de las válvulas, para que entre la cantidad requerida, dependiendo de la demanda de la mezcla madre.

Para poder conducir la solución nutritiva final hacia los cultivos, contamos con una red de distribución formada por numerosos elementos de conducción y de control auxiliares. Estos elementos auxiliares, son básicamente electroválvulas que nos permitirán sectorizar el riego de forma automática, y reguladores de presión que propiciarán una presión homogénea en toda la red de tuberías terciarias.

La solución nutritiva final se impulsa mediante una electrobomba de 3 cv. Pero antes de ser dirigida a la red de distribución pasará por un sistema de filtrado de anillas para evitar que partículas en suspensión obturen los goteros emisores.



Figura 58. Detalle del filtro de anillas.

3.2.1.3 Red de distribución del riego

La red de distribución de riego consta de una red primaria de tuberías de PVC de 60 mm de diámetro, situadas en el subsuelo para evitar el deterioro ambiental. Éstas, conectan con tuberías portarramales de polietileno de 32 mm de diámetro y que ya no van subterráneas. Esta red secundaria nos lleva hasta las tuberías portagoteros, que son de polietileno de baja densidad, y diámetros nominales de 16 mm. Los emisores son goteros autocompensantes con un caudal nominal de 3 litros . hora⁻¹.

Además, en cada invernadero, contamos con una electroválvula para cada uno de los sectores de riego. Gracias a este diseño, conseguimos una buena uniformidad de riego y una alta homogeneidad en el reparto de dicho riego, de modo que todas las plantas obtengan la misma cantidad de solución nutritiva.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.2.1.4 Balsas

La finca cuenta con dos balsas de materiales sueltos y cubierta de polietileno negro con una capacidad de 5 000 m³ cada una de ellas y techadas con geotextil de color negro para evitar, pérdidas por evaporación, contaminación de agentes externos, y proliferación de algas. Cada balsa dispone de una bomba multicelular que bombea el agua hasta los tanques de mezclas situados en los cabezales de riego.

Una de las balsas, contiene agua de lluvia recogida de las distintas techumbres de los invernaderos mediante un sistema de recogida a través de canaletas, estas canaletas, conectan a una red de tuberías que dirigen el agua a la balsa.

La balsa, dispone de un variador de velocidad de giro, que nos permite mezclar agua de las dos balsas en función de los valores de conductividad eléctrica requeridos para la solución final.

La otra balsa, almacena aguas ozonificadas procedentes de la depuradora de agua de Almería, gestionada por la Comunidad de Regantes de Cuatro Vegas.

El agua proveniente de las balsas, entra en el filtro de arena, y de ahí, pasa al cabezal de riego correspondiente.



Figura 59. Detalle de balsa cubierta con geotextil negro.

3.2.2. Sistema de inyección de oxígeno. Oxifertirrigación

Este sistema, va a ser el encargado de inyectar aire a la solución nutritiva de riego. Consta de un compresor que inyecta aire a presión en la tubería del agua de riego, y de un rotámetro que mide el caudal de aire inyectado (caudal 1000-1500 L.h⁻¹).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 60. Detalle del compresor de aire.

El rotámetro consiste en un flotador (indicador), que se mueve libremente dentro de un tubo vertical ligeramente cónico, con el extremo angosto hacia abajo. El fluido entra por la parte inferior del tubo y hace que el flotador suba hasta que el área entre él y la pared del tubo sea tal, que la caída de presión de este estrechamiento sea la suficiente para equilibrar el peso del flotador. El tubo es de vidrio y contiene una escala lineal grabada que permite según la posición del flotador determinar el gasto o caudal marcado.



Figura 61. Detalle del rotámetro.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL INVERNADERO DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el módulo U1 de la finca. El invernadero consistía en una estructura tipo multitúnel basada en elementos de acero (galvanizado en frío y en caliente), y con orientación noroeste-suroeste.

Al módulo multitúnel, lo constituían 5 túneles de techumbre curvada y simétrica de 8 m de ancho y 45 m de largo, que suponen los 1 800 m² totales del invernadero. El arco de cada túnel consta con una altura cenital de 5,7 m y una altura de canal de 4,5 m, consiguiendo una mayor superficie ambiental del recinto. Las variaciones térmicas son más suaves y facilita el manejo e instalación de elementos auxiliares (tipo mantas térmicas o pantallas).

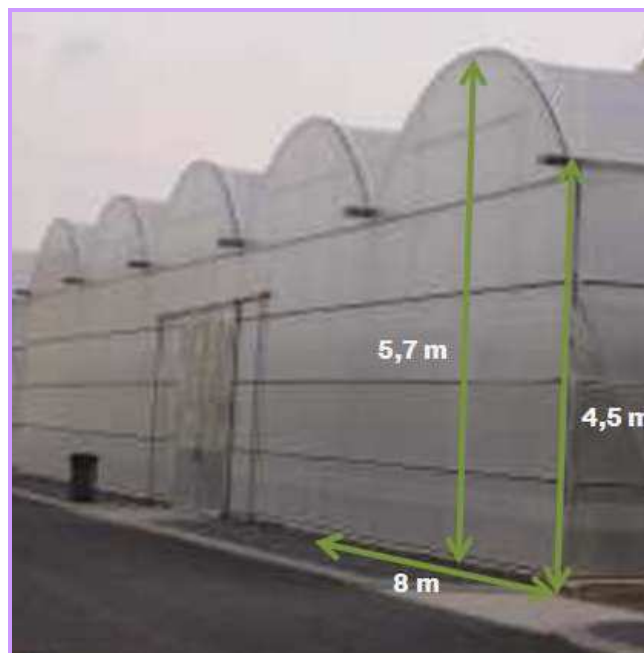


Figura 62. Detalle del frontal del invernadero U1 y sus dimensiones.

La cubierta de la estructura es plástica de polietileno térmico tricapa de 800 galgas, de vida útil tres campañas y de color blanco. Para fijar la cubierta se han instalado sobre

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

ésta, cintas de poliéster de 4,0 cm de ancho y que cruzan en zig-zag cada 2,5 m lineales de túnel.

Los frontales y laterales son de malla platificada.



Figura 63. Detalle de las cintas de protección de la cubierta.

El invernadero o módulo U1, consta de un sistema de dobles puertas que origina un habitáculo o antesala de 7,6 m². Este sistema, se encuentra en sus dos extremos más lejanos, dotando a la estructura de doble acceso. Esta doble puerta, disminuye la entrada de plagas, actuando como una verdadera barrera física de entrada de insectos plaga.



Figura 64. Detalle de la puerta principal del invernadero (izquierda) y vista de la doble puerta (derecha).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

El invernadero además dispone de un sistema de ventilación pasiva automatizada, con cinco ventanas supercentrales de medio arco desplazado de 40 m de longitud y 2,5 m de anchura que dotan al invernadero de una superficie ventilable del 27,7% protegidos con una malla de 50 mesh (20×10 hilos $\cdot \text{cm}^{-1}$) para evitar entrada de plagas. Las ventanas tienen posibilidad de ser abiertas hacia el sur o hacia el norte, en función de la dirección del viento y de lo que deseemos en cada momento. Para ello consta de un mecanismo que mediante un motor y un programador, y en función de diversos parámetros ya preseleccionados (velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad interna del invernadero), ventilaremos el invernadero cuando lo necesite y de forma automática.



Figura 65. Detalle de la ubicación del motor de apertura de las ventanas supercentrales.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 66. Detalle de ventana supercéntrica de ventilación.

3.4. TIPO DE SUSTRATO UTILIZADO

Por otro lado, el invernadero, consta con un sistema de cultivo hidropónico sobre tablas de lana de roca. Se usaron cuatro tipos de tablas de lana de roca distintos, de diferentes dimensiones, densidades de las fibras, grosor y orientación de estas fibras.

Para poder controlar y testar que el riego efectuado es el idóneo, el sistema de cultivo sin suelo, dispone de dos estaciones de recogida de drenajes. Estas bancas de drenaje, recogen cada una de ellas los lixiviados de dos tablas, una bandeja colocada en la zona norte y otra en la sur. Este sistema de medida, nos permite controlar y ajustar mejor las necesidades hídricas y nutritivas de nuestro cultivo, así como poder conocer el estado en el que se encuentra la tabla de lana de roca.



Figura 67. Vista de una bandeja de drenaje.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Este tipo de sistemas de recogida de lixiviados, se lleva a cabo en todos los módulos con sistemas de hidroponía, todos estos drenajes, son almacenados posteriormente en un depósito de 100 m³ de capacidad, para después ser utilizados como fertilizantes en el agua de riego de los jardines exteriores.

3.5. MATERIAL VEGETAL DEL ENSAYO

El ensayo ha sido realizado sobre un cultivo de melón tipo Cantalupo, en concreto sobre la variedad Vulcano. Se trata de una planta vigorosa, con rápida entrada en producción, recomendada para plantaciones tempranas.

Este tipo de melón liso larga vida y en concreto la variedad Vulcano, además de caracterizarse por una precoz entrada en producción, se caracteriza por poseer un gran rendimiento productivo. Su fruto es esférico, muy homogéneo, de gran calibre, resistente a la vitrescencia, de carne muy lisa y sin fibras. Su contenido en sólidos solubles es elevado y presenta una buena conservación tanto externa como interna (Marín, J., 2004).



Figura 68. Vista del cultivo del ensayo en floración.

Esta variedad, además presenta gran resistencia a *Fusarium* 0,1 y 2 y media resistencia a pulgón *Aphis gossypii*. (Camacho et al., 2003 y Reche, 2008).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo el ensayo, se dividió el modulo U1 en cuatro sectores, dos al lado norte del pasillo central y otros dos la lado sur. Los dos sectores del lado norte con una superficie cada uno de 463 m² y los dos del lado sur con 378,5 m².

En cada uno de los sectores se distinguen dos tratamientos distintos en cuanto a oxigenación, uno con aplicación de oxígeno disuelto a una concentración variable de O₂ y un tratamiento testigo sin aplicación de oxígeno.

Además de la variable de la oxigenación, se incorporó otro factor de variabilidad, los tipos de tabla de lana de roca.

En cada sector se colocaron cuatro tipos distintos de tablas de lana de roca, de modo que cada sector, incluyese los cuatro tipos tanto para el tratamiento con oxigenación como para el tratamiento testigo. De este modo, en un sector encontrábamos los cuatro tipos de tablas, con y sin oxigenación, originando ocho tratamientos distintos por cada sector.

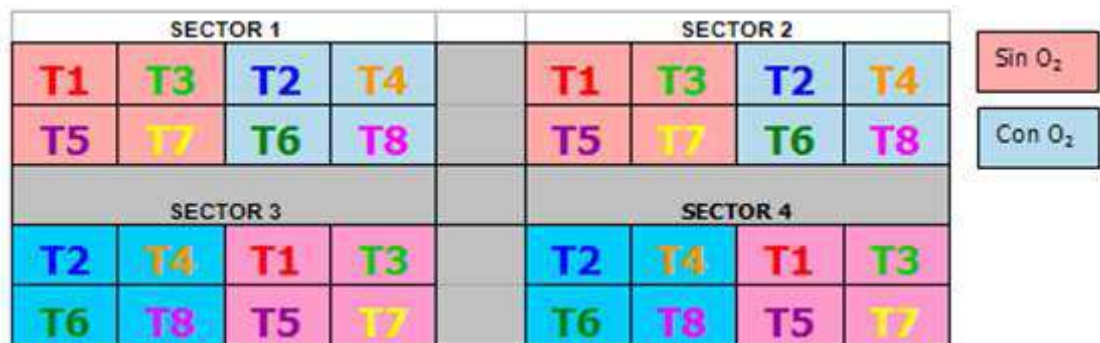


Figura 69. Esquema del modelo seguido en el ensayo.

Quedando así definido cada tratamiento, en función del tipo de tabla y oxigenación.

T1: Classic more year (100 x 15 x 10 cm) + Sin oxigenación.

T2: Classic more year (100 x 15 x 10 cm)+ Con oxigenación (8 ppm de O₂ disuelto).

T3: Easy (100 x 15 x 10 cm) + Sin oxigenación.

T4: Easy (100 x 15 x 10 cm) + Con oxigenación (8 ppm de O₂ disuelto).

T5: Classic more year (100 x 20 x 7,5 cm) + Sin oxigenación.

T6: Classic more year (100 x 20 x 7,5cm)+ Con oxigenación (8 ppm de O₂ disuelto).

T7: Cultilene (100 x 20 x 7,5 cm) + Sin oxigenación.

T8: Cultilene (100 x 20 x 7,5 cm) + Con oxigenación (8 ppm de O₂ disuelto).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En cuanto a la oxigenación, de los dos tratamientos, uno fue con aplicaciones de oxígeno disuelto a una concentración de 8 ppm de O₂, y el otro sin aplicar oxígeno extra, con 5 ppm de O₂ del agua de riego.

Respecto a las tablas, cada una tenía sus características propias, resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 32. Características de los distintos tipos de tablas usados en el ensayo.

PARAMETROS	Classic More Year	Easy	Classic More Year	Cultilene
Dimensiones	100 x15 x10	100 x15 x10	100 x20 x7,5	100 x20 x7,5
Densid. (kg.m⁻³)	73	57	73	-
Tipo de fibras	Horizontal	Vertical	Horizontal	Horizontal
Índice de saturación (%)	78	81	79	-
Resaturación (%)	59	59	57	-
Contenido en agua en el tercio superior a C.C (%)	30	23	29	-
Contenido de agua en el tercio medio a C.C (%)	46	44	46	-
Contenido en agua en el tercio inferior a C.C (%)	76	67	75	-

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos que proporciona el fabricante.

El ensayo finalmente contó con 32 parcelas en bloques divididas, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento (una por cada sector).

Las parcelas de los sectores 3 y 4 son algo más pequeñas que las de los sectores 1 y 2 de la parte norte del pasillo. Cada parcela elemental quedará constituida por 3 líneas de cultivo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.7. LABORES Y TÉCNICAS DE CULTIVO APLICADAS

3.7.1. Siembra

La siembra inicial se llevo a cabo en el semillero Vitalplant de San Isidro (Nijar) con pasaporte fitosanitario ES-01-04/120, el día 19/01/2009, sobre tacos independientes de lana de roca, con una distribución de una planta por taco.

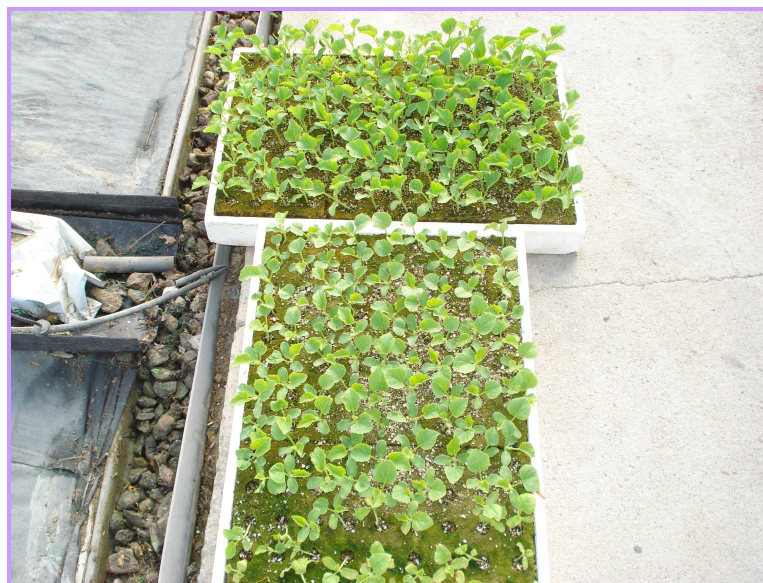


Figura 70. Vista de las bandejas de siembra procedentes del semillero.

3.7.2. Labores preparatorias y Transplante

Antes de llevar a cabo el transplante se realizaron una serie de operaciones preparatorias, tanto sobre las tablas de lana de roca, como sobre las mangueras que intervendrían en el riego.

Con el fin de mejorar la uniformidad del riego y eliminar cualquier sustancia no deseada en los goteros y filtros de la red, se realizó una limpieza y desinfección a base de ácido. Éste, se introducía con agua en el riego de manera que su pH estuviese entre 1 y 2, a primera hora del día y con una duración de entres 5 y 10 minutos. Al día siguiente, se procedió a abrir los tapones de cola de los portagoteros, y a su vez se aplicó un riego de 10 minutos solo con agua.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En cuanto a la desinfección de las tablas tras el riego de agua para limpiar las tuberías, se dieron dos riegos de 7 minutos cada uno con agua y lejía (5% y 10%), con una separación entre ambos riegos de 30 minutos. Al día siguiente, se dieron 3 riegos de 15 minutos cada riego con agua, y por la tarde se dieron 3 riegos más, de 5 minutos cada uno con solución ideal.

El calendario de esta desinfección y limpieza estuvo marcado por la fecha de transplante, y al día siguiente de estos últimos riegos, se dieron dos riegos cortos de unos 5 minutos cada uno con solución ideal. De este modo, las tablas estarían en perfectas condiciones para adoptar al nuevo cultivo.

La fecha del transplante fue el 20/02/09. Esta labor consistió en colocar en cada tabla de lana de roca 4 tacos con una planta cada taco. El taco con la planta, se fija a la tabla mediante la piqueta de riego y las tablas tienen que tener los huecos limpios de plástico, para que el taco este en contacto con la lana de roca de la tabla.

Para llevar a cabo esta operación se utilizaron 25 horas de trabajo.

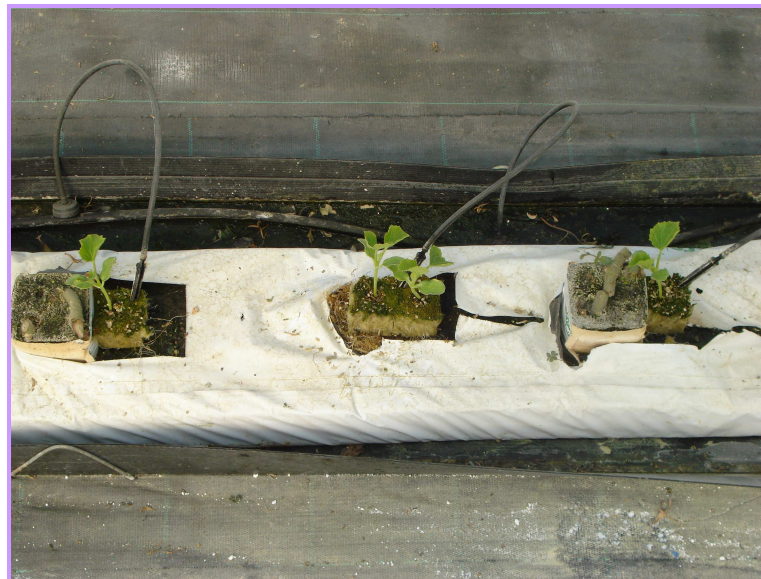


Figura 71. Vista de una tabla con los tacos y piquetas colocados (pueden observarse restos de anteriores cultivos, posiblemente tomate).

Los tacos deben estar húmedos para su fácil manejo y para que adhieran mejor a la tabla de lana de roca, para ello se dieron algunos riegos a las bandejas que lo necesitaban en la recepción de éstas, y hasta el momento del transplante.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 72. Vista de un taco listo para el transplante.

3.7.3. Manta térmica y Tutorado

Seis después del transplante se colocó la manta térmica, y se mantuvo hasta el 3 de Marzo de 2009.

Para que la planta se desarrolle con mayor efectividad productiva y obtenga luz y aire de manera homogénea, así, como facilitar el manejo de la planta y un óptimo acceso de los tratamientos, se optó por un sistema de “entutorado” mediante perchas de hilo enrollado que guían a la planta y la sujetan mediante clips.

La colocación de las perchas y “entutorado” se inició el 9/03/09, aunque esta operación de ir liando la planta a la rafia e ir pillándola con los clips, se tuvo que hacer en mas ocasiones a medida que el cultivo iba creciendo, y de modo que las operaciones se realizaran pronto, para evitar posibles daños mecánicos por roturas de tallos. Para esta operación se contabilizaron un total de 127 horas de trabajo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 73. Vista de las perchas de hilo negro en “el emparrillado” del invernadero.



Figura 74. Vista de los hilos de rafia negra que caen sobre las plantas para ser liadas.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 75. Vista de una planta adulta en floración. Véase el detalle de la sujeción del clips y el liado de la planta al tutor.

3.7.4. Destallado y despunte de las plantas

Para liar la planta al tutor de un modo eficaz y sin roturas de tallos secundarios, se procede al destallado de los brotes axilares secundarios. Con esta técnica, conseguimos favorecer la precocidad de la floración, conseguimos un mejor cuaje de las flores, y una producción de mayor calidad y calibre. A su vez, el hecho de eliminar masa vegetativa nos permite un fácil acceso a la planta, y una óptima ventilación y aireación, que tendrán influencia directa no solo en abaratar costes de tratamientos, mano de obra, etc. Si no también en una maduración de mayor calidad.

El tipo de formación que se dio para el cultivo de melón consistió en dejar dos brazos principales elegidos en la primera intervención. Estos dos brazos principales se irían destallando y liando en el tutor a medida que el cultivo fue creciendo.

Para esta operación se contabilizaron 149 horas de trabajo repartidas en distintos días, en función de las necesidades del cultivo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 76. Comparativa de un cultivo de melón tras un correcto destallado (izquierda), y otro donde el destallado no se ha realizado correctamente (derecha).

En el caso de la operación de despunte, consistía en eliminar la dominancia apical de los brazos principales una vez ha alcanzado un porte vegetativo y una carga productiva determinados. En los despuntes de primavera, que es el caso que nos ocupa, el despunte se debe hacer de forma que por encima del último fruto dejemos siempre un par de hojas que lo protejan de golpes de sol que pueden depreciarlo con coloraciones indeseables.

Esta labor es mucho más rápida ya que con una pasada dejamos la labor acabada. En nuestro caso, se utilizaron unas 4,5 horas de trabajo y se realizó concretamente el 13/03/09.



Figura 77. Vista general del cultivo tras el despunte.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.7.5. Introducción de colmenas

Para un correcto y mayor cuaje posible, se introdujo colmenas de *Apis mellifera* cuando el cultivo entró en floración, el 31/03/09. Se introdujo una colmena para todo el módulo.



Figura 78. Detalle de una abeja polinizando una flor de melón.

La colmena se retiró cuando el cuaje había finalizado.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 79. Detalle de una colmena típica usada para polinización.

3.7.6. Recolección de cosecha

La recolección de los frutos se llevo a cabo de forma manual, en tres cogidas distintas. El 01/06/09, el 05/06/09 y el 11/06/09, es decir, 101, 105 y 111 días después del transplante respectivamente. La causa de hacer tres cogidas radicaba en la escalonada maduración del fruto, que debía recogerse en su punto óptimo.

Una vez se procedía al corte del fruto por parte del personal encargado, se iban dejando los frutos sobre el acolchado del piso para poder ser contabilizados en un estadillo de campo, donde se clasificaban según al tratamiento y parcela elemental a la que pertenecían. Para ello se cuantificaban y pesaban todos los frutos comerciales y los no comerciales. De esta forma podíamos tener caracterizada la producción del ensayo en función de los distintos tratamientos otorgados a cada una de las parcelas elementales.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 80. Vista de los frutos recolectados para ser contados.

Tras contabilizar todos los frutos comerciales y no comerciales, éstos eran recogidos en cajas de recolecta y pesados en una bascula por separado. Finalmente, se eligieron 5 frutos comerciales al azar de cada parcela elemental y en cajas de cartón debidamente etiquetadas con la referencia de la parcela de procedencia para la toma de datos en laboratorio, sujeta al ensayo de calidad del fruto.



Figura 81. Vista de las cajas de melones antes de ser pesadas (izquierda). Detalle de toma de datos en estadillos de campo durante el ensayo (derecha).

En la operación de recolección se emplearon 35 horas de trabajo totales.

3.7.7. Retirada del cultivo

El cultivo de melón de nuestro ensayo, finalizó el 11/06/09 tras la última recogida de la cosecha, concretamente 111 días después del transplante. La retirada de las plantas de melón y la limpieza de restos de la cosecha, se llevo a cabo el 13/06/09 ocupando un total de 16 horas de trabajo.

Los residuos vegetales generados en las operaciones de destallado y despunte, fueron retirados justo después de dichas operaciones para impedir que se crearan fuentes de plagas e infecciones que pudiesen afectar a nuestro cultivo. Las horas dedicadas a este trabajo se contabilizaron dentro de las horas totales de cada labor de poda.



Figura 82. Detalle del estado de limpieza de un pasillo entre líneas de cultivo durante el ensayo.

3.7.8. Aplicaciones fitosanitarias

El cultivo no presentó problemas fitosanitarios de plagas y enfermedades que destacar, pero si que se dieron algunos tratamientos especialmente para oidio y *Mycosphaerella*.

El resto de tratamientos y aplicaciones se dieron de manera preventiva, siendo en su mayoría formulados fúngicos combinados con insecticidas y acaricidas en las últimas fases del ensayo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Las aplicaciones se aportaron vía foliar mojando el cultivo, exceptuando algún tratamiento fúngico que se dio vía riego indicado para posibles hongos de suelo que podían afectar al sistema radicular del cultivo.

Las cantidades utilizadas, en función de las dosis recomendadas. Y las materias activas con sus nombres comerciales fueron las siguientes.

Tabla 33. Caracterización de los tratamientos aplicados en el ensayo.

FECHA	PRODUCTO COMERCIAL	CANTIDAD	DOSIS	MATERIA ACTIVA	FUNCIÓN
26/02/09	FOSBEL 80	45 g	2 g.L⁻¹	FOSETIL ALUMINIO 80% (WP) P/P	Fungicida
03/03/09	GALBEN	50 g	2 g.L⁻¹	BENALAXIL 8% + MANCOZAEB 65% (WP) P/P	Fungicida
05/03/09	PROPLANT	0,25 cm³.m⁻²	Riego	PROPAMOCAR B 60,5% (CLORHIDRATO) (SL) P/V	Fungicida
11/03/09	ADAMA	2 cm³.L⁻¹	Foliar	AMINOÁCIDOS	Favorecedor del desarrollo
	TUREX	600 g	1 g.L⁻¹	BACILLUS THURINGIENS IS AIZAWAY 2,5% (25 MILL. DE U.I./G) (WP) P/P	Insecticida
18/03/09	TUREX	80 g	0,8 g.L⁻¹	BACILLUS THURINGIENS IS AIZAWAY 2,5% (25 MILL. DE U.I./G) (WP) P/P	Insecticida
	MICENE TRIPLE	250 g	2,5 g.L⁻¹	BENALAXIL 6% + CIMOXANILO 3,2% + MANCOZEB 40% (WP) P/P	Fungicida

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

02/04/09	BERMECTINE	170 ml	0,85 cm³.L⁻¹	ABAMECTINA 1,8% (EC) P/V	Acaricida e Insecticida
	CUPRITAL	600 ml	3 g.L⁻¹	OXICLORURO DE COBRE 50% (EXPR. EN CU) (WP) P/P	Fungicida
20/04/09	GUZAN	600 g	2 g.L⁻¹	MANCOZEB 80% (WP) P/P	Fungicida
	ARCHI FOLIAR	800 g	2,6 cm³.L⁻¹	AMINOÁCIDO S	Favorecer el desarrollo
08/05/09	MOJANTE INAGRA	100 ml	0,5 cm³.L⁻¹	ALQUIL POLIGLICOL 20% (ETER) (SL) P/V	Mojante
	CADDY 10 PEPITE	60 g	0,3 g.L⁻¹	CIPROCONAZ OL 10% (WG) P/P	Fungicida
13/05/09	TAMBORIL	125 g	0,3 cm³.L⁻¹	TRIADIMENO L 25% (EC) P/V	Fungicida
	FULMINAL	100 g	0,25 cm³.L⁻¹	MICLOBUTAN IL 12,5% (EC) P/V	Fungicida
	AZUFRIL FLOW	800 ml	2 cm³.L⁻¹	AZUFRE 80% (SC) P/V	Acaricida y Fungicida

Fuente: Elaboración propia a partir de los tratamientos aplicados en el ensayo.

El tiempo de trabajo contabilizado en la realización de estos tratamientos fue de 17 horas totales, repartidas en los distintos tratamientos dados.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 83. Vista del momento de un tratamiento vía foliar durante el ensayo.

3.7.9. Fertirrigación

Los requerimientos hídricos y de fertilizantes que el cultivo demandó durante el ensayo, se administraron mediante un sistema automático de riego localizado y bajo la supervisión del ingeniero agrónomo que gestiona la finca.

Las cantidades de fertilizantes aportadas en el riego, se hicieron con el objetivo de conseguir las soluciones nutritivas que se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 34. Solución nutritiva ideal para la fertilización del cultivo de melón.

MACRONUTRIENTES (m mol .L ⁻¹)	NO ₃ ⁻	H ₃ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Hasta aparición de flores	8	2,5	2	5	4	2
Fecundación y cuajado	10	2	2	7	6	2
Engrosamiento de frutos	13	1,5	2	8,5	6	2
Maduración de frutos	11	1	1	8	4	2

Fuente: (Camacho y Fernández 2008).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

A continuación podemos ver las cantidades de fertilizantes aportados durante el ensayo para conseguir las soluciones nutritivas anteriores.

Tabla 35. Cantidades de fertilizantes aportados al cultivo durante el ensayo.

FERTILIZANTE	FEBRERO (kg .m⁻²)	MARZO (kg .m⁻²)	ABRIL (kg .m⁻²)	MAYO (kg .m⁻²)	TOTAL L (kg .m⁻²)	TOTAL ES (Kg)
Nitrato Potásico (13% NO ₃ ⁻ ; 45% K ₂ O)	0,0316		0,1025	0,1205	0,2546	433
Nitrato Cálcico (14,2% NO ₃ ⁻ ; 1,3% NH ₄ ⁺ ; 26% CaO)	0,0316		0,0897	0,1205	0,2418	411,20
Nutrigeo Mix (7% Fe quelatado con EDTA y EDDHA; 3,8% Mn quelatado con EDTA; 0,4% Cu quelatado con EDTA; 0,6% Zn quelatado con EDTA; 0,5% Mo en forma mineral)	0,0006		0,0015	0,0020	0,0041	7,10
Fosfato Monopotásico (52% P ₂ O ₅ ; 34% K ₂ O)	0,0079				0,0079	13,50
Sulfato Potásico (50% K ₂ O; 46% SO ₃ ²⁻)		0,0212	0,0769	0,1005	0,1986	337,62
Sulfato Magnésico (16% MgO; 31,7% SO ₃)		0,0071	0,0256	0,0201	0,0528	89,80
Ácido		0,0084			0,0084	14,40

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Fosfórico (52% P ₂ O ₅)						
Ácido Nítrico (54% NO ₃ ⁻)			0,0584	0,0482	0,1066	181,30
Nitrato Amónico (33,5% N)			0,0128		0,0128	21,80

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ensayo.

Los riegos tuvieron una duración entre 3 y 6 minutos, y una frecuencia de entre 5 y 20 riegos al día, para conseguir variables de manejo respecto a C.E. y porcentaje de humedad en tabla.



Figura 84. Detalle de los tanques de abonos durante el ensayo.

3.7.10. Control de variables estudiadas durante el ensayo

Durante el ensayo se mantuvo un seguimiento periódico de la dispersión de los valores de O₂ en el ciclo de cultivo a nivel de la tabla y a nivel de gotero. Para ello se seleccionaron dos tablas de lana de roca de cada una de las parcelas elementales, y se identificaron con un escapulario de color junto a un código de referencia que indicaba el tipo de tratamiento y el número de repetición a la que pertenecía. De esta manera cada vez que tomábamos datos, el muestreo se realizaba siempre de las mismas tablas.

La elección de dichas tablas se hizo aleatoriamente, con la salvedad de no elegir tablas de los extremos de la línea de cultivo, ya que en estas zonas los parámetros a estudiar podrían no ser representativos del total por su posición.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 85. Vista de una de las tablas seleccionadas para el ensayo. Detalle del escapulario de color con su código de referencia (arriba).

Durante el ensayo, se tomaron valores de conductividad eléctrica y humedad de estas tablas de lana de roca. Estas medidas se tomaron mediante un sensor de humedad y condiciones de sustrato, AT Delta-T Devices Modelo HH2 Moisture Meter.

Las medidas siempre se realizaron sobre el mismo punto de la tabla, a unos 10 cm del taco, hacia la salida de drenaje, y siempre tras un riego para garantizar una solución acuosa adecuada en la tabla en el momento de la medición.

Paralelamente a este tipo de mediciones, se procedió a la extracción de la solución del sustrato, siempre de las mismas tablas y mediante una jeringuilla, donde se evaluó la concentración de O_2 .

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 86. Vista del instrumental utilizado sobre las tablas durante el ensayo.

Además de la extracción de muestras de la solución nutritiva del sustrato, se recogieron de manera periódica cuatro muestras de la solución nutritiva a nivel de gotero, una por cada sector de riego, para las cuales se midió la concentración en oxígeno. Estas muestras de solución nutritiva del sustrato se depositaban en recipientes de recogida etiquetados con el código de la tabla de la que procedían para su posterior análisis en laboratorio.



Figura 87. Vista de la extracción de la solución nutritiva de una de las tablas. Detalle de recogida de solución nutritiva a nivel de gotero (arriba a la izquierda).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En las tablas siguientes se representa las variables controladas en el ensayo a lo largo del cultivo. Estos datos iban dirigidos al estudio de las propiedades físico-químicas de las tablas para los distintos tratamientos de oxigenación (conductividad eléctrica, humedad y concentración de oxígeno disuelto).

Tabla 36. Dispersión de valores de C.E durante el ensayo a nivel de la tabla.

TIPO DE TABLA	MEDIA (dS .m ⁻¹)	MÍN (dS .m ⁻¹)	MÁX (dS .m ⁻¹)	RANGO (dS .m ⁻¹)	DESV. TÍPICA (dS .m ⁻¹)	COEF. VAR (%)
CLASSIC MORE YEAR (100X15X10)	3,33	1,90	7,70	5,80	1,06	31,71
EASY (100X15X10)	3,37	2,10	8,50	6,40	1,27	37,81
CLASSIC MORE YEAR (100X20X7,5)	3,38	2,10	8,70	6,60	1,16	34,38
CULTILENE (100X20X7,5)	3,45	2,10	8,60	6,50	1,19	34,45
OXIGENACIÓN						
SIN OXÍGENO	3,47	1,90	8,70	6,80	1,28	36,95
CON OXÍGENO	3,28	2,10	8,50	6,40	1,03	31,42

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos en el ensayo.

Tabla 37. Dispersión de valores de Humedad durante el ensayo a nivel de la tabla.

TIPO DE TABLA	MEDIA (%)	MÍN (%)	MÁX (%)	RANGO (%)	DESV. TÍPICA (%)	COEF. VAR (%)
CLASSIC MORE YEAR (100X15X10)	58,21	20,00	89,20	69,20	15,27	26,23
EASY (100X15X10)	50,07	11,00	87,20	76,20	17,58	35,11
CLASSIC MORE YEAR (100X20X7,5)	62,56	28,80	91,10	62,30	14,68	23,47
CULTILENE (100X20X7,5)	67,73	27,80	93,40	65,60	15,52	22,92
OXIGENACIÓN						
SIN OXÍGENO	57,85	11,00	92,60	81,60	16,38	28,32
CON OXÍGENO	61,44	17,00	93,40	76,40	17,51	28,50

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos en el ensayo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 38. Dispersión de valores de O₂ durante el ensayo a nivel de la tabla.

TIPO DE TABLA	MEDIA (mg .L ⁻¹)	MÍN (mg .L ⁻¹)	MÁX (mg .L ⁻¹)	RANGO (mg .L ⁻¹)	DESV. TÍPICA (mg .L ⁻¹)	COEF. VAR (%)
CLASSIC MORE YEAR (100X15X10)	7,06	6,16	7,87	1,71	0,34	4,82
EASY (100X15X10)	7,03	5,42	8,00	2,58	0,41	5,85
CLASSIC MORE YEAR (100X20X7,5)	7,10	5,84	7,90	2,06	0,40	5,61
CULTILENE (100X20X7,5)	6,98	6,19	7,87	1,68	0,37	5,31
OXIGENACIÓN						
SIN OXÍGENO	6,99	5,42	7,59	2,17	0,38	5,45
CON OXÍGENO	7,10	6,25	8,00	1,75	0,38	5,31

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos durante el ensayo.

Tabla 39. Dispersión de valores de O₂ durante el ensayo a nivel de gotero.

TIPO DE TABLA	MEDIA (mg .L ⁻¹)	MÍN (mg .L ⁻¹)	MÁX (mg .L ⁻¹)	RANGO (mg .L ⁻¹)	DESV. TÍPICA (mg .L ⁻¹)	COEF. VAR (%)
SIN OXÍGENO	5,09	4,07	6,17	1,43	0,58	9,89
CON OXÍGENO	6,98	5,73	9,12	3,87	1,29	17,56

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos durante el ensayo.

3.8. METODOLOGÍA DE LA TOMA DE DATOS

3.8.1. Referentes a la planta. Morfología

Periódicamente se procedía a la toma de medidas de 5 plantas elegidas aleatoriamente de cada una de las parcelas elementales, para que estas medidas se realizaran siempre a las mismas plantas, éstas, al igual que para las tablas, se identificaban con un escapulario de color con el código de referencia de cada muestreo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 88. Detalle de la medición de la longitud del tallo principal durante el ensayo.

Las mediciones que se llevaron a cabo durante el ensayo a nivel morfológico de la planta fueron: la longitud total del tallo principal, elegido en la primera toma de datos, y el diámetro de dicho brazo. Estas medidas se realizaron en 4 veces durante en ciclo del cultivo, en concreto, al día 47, 75, 89 y 111 después del transplante.



Figura 89. Detalle de la medición del diámetro del tallo principal durante el ensayo.

Para la toma de estos datos se utilizó una cinta métrica flexible, un calibre electrónico “Dicsa” con una sensibilidad de 0,01 mm y capaz de medir un rango de 0 a 150 mm, y estadillos de campo para anotar de una forma ordenada cada una de las medidas realizadas.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

3.8.2. Referentes a la cosecha. Producción

Para poder evaluar los rendimientos productivos de cada parcela elemental, se procedió de la siguiente forma. En el momento de cada uno de los tres cortes que se le dieron al cultivo, que tuvieron lugar los días 01/06/09, 05/06/09 y 11/06/09, es decir, 101, 105 y 111 días después de transplante, se fueron dejando los frutos sobre el acolchado de cada parcela elemental.

Estos frutos fueron contabilizados para cada una de las parcelas, haciendo una clara distinción entre los frutos comerciales y los no aptos para consumo comercial o destrío.

Para esto se contaron el número de frutos de cada parcela por separado y se iban anotando el número de frutos no comerciales y los comerciales.



Figura 90. Vista de los cortadores dejando los frutos sobre el acolchado durante el ensayo.

Posteriormente y una vez contabilizados todos los frutos, se procedió a pesar la producción en cada parcela elemental, para ello se recogían los frutos y en cajas de plástico de peso conocido se pesaban y anotaban cada una, de manera que obteníamos los kg de producción comercial y no comercial de cada una de las parcelas elementales de nuestro ensayo. Todas las medidas se iban anotando en unos estadillos de campo, para que los datos pudiesen ser usados después de una manera más cómoda y rápida.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.



Figura 91. Detalle de las cajas de recolecta después de ser pesadas durante el ensayo.

Conocido el peso de los envases utilizados, podíamos calcular los kg exactos de producción para cada parcela elemental. De igual modo y puesto que la densidad de plantación es conocida para cada una de las parcelas, podíamos llevar a cabo un análisis de la producción de cada tratamiento y repetición, y a su vez poder hacer una comparativa de los rendimientos productivos en cada caso.

Para que estos rendimientos productivos quedasen bien definidos para cada parcela se calcularon una serie de parámetros referidos a la cosecha:

- $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-2}$
- $\text{Kg} / \text{planta}$
- $\text{N}^{\circ} \text{ frutos} / \text{m}^2$
- $\text{N}^{\circ} \text{ frutos} / \text{planta}$

Estos parámetros eran calculados por separado para cada una de las parcelas elementales, y haciendo distinción entre producción comercial y producción no comercial o destrío.

El material utilizado para esta operación fue muy sencillo y constaba básicamente de los siguientes elementos:

- Báscula: EKS Premium, Máx: 40 kg, Precisión = 10 g

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

- Caja de plástico rejillaza apilable para verduras y hortalizas.
Medidas: (500X380X280)
Peso: 1,7 kg
Volumen: 42 L
- Estadillos de anotaciones de campo para las tres cogidas efectuadas.



Figura 92. Detalle de la báscula de medida (izquierda). Vista del momento de recolecta durante el ensayo (derecha).

3.9. PROCESADO DE DATOS

Una vez registrados todos los datos numéricos de un modo ordenado sobre los estadillos de campo, se clasificaron y ordenaron sobre una hoja de cálculo mediante la utilización del programas informático de datos Microsoft Office Excel 2003.

Posteriormente, para llevar a cabo el análisis de datos, se utilizó el paquete estadístico Statgraphics plus V 5.1 para Windows, donde se realizó un análisis de la varianza ($p < 0,05$) y el test de mínimas diferencias significativas, mediante el método LSD para un valor de probabilidad del 95%.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDIENTE A MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

Recordando la metodología empleada en este estudio, seleccionábamos 5 plantas al azar de cada parcela elemental, e iríamos haciendo un seguimiento de estas plantas durante el ciclo del cultivo. El seguimiento llevado a cabo consistía en medir la longitud del tallo principal y el diámetro de este.

4.1.1. Sobre la longitud total del tallo principal (m)

Tras el ensayo llevado a cabo sobre la longitud del tallo, y tras evaluar los resultados comparándolos con los distintos tipos de lana de roca y sobre el aporte de oxígeno, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Sobre el tipo de tabla

Para el factor tipo de tabla no se observaron cambios significativos entre unas tablas y otras, exceptuando el tercer día (89 d.d.t.) de muestreo, donde si se aprecian cambios estadísticamente significativos en cuanto al parámetro de la longitud del tallo (m).

En este día se registraron datos, donde la tabla cuya longitud del tallo principal era mayor correspondía a Cutiléne, seguida por las Classic More Year (100X15X10 y 100X20X10 respectivamente) y por último la tipo Easy.

Tabla 40. Resultados de la longitud del tallo principal (m) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Tipo de tabla/ d.d.t.</i>	47	75	89	111
Classic More Year (100X15X10)	0,85 a	0,88 a	0,33 ab	0,52 a
Easy (100X15X10)	0,91 a	0,91 a	0,29 b	0,50 a
Classic More Year (100X20X7,5)	0,88 a	0,86 a	0,30 b	0,50 a
Cutiléne (100X20X7,5)	0,83 a	0,90 a	0,42 a	0,52 a
p-valor	0,3317	0,6223	0,0780	0,7329

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

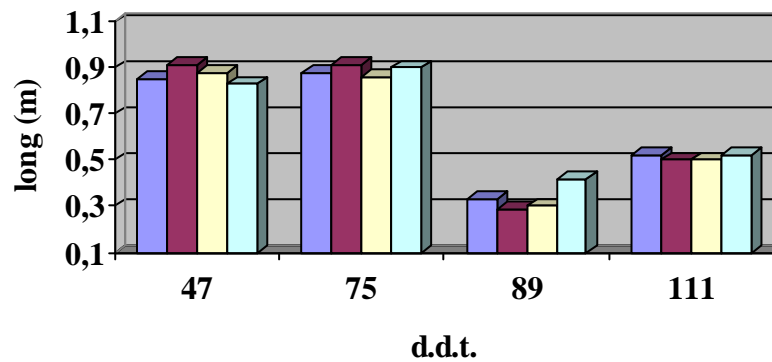


Figura 93. Datos registrados para las distintas tablas de lana de roca en los días 47, 75, 89 y 111 d.d.t. para el crecimiento del tallo principal (m) (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

- Sobre el aporte de oxígeno

En la evaluación sobre los aportes de oxígeno y su relación con la longitud del tallo durante el ensayo no se han apreciado diferencias estadísticas significativas en ninguno de los distintos días de muestreo.

En general, se observó que las plantas bajo enriquecimiento de oxígeno en riego presentaban mayor longitud de tallo durante todo el ciclo de cultivo que las plantas sin aportación de oxígeno extra, pero estas diferencias son tan pequeñas que no se consideran significativas.

Tabla 41. Resultados de la longitud del tallo principal (m) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Oxigenación/ d.d.t.</i>	<i>47</i>	<i>75</i>	<i>89</i>	<i>111</i>
Sin Oxigenación	0,86 a	0,87 a	0,32 a	0,50 a
Con Oxigenación	0,88 a	0,90 a	0,35 a	0,52 a
p-valor	0,4169	0,2505	0,4129	0,2995

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

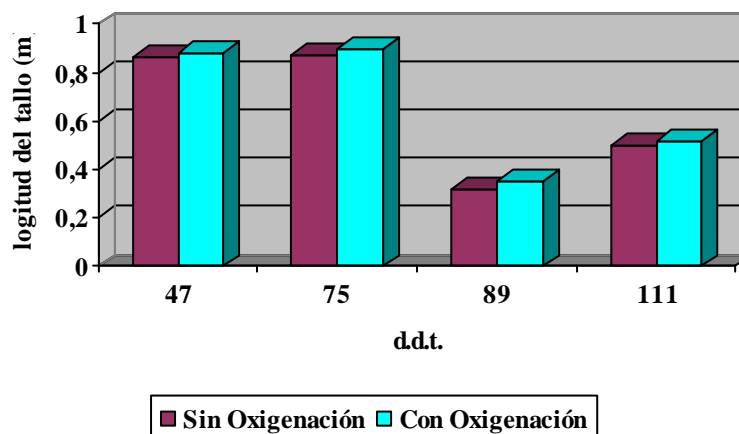


Figura 94. Datos registrados para los distintos tratamientos de oxigenación en los días 47, 75, 89 y 111 d.d.t. para el crecimiento del tallo principal (m) (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

4.1.2. Sobre el diámetro del tallo principal (cm)

Tras el ensayo llevado a cabo sobre el diámetro del tallo principal, y tras evaluar los resultados comparándolos con los distintos tipos de tablas de lana de roca y sobre el aporte de oxígeno, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Sobre el tipo de tabla

Para el diámetro del tallo principal, el tipo de tabla utilizado no fue determinante, y en el análisis estadístico no se aprecian diferencias significativas a tener en cuenta. Los datos tomados del diámetro del tallo en los distintos días de muestreo durante el ciclo de cultivo y para los distintos tipos de tablas fueron prácticamente los mismos en cada momento. Veámoslo en la siguiente tabla de datos.

Tabla 42. Resultados de la medida del diámetro del tallo principal (cm) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Tipo de tabla/ d.d.t.</i>	<i>47</i>	<i>75</i>	<i>89</i>	<i>Promedio</i>
Classic More Year (100X15X10)	0,63 a	0,51 a	0,41 a	0,47 a
Easy (100X15X10)	0,61 a	0,52 a	0,42 a	0,47 a
Classic More Year (100X20X7,5)	0,60 a	0,51 a	0,41 a	0,46 a
Cutiléne (100X20X7,5)	0,60 a	0,52 a	0,41 a	0,46 a
p-valor	0,2731	0,8738	0,6022	0,8973

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

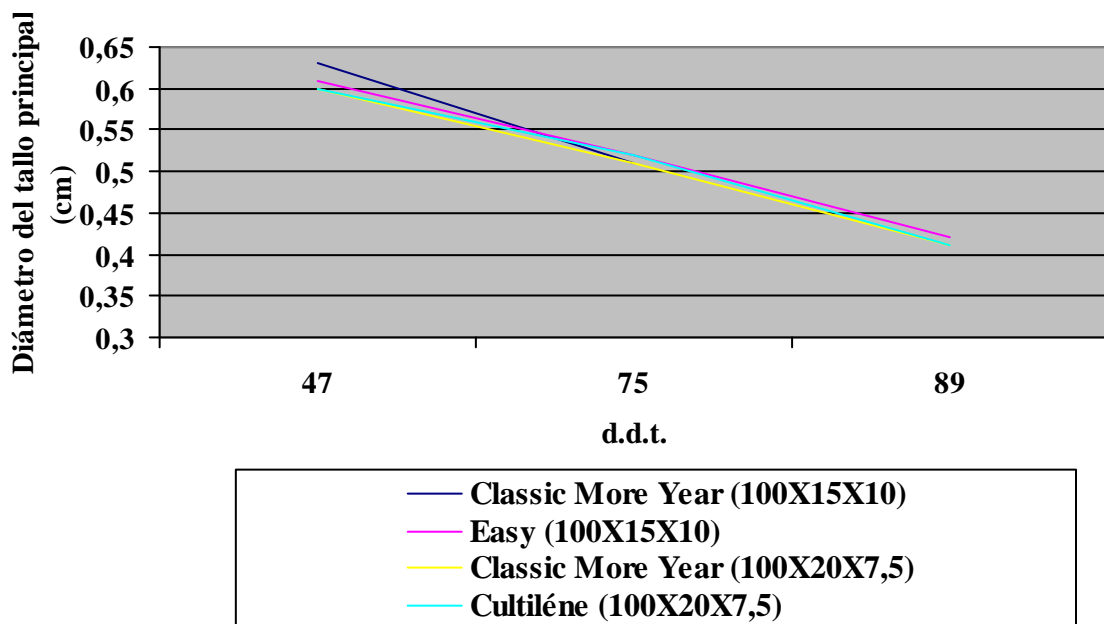


Figura 95. Datos registrados para los distintos tipos de tablas de lana de roca, en los días 47, 75 y 89 d.d.t. para el crecimiento del diámetro del tallo principal (cm). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

- Sobre el aporte de oxígeno

Cuando el estudio se centro en el factor de oxigenación para la evaluación de cambios significativos en el grosor del tallo principal, y de igual modo que para las tablas de lana de roca, los resultados estadísticos no reflejaron diferencias significativas en el grosor del tallo principal, en cuanto a oxigenación en el riego se refiere. Tanto plantas con enriquecimiento en oxígeno, como plantas sin él, presentaban ambos diámetros del tallo principal muy similares en los días de muestreo, generando un promedio casi idéntico. Estos fueron los datos del análisis estadístico realizado.

Tabla 43. Resultados del diámetro del tallo principal (cm) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Oxigenación/ d.d.t.</i>	<i>47</i>	<i>75</i>	<i>89</i>	<i>Promedio</i>
Sin Oxigenación	0,61 a	0,51 a	0,41 a	0,47 a
Con Oxigenación	0,61 a	0,51 a	0,41 a	0,46 a
p-valor	0,7423	0,9592	0,9904	0,8647

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDIENTE A PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO

Para evaluar la productividad del cultivo de melón cv. Vulcano a lo largo de un ciclo corto de primavera-verano y atendiendo a los factores de variabilidad de tipo de tabla y oxigenación en riego, se cuantificó la cosecha en los tres días de cogida y se anotaron para cada parcela elemental sus cantidades cosechadas, separando la producción comercial, de la no apta para el consumo.

El objetivo pretendido, era obtener los datos productivos para los distintos tipos de tabla de lana de roca y para la variable de oxigenación por separado, y poder observar si hubo algún dato de interés.

Para ello y con los datos obtenidos durante la recolecta se evaluaron una serie de parámetros de productividad del cultivo: $kg.m^{-2}$, $kg/planta$, $n^{\circ} frutos/planta$, $n^{\circ} frutos/m^{-2}$

4.2.1. Rendimientos productivos. $Kg . m^{-2}$

Una vez recopilados todos los datos de rendimientos productivos de nuestro cultivo hemos procedido al análisis estadístico de los parámetros a estudiar, teniendo en cuenta el tipo de tabla de lana de roca usada y la aportación extra de oxígeno en el riego. Los resultados han sido los siguientes:

- Sobre el tipo de tabla

Tabla 44. Resultados de producción ($kg.m^{-2}$) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Tipo de tabla</i>	<i>Rendimientos productivos ($kg.m^{-2}$)</i>
Classic More Year (100X15X10)	4,23 ab
Easy (100X15X10)	4,01 b
Classic More Year (100X20X7,5)	4,25 ab
Cutiléne (100X20X7,5)	4,57 a
p-valor	0,0499

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Si observamos los datos correspondientes a los kilogramos de melón cosechados por unidad de superficie (m^2), y atendiendo al parámetro tipo de tabla de lana de roca, podemos apreciar que la producción ha oscilado entre valores de 4 – 4,6 $Kg.m^{-2}$, estos valores, se encuentran por encima de los valores que habitualmente se obtienen en campo para este tipo de cultivo.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Al estudiar los resultados para cada tipo de lana de roca hemos observado diferencias estadísticamente significativas entre las diversas tablas. El tipo de tabla cuya producción en Kg.m^{-2} se sitúa en primer lugar fue la tabla Cultiléne (100X20X7,5) con $4,57 \text{ Kg.m}^{-2}$, seguida de las tablas Classic More Year (100X20X7,5) y de la Classic More Year (100X15X10) con unas producciones de $4,25$ y $4,23 \text{ Kg.m}^{-2}$ respectivamente. La tabla de lana de roca donde se registraron menores rendimientos productivos fue la tipo Easy (100X15X10), con una producción de $4,01 \text{ Kg.m}^{-2}$.

De este modo, podemos observar que las diferencias numéricas entre la tabla tipo Cultiléne (100X20X7,5) y la tipo Easy (100X15X10), superan en mas de $0,5 \text{ Kg.m}^{-2}$ los resultados obtenidos.

Las tablas tipo Classic More Year produjeron valores mas equilibrados entre ambas, situándose en una posición intermedia en nuestro ensayo, en cuanto a datos productivos se refiere.

En la siguiente gráfica podemos ver representadas las distintas tablas de lana de roca y sus valores productivos en kg.m^{-2} donde lo anteriormente expuesto puede observarse claramente.

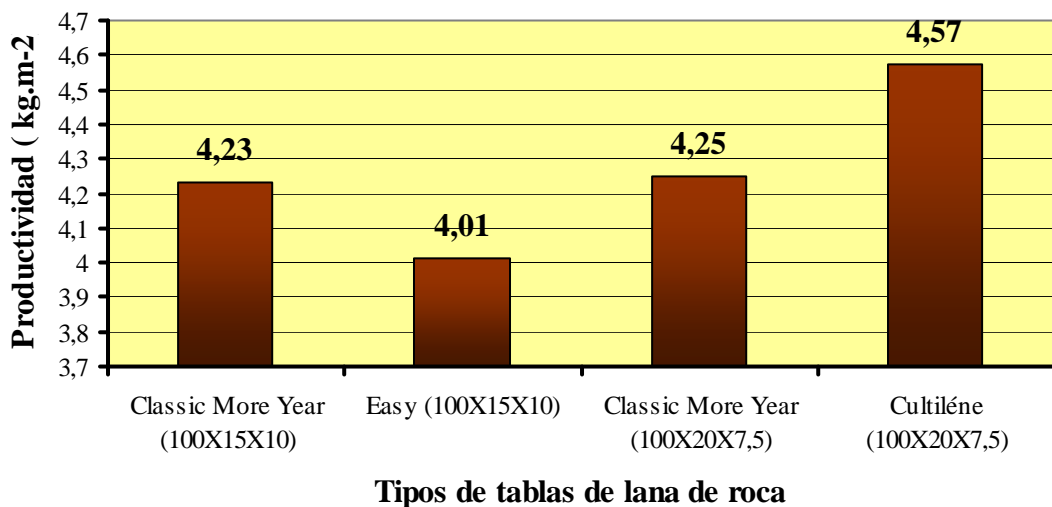


Figura 96. Datos registrados para los distintos tipos de tablas de lana de roca, correspondientes a rendimientos productivos (kg.m^{-2}). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

- Sobre el aporte de oxígeno

Cuando se analizaron los valores productivos en función del parámetro aportes de oxígeno, se obtuvieron los siguientes valores expresados en la siguiente tabla.

Tabla 45. Resultados de producción (kg.m^{-2}) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Oxigenación</i>	<i>Rendimientos productivos (kg.m^{-2})</i>
Sin Oxigenación	4,24 a
Con Oxigenación	4,29 a
p-valor	0,7910

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

En cuanto a la aportación de oxígeno en riego el análisis estadístico no reflejó diferencias significativas en cuanto a valores de rendimientos productivos (kg.m^{-2}).

Se puede observar que se obtuvieron mejores resultados en las plantas sometidas a aportes extras de oxígeno en riego, pero estas diferencias, frente a las muestras testigo sin oxigenación en riego son mínimas y no se consideran de importancia como para destacarlas. Las plantas del cultivo con aportes de oxígeno en riego obtuvieron unos resultados de $4,29 \text{ kg.m}^{-2}$ frente a los $4,24 \text{ kg.m}^{-2}$ cosechados en las plantas de melón sin aporte extra de oxígeno en riego.

En la siguiente gráfica podemos apreciar la diferencia de rendimientos productivos en función del parámetro oxigenación en riego

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

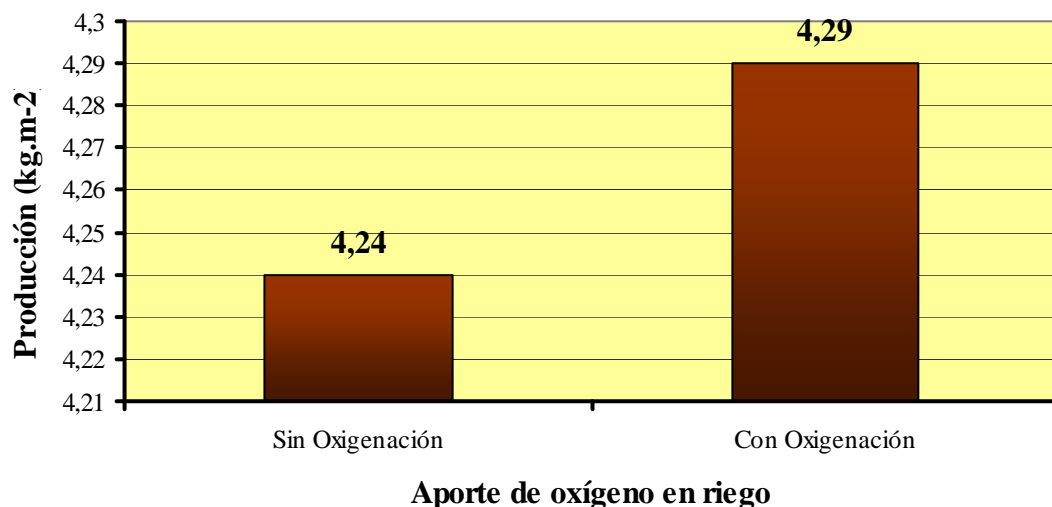


Figura 97. Datos registrados para los distintos tipos de aportaciones de oxígeno en riego, correspondientes a rendimientos productivos (kg.m⁻²). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

4.2.2. Rendimientos productivos. Kg/planta

De manera análoga al apartado anterior, donde han sido expuestos los resultados correspondientes a producción en kg.m⁻², vamos a estudiar los resultados de producción pero atendiendo al parámetro kg/planta, tanto en función del tipo de tabla de lana de roca como al aporte de oxigenación en riego. Estos resultados expresan cantidades de producción recolectada comercial, que es la que realmente interesa desde un punto de vista económico.

- Sobre el tipo de tabla

Los resultados obtenidos de producción comercial en kg/planta para cada tipo de tabla de lana de roca en nuestro ensayo fue el siguiente.

Tabla 46. Resultados de producción (kg/planta) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano

<i>Tipo de tabla</i>	<i>Rendimientos productivos (kg/planta)</i>
Classic More Year (100X15X10)	3,51 ab
Easy (100X15X10)	3,33 b
Classic More Year (100X20X7,5)	3,53 ab
Cutiléne (100X20X7,5)	3,79 a
p-valor	0,0478

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Como se puede apreciar en la tabla anterior los resultados obtenidos para el parámetro kg/planta, observamos que existe cierta significación estadística con un valor “p” muy próximo al 0,5. Este resultado en el test de mínimas diferencias significativas detecta cambios estadísticos a tener en cuenta, al igual que ocurría en el parámetro $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ del apartado anterior.

En este caso los kg/planta cuantificados fueron mayores en plantas cuyo tipo de tabla coincidía con tablas Cultiléne (100X20X7,5) con 3,79 kg/planta, seguida de las plantas sobre tablas Classic More Year (100X20X7,5) y (100X15X10) con valores de 3,53 y 3,51 (kg/planta) respectivamente. Por último las plantas donde se cuantificó valores menores fueron las cultivadas en tablas tipo Easy (100X15X10) con un valor medio de 3,33 kg/planta.

En la siguiente grafica de barras podemos ver una representación de estos valores productivos (kg/planta) para los distintos tipos de tablas de lana de roca.

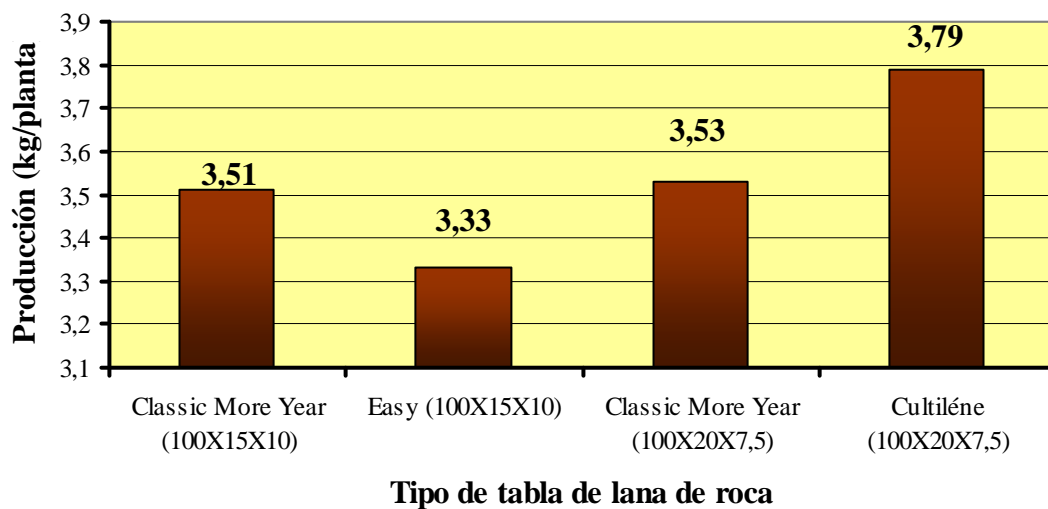


Figura 98. Datos registrados para los distintos tipos de tablas de lana de roca, correspondientes a rendimientos productivos (kg/planta). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

- Sobre el aporte de oxígeno

Cuando el análisis estadístico para este parámetro (kg/planta) se realizó en función de la variable de oxigenación los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Tabla 47. Resultados de producción (kg/planta) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Oxigenación</i>	<i>Rendimientos productivos (kg/planta)</i>
Sin Oxigenación	3,52 a
Con Oxigenación	3,56 a
p-valor	0,7954

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Como podemos observar tras el test de mínimas diferencias, los valores obtenidos para esta variable de estudio (aporte de oxígeno en riego), no se aprecia diferencias estadísticamente significativas a tener en cuenta.

Las plantas con aportes extras de oxígeno en riego manifestaron por lo general valores de producción algo más elevados que las plantas sin aporte de oxígeno en riego, pero estas diferencias no presentan relevancia como para determinar que la aportación de oxígeno en el riego sea causante de una mayor productividad del cultivo.

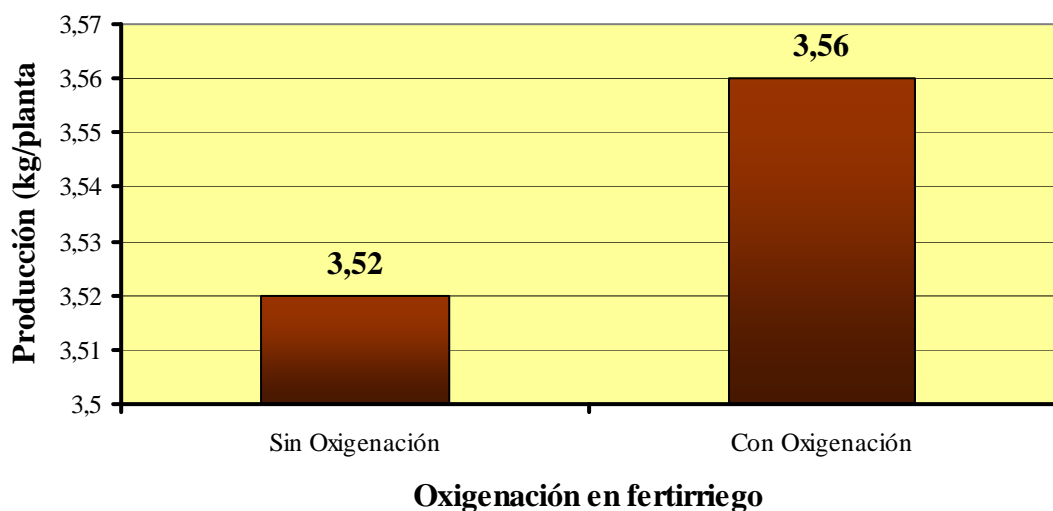


Figura 99. Datos registrados para los distintos tipos de aportaciones de oxígeno en riego, correspondientes a rendimientos productivos (kg/planta). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

4.2.3. Rendimientos productivos. Frutos/planta

Otro índice que nos puede dar una lectura de la productividad del cultivo que nos ocupa en nuestro ensayo, es el n° de frutos por planta cultivada.

Al igual que en las comparaciones anteriores, estudiamos los resultados en función de las variables “tipo de tabla de lana de roca” y “aporte o no de oxígeno en riego”. Veamos que resultados se obtuvieron.

- Sobre el tipo de tabla

Tras el análisis de los valores cuantificados durante el ensayo mediante el test de mínimas diferencias, los resultados medios obtenidos en función de la variable “tipo de tabla de lana de roca”, fueron los siguientes.

Tabla 48. Resultados de producción (frutos/planta) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Tipo de tabla</i>	<i>Rendimientos productivos (frutos/planta)</i>
Classic More Year (100X15X10)	6,44 a
Easy (100X15X10)	6,22 a
Classic More Year (100X20X7,5)	6,33 a
Cutiléne (100X20X7,5)	6,26 a
p-valor	0,7844

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

En este caso podemos afirmar que no existieron diferencias estadísticamente significativas.

Las tablas cuyas plantas presentaron mayor número de frutos fueron las tipo Classic More Year (100X15X10) y (100X20X7,5) con 6,44 y 6,33 n° de frutos/planta, respectivamente. La tabla tipo Cutiléne (100X20X7,5) obtuvo un valor algo inferior a las dos anteriores, de 6,26 frutos/planta, y en último lugar y de manera casi idéntica al resto de parámetros productivos la tabla tipo Easy (100X15X10) originó el valor más desfavorable con 6,22 frutos/planta.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En la gráfica que a continuación se muestra se puede observar de un simple vistazo que las diferencias productivas en cuanto al número de frutos por planta y en función del tipo de tabla de lana de roca que se use, son mínimas.

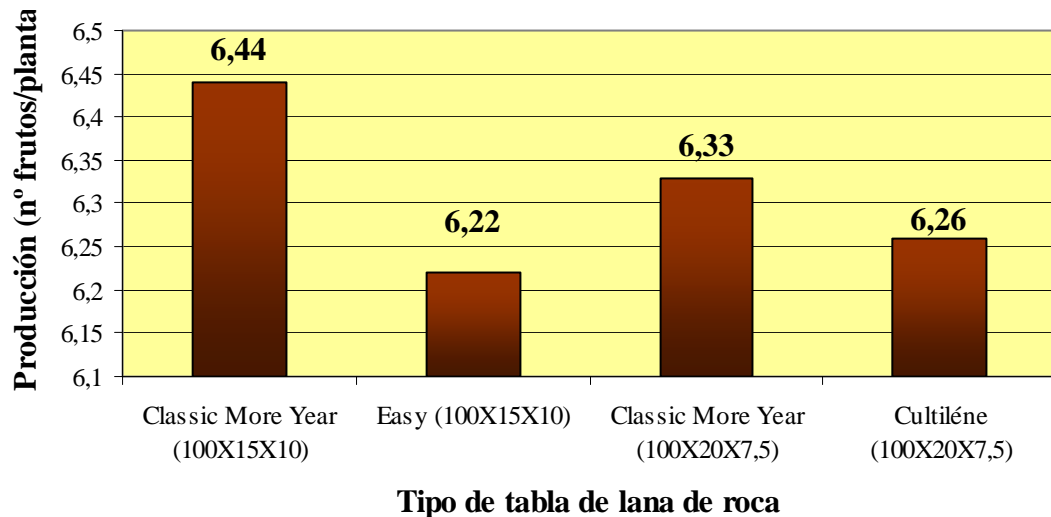


Figura 100. Datos registrados para los distintos tipos de tablas de lana de roca, correspondientes a rendimientos productivos (frutos/planta). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

- Sobre el aporte de oxígeno

La segunda variable sobre la que se caracterizó el parámetro productivo frutos/planta fué la aportación o no aportación de oxígeno extra en el fertirriego.

Los resultados obtenidos tras someter los valores del ensayo al test de las mínimas diferencias significativas, fueron los siguientes.

Tabla 49. Resultados de producción (frutos/planta) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

Oxigenación	Rendimientos productivos (frutos/planta)
Sin Oxigenación	6,17 b
Con Oxigenación	6,46 a
p-valor	0,0200

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

Según estos resultados, para la variable oxigenación en riego sobre el parámetro frutos/planta, existen diferencias estadísticamente significativas. Las plantas que han sido tratadas con aportes extras de oxígeno en riego han producido un mayor número de frutos 6,47 frutos/planta, frente a las plantas sin aporte extra de oxígeno que obtuvieron una producción de 6,17 frutos/planta.

Estos resultados interpretados desde el punto de vista estadístico manifiestan cierta diferencia cuantitativa, aunque a nivel práctico son todavía valores poco significativos.

En la siguiente gráfica podemos observar representados los valores obtenidos en nuestro ensayo.

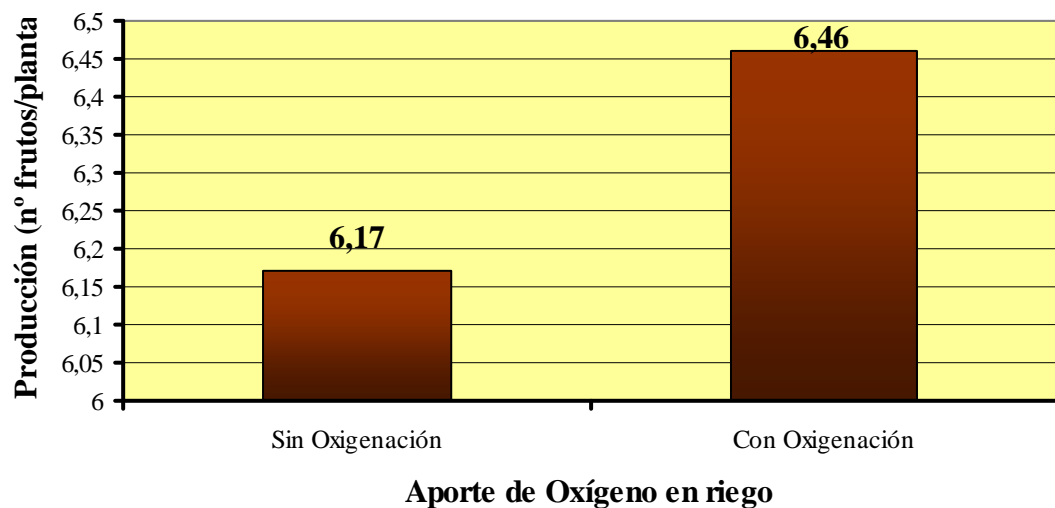


Figura 101. Datos registrados para los distintos tipos de aportaciones de oxígeno en riego, correspondientes a rendimientos productivos (frutos/planta). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

4.2.4. Rendimientos productivos. Frutos/m²

Por último, para caracterizar de una manera completa la producción obtenida en nuestro ensayo falta definir el parámetro que expresa el número de frutos cosechados por unidad de superficie (m²).

Para evaluar dicho parámetro, y de igual forma que en los anteriores, se llevó a cabo un análisis de resultados en función de las variables “tipo de tabla de lana de roca” y “aportación o no aportación de oxígeno extra en riego”.

Veamos a continuación los resultados que se obtuvieron para cada una de estas variables.

- Sobre el tipo de tabla

Al analizar los n° frutos/m² en función del tipo de tabla de lana de roca se dieron los siguientes resultados.

Tabla 50. Resultados de producción (frutos/m²) para los distintos tipos de lana de roca en un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Tipo de tabla</i>	<i>Rendimientos productivos (frutos/m²)</i>
Classic More Year (100X15X10)	7,76 a
Easy (100X15X10)	7,50 a
Classic More Year (100X20X7,5)	7,63 a
Cutiléne (100X20X7,5)	7,54 a
p-valor	0,7869

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores p<0,05

Tras el análisis de este parámetro en base a la variable “tipo de tabla de lana de roca”, podemos afirmar que no existen diferencias estadísticas significativas.

Las tablas que registraron mayor número de frutos por unidad de superficie (m²), fueron las tipo Classic More Year (100X15X10) y (100X20X7,5) con valores de 7,76 y 7,63 frutos/m² respectivamente. En tercer lugar se situó la tabla tipo Cutiléne (100X20X7,5) con una producción de 7,54 frutos/m² y en último lugar la tipo Easy (100X15X10) cuyo valor se estimó en 7,50 frutos/m².

Estos valores coinciden con el anterior parámetro de número de frutos por planta en cuanto al tipo de tabla de lana de roca se refiere.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En la siguiente figura se reflejan estas cantidades obtenidas para el parámetro en cuestión.

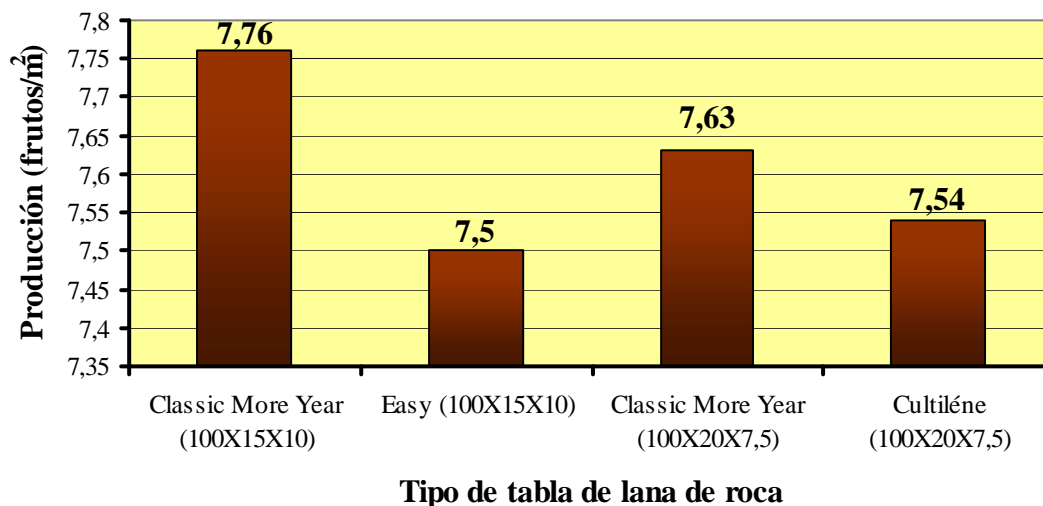


Figura 102. Datos registrados para los distintos tipos de tablas de lana de roca, correspondientes a rendimientos productivos (frutos/m²). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

- Sobre el aporte de oxígeno

Para la variable de oxigenación en el riego los resultados de frutos/m² fueron los siguientes.

Tabla 51. Resultados de producción (frutos/m²) para los distintos tipos de oxigenación en riego de un cultivo de melón cv. Vulcano.

<i>Oxigenación</i>	<i>Rendimientos productivos (frutos/m²)</i>
Sin Oxigenación	7,43 b
Con Oxigenación	7,78 a
p-valor	0,0195

Fuente: Elaboración propia a partir del test de mínimas diferencias significativas. Los valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para valores $p < 0,05$

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

En el análisis estadístico de mínimas diferencias significativas, para los resultados del ensayo (frutos/m²), en función de la variable oxigenación en riego, se han obtenido diferencias significativas entre plantas con aportes extras de oxígeno en riego frente a plantas de melón, sin aporte extra de oxígeno en riego.

Las plantas a las cuales se le aportaron cantidades de oxígeno extra vía fertirriego produjeron un mayor número de frutos/m² que las plantas donde no se hizo aporte alguno.

En el ensayo se obtuvieron 7,78 frutos/m² para las tratadas con oxigenación en riego, y 7,43 frutos/m² para las plantas, en cuyo riego, no se llevo a cabo dicho aporte extra de oxígeno.

Aunque en la realidad estas diferencias son mínimas, en el resultado del test estadístico son diferencias a tener en cuenta.

En la siguiente figura y de manera análoga al resto de parámetros y factores de variabilidad, podemos observar claramente estas diferencias en los resultados obtenidos.

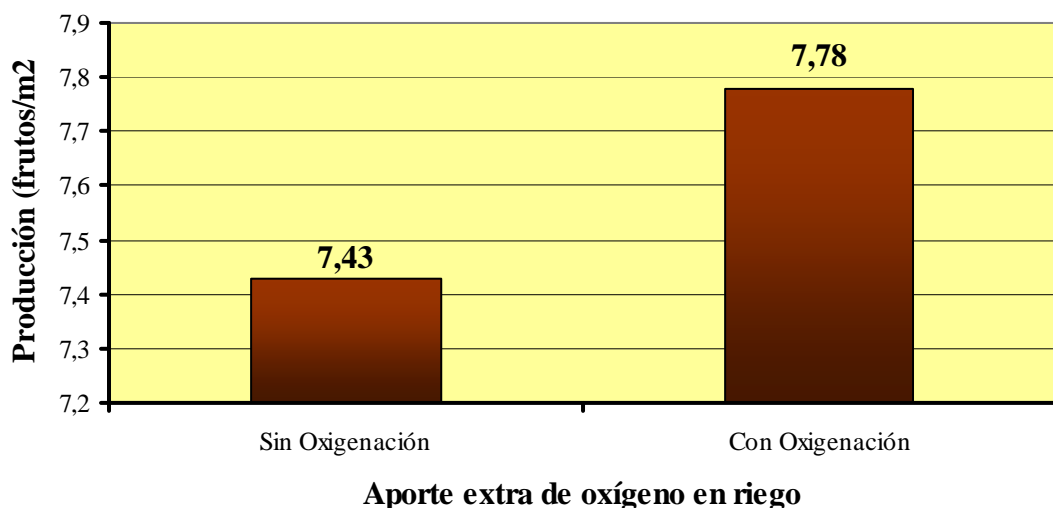


Figura 103. Datos registrados para los distintos tipos de aportaciones de oxígeno en riego, correspondientes a rendimientos productivos (frutos/m²). (Elaboración propia a partir de los datos del ensayo).

5. CONCLUSIONES

5.1. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

❖ Tipos de tabla de lana de roca

Las medidas realizadas sobre la **longitud del tallo** a lo largo del ciclo del cultivo (47, 75, 89 y 111, d.d.t.) y el análisis de los resultados en función del tipo de tabla de lana de roca utilizada, no reflejaron cambios significativos a tener en cuenta en la longitud del tallo. Si es preciso dejar patente que en el día 89 se registraron algunas diferencias en el crecimiento vegetativo siendo la tabla tipo Cutiléne (100X20X7,5) la que mayor desarrollo experimentó, seguida de la Classic More Year (100X15X10), Classic More Year (100X20X7,5) y por último la tipo Easy (100X15X10).

Para el resto de los días registrados no existieron diferencias a tener en cuenta para este parámetro de estudio morfológico, echo que lleva a concluir que durante el ensayo, el tipo de tabla de lana de roca utilizada, no fue determinante en la longitud del tallo principal evaluado.

Respecto al seguimiento sobre el **diámetro del brazo principal (cm)**, durante el ciclo del cultivo (47, 75 y 89, d.d.t.) y su posterior análisis estadístico, no se apreciaron cambios significativos para las distintas tablas de lana de roca, resultando valores muy próximos entre si para cada tipo de tabla en los días muestreados. Por lo tanto podemos afirmar que el tipo de tabla utilizada durante el ensayo no fue determinante para el parámetro diámetro del tallo principal.

❖ Oxigenación

En cuanto a las aplicaciones de oxígeno disuelto (8 p.p.m.) en riego durante las fases del ciclo de cultivo de nuestro ensayo, y tras el análisis estadístico de los resultados obtenidos para el parámetro **longitud del tallo**, no se observaron diferencias significativas en las plantas tratadas con oxígeno extra, respecto a las plantas sin aportación extra de oxígeno. Por lo que podemos determinar que el aumento de concentración de oxígeno en el riego no tuvo incidencia alguna en este parámetro, presentando valores muy parecidos para los distintos tratamientos.

De igual modo que ocurría para la longitud del tallo, los resultados obtenidos para el **diámetro del brazo principal (cm)** no reflejaron cambios significativos de interés en el análisis estadístico efectuado, concluyendo que la aportación o no aportación de oxígeno disuelto (8 p.p.m.) en riego durante el ensayo no manifestó cambios a tener en cuenta respecto a este parámetro morfológico evaluado.

5.2. PRODUCCIÓN

❖ Tipos de tabla de lana de roca

Tras el análisis de los resultados obtenidos para los parámetros que determinan la producción del cultivo durante el ensayo, y atendiendo al factor de variabilidad, tipo de tabla de lana de roca utilizada como medio de cultivo, se llegaron a las siguientes conclusiones.

Para el parámetro kg.m⁻² (kg de cosecha por unidad de superficie), el análisis estadístico reflejó diferencias significativas entre algunas de las tablas. La tabla tipo Cutiléne (100X20X7,5) registró el mayor valor para este parámetro con 4,57 kg.m⁻², frente a la más desfavorable, que fue la tipo Easy (100X15X10) con un valor de 4,01 kg.m⁻². Las tablas tipo Classic More Year (100X20X7,5) y (100X15X10) se situaron en valores intermedios a las dos anteriores (Cutiléne y Easy).

De este modo podemos concluir que la tabla tipo Cutiléne obtuvo el mejor comportamiento en cuanto a rendimientos productivos, presentando un incremento notable en este parámetro frente a la tabla tipo Easy, ya que esta diferencia de aproximadamente 0,5 kg.m⁻², podría tener una repercusión de unos 5 000 kg en una hectárea de cultivo.

En cuanto a las tablas tipo Classic More Year, no se apreciaron cambios a tener en cuenta, manifestando ambas valores muy parecidos entre ellas e intermedios entre la tipo Cutiléne y Easy.

Otro parámetro productivo analizado durante el ensayo fue el número de frutos cosechados por unidad de superficie, es decir, frutos/m². En este caso no se puede afirmar que existan diferencias de interés en cuanto al tipo de tabla usada. Los resultados del análisis estadístico no manifestaron diferencias significativas a tener en cuenta, por lo que podemos determinar que el tipo de tabla no ha sido determinante en el número de frutos producidos.

Si la observación la realizamos para el parámetro kg/planta, el análisis estadístico de resultados determina, que si existieron diferencias significativas entre algunos tipos de tablas de lana de roca.

Al igual que ocurría para el parámetro kg.m⁻², la tabla tipo Cutiléne obtuvo mejores valores productivos en cuanto a kg cosechados a nivel de planta. Seguida de las tipos Classic More Year y en último lugar la tabla tipo Easy, cuya producción en kg, tanto a nivel de planta como por unidad de superficie, fue la más desfavorable.

El último parámetro productivo cuantificado, en función del factor de variabilidad tipo de tabla, fue el número de frutos cosechados por planta cultivada, frutos/planta. Y de manera análoga al número de frutos por unidad de superficie, el tipo de tabla de lana de roca usada no fue determinante en los valores que se obtuvieron para este parámetro.

De este modo, la conclusión a destacar sobre el ensayo de producción en función de los 4 tipos de tablas de lana de roca evaluados, y ciñendonos a los resultados analíticos obtenidos, podemos determinar que la tabla con mayor productividad en cuanto a kg de cosecha, correspondió a la tipo Cutiléne, aunque no podemos decir lo mismo en cuanto a números de frutos producidos, que a pesar de no existir diferencias importantes para este parámetro, no obtuvo los mejores resultados.

Por consiguiente las tablas Cutiléne producen frutos con mayor peso que el resto de tablas, ya que a pesar de no ser la que mayor número de frutos produce, si es a la que mayor cantidad de kg se le cortaron.

❖ Oxigenación

Respecto a la influencia del aporte extra de oxígeno disuelto en riego, sobre los parámetros correspondientes a producción evaluados durante nuestro ensayo, se han obtenido las siguientes conclusiones.

Para el parámetro **kg.m⁻²**, (kg de cosecha recolectada por unidad de superficie), no se han observado diferencias significativas en los resultados obtenidos. Si se observó que los valores obtenidos en las plantas con aporte extra de oxígeno, en cuanto a kg producidos, eran ligeramente superiores a los valores de plantas sin aporte extra de oxígeno en riego.

Pero estas diferencias obtenidas fueron tan pequeñas que no podemos determinar que el aporte de oxígeno tenga una influencia a destacar en el parámetro **kg.m⁻²**.

Por el contrario, al estudiar el parámetro **frutos/m²** (número de frutos cosechados por unidad de superficie), si se observaron cambios estadísticamente significativos, donde las plantas enriquecidas con oxígeno en riego, produjeron un mayor número de frutos por unidad de superficie que las plantas testigo, donde el número de frutos obtenido fue menor.

Al comparar estos dos últimos parámetros, se aprecia que en kg recolectados por unidad de superficie no hubo cambios debidos a la oxigenación, pero si en el número de frutos, hecho que nos sugiere que la oxigenación tiene cierta repercusión en el % de frutos cuajados aunque no en los kg recogidos.

Por consiguiente, para los parámetros **kg/planta** y **frutos/planta**, sucede del mismo modo. No se apreciaron cambios significativos en los kg cosechados por planta con aportes de oxígeno extra, frente a plantas sin esos aportes, aunque si resultaron ciertos cambios en el numero de frutos, obteniéndose mayor cantidad de estos en plantas con aportes extras de oxígeno que en plantas donde no hubo aplicación de oxígeno extra en riego.

De manera que podemos concluir diciendo, que la aplicación de oxígeno extra disuelto en el riego no tiene influencia determinante en la cantidad (en kg) de cosecha recolectada, aunque para el número de frutos si se observaron cambios en el análisis estadístico, por tanto, obtenemos mayor número de frutos pero de menor tamaño, ya que la producción final en kg no varía de un tratamiento a otro.

6. BIBLIOGRAFÍA.

♦ ACUÑA, R., 2007. **Oxigenación en cultivos hortícola en sustratos de lana de roca y perlita en el litoral de Almería. Técnicas de mejora y efectos de los sustratos.** Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. Pp. 84 – 120.

♦ ADAMS, P., 2004. **Aspectos del manejo de los diferentes sustratos, su comparación, elección y factores medioambientales a considerar.** En: Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 111-262.

♦ ADAMS, P., 2002. **Nutricional Control in Hidroponics.** En: Hydroponics Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas, D. y Passam. Embryo Publications, Athen, Greece. Pp. 211 – 261.

♦ ALARCÓN, A.L.; MADRID, R; EGEA, C; RINCÓN, L., 1 997. **Respuesta del melón galia sobre lana de roca para diferentes aguas de riego y zonas de cultivo.** Actas de Horticultura, 18:439-444.

♦ ALCAYDE, F., 2009. **Evaluación de la respuesta productiva y cualitativa de un cultivo de melón cv. Vulcano, cultivado en distintos sustratos de lana de roca y bajo distintas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de riego.** Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

♦ ALIAGA, J.A., 1 999. **Evolución y Situación Actual de la Horticultura Intensiva en Almería.** En: Cultivo Sin Suelo II. Fernández, M. y Cuadrado, I. M. FIAPA. Pp.11-27.

♦ ANSORENA, J., 1994. **Sustratos. Propiedades y Características.** Ed. Mundi Prensa. Madrid.

♦ ARMSTRONG, W. 1979. **Aeration in higher plants.** Advances in Botanical Research. 7:225-332.

♦ BAIXAULI, C. Y AGULAR, J. M., 2002. **Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos.** Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

♦ BONACHELA, S.; VARGAS, J. A. Y ACUÑA, R., 2004. **Fertirrigación con una solución Nutritiva con Contenidos de Oxígeno Disuelto por encima de Saturación en un Cultivo de Sandía en sacos de Perlita en Invernadero.** En: IX Simposio Internacional sobre Cultivo sin Suelo e Hidroponía. ISHS, Working Group on Soiles Culture-ISOSC y el Departamento de Producción Vegetal de Universidad de Almería. Universidad de Almería. Almería. Pp. 10 - 11.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

◆ BUNT, A. C., 1991. **The Relationship of Oxygen diffusion Rate to the Air-Filled- Porosity of Potting Substrate**. En: Actas de Horticultura nº 294. Ed. R.U. Roeber. Inglaterra. Pp. 215 - 224.

◆ BURES, S., 1997. **Sustratos**. Ed. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid.

◆ CADAHÍA. C, 2005. **Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

◆ CAMACHO, F; FERNÁNDEZ, E., 2008. **Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo**. Ed. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid.

◆ CAMACHO, F., 2003. **Técnicas de producción en cultivos protegidos**. Volumen 1 y 2. Ed. Caja Rural Intermediterránea. Almería, España.

◆ CANTÓN-RAMOS, J.M. 1999. **Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos: El cultivo del melón en el poniente almeriense**. Ed. Caja rural de Almería.

◆ CASTELLANOS, D., 2006. **Aireación radical a bajo costo de hortalizas en sistemas de cultivo sin suelo con diferentes sustratos**. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

◆ CAZORLA, R., 2010. **Respuesta de un cultivo de melón (Cucumis Melo cv. Vulcano) en invernadero, cultivado sobre distintos tipo de lana de roca y bajo distintas condiciones de oxigenación en el agua de riego. Evaluación de la calidad de la producción y morfología**. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

◆ CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA. 2010. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera. Red de alerta e información fitosanitaria. [Web en línea]. Disponible en: <http://dgpa.besana.es/agentes/info.sintomas.do?agente=7&cultivo=7&page=2>. [Consultado el 19 de Octubre de 2011].

◆ COUTO, T; MAZUELA, P; GUILLÉN, C; VENTURA, F; URRESTARAZU, M., 2004. **Efecto de la aplicación de aire sobre los parámetros de fertirrigación en cultivo sin suelo**. En: IX Simposio Internacional sobre cultivo sin suelo e hidroponía. ISHS, Working Group on Soilless Culture-ISOSC y el departamento de producción vegetal de la Universidad de Almería. Universidad de Almería. Almería. Pp. 100.

◆ FAOSTAT. 2010. **Bases de datos estadísticos de FAO**. [Web en línea]. Disponible en: <http://faostat.fao.org>. [Consultado el 23 de Octubre de 2011].

◆ FERNÁNDEZ, M.; CUADRADO, I.M. 1999. **Cultivos sin suelo II. Curso Superior de Especialización**. Consejería de agricultura y pesca, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA) y Caja Rural de Almería.

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

♦ GAMAYO, J., 1999. **Cultivo de Melón Bajo Invernadero**. Vida Rural nº 97. Servicio de Desarrollo Tecnológico Agrario. Elche (Alicante).

♦ GARCIA, A., 2004. **Cultivo en lana de roca. Parte III**. En: Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 603-636.

♦ GIL, I., 2005. **Respuesta de un cultivo de melón en sustrato de lana de roca al aumento del oxígeno disuelto en la solución nutritiva y a la reutilización del sustrato**. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

♦ GÓMEZ-GUILLAMÓN, M.L; CAMERO, R; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.J., 1997. **El melón en invernadero**. En: Melones. Namesny, A. (coord.). Ed. Ediciones de Horticultura, S.L. Compendio de Horticultura nº 10. Barcelona. Pp. 67-77.

♦ HOLTMAN, W; VAN DUIJN, B; BLAAKMEER, A; BLOK, C., 2004. **Optimización de los niveles de oxígeno en el aparato radical como herramienta de cultivo efectiva**. En: IX Simposio Internacional sobre cultivo sin suelo e hidroponía. ISHS, Working Group on Soilless Culture-ISOSC y el departamento de producción vegetal de la Universidad de Almería. Universidad de Almería. Almería. Pp. 23-24.

♦ INFOAGRO, 2010. **El cultivo del melón**. [Web en línea]. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm. [Consultado el 20 de Octubre de 2011].

♦ JACKSON, M.B., 1980. **Aeration in the nutrient film technique al glasshouse produccionand the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide**. Acta Hort. 98:61-78.

♦ JUNTA DE ANDALUCÍA. **Observatorio de precios**. Consejería de agricultura y pesca. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/obsprecios/servlet/FrontControllerhttp> [Consultado el 5 de Noviembre de 2011].

♦ JUNTA DE ANDALUCÍA. **Anuario de Estadísticas Agrarias**. Consejería de agricultura y pesca. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal/DGPAgraria/Estadisticas/estadisticasagrarias?entrada=servicios&servicio=201>. [Consultado el 16 de Noviembre de 2011].

♦ JUNTA DE ANDALUCÍA. **Plagas de los cultivos**. Consejería de agricultura y pesca. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal/navegacion.jsp?entrada=tematica&tematica=271&subtematica=730>. [Consultado el 20 de Noviembre de 2011].

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

♦ LLURBA, M., 1997. **Parámetros a tener en cuenta en los sustratos**. En: Revista Horticultura N° 125 - Diciembre 1997.

♦ LÓPEZ, J. 1993. **Problemática general de los cultivos de invernadero en la zona de Almería. La hidroponía, elemento fundamental de las nuevas tecnologías de cultivo**. En: Cultivos sin suelo. Díaz, J.R; Cánovas, F. Ed. DGIFA y FIAPA. Almería. Pp. 17-25.

♦ MAGAN, J. J., 2008. **La agricultura sin suelo en la región mediterránea**. [publicado en línea]. Disponible en: www.canagua.com/es/pdf/agricultura.pdf. [Consultado el 10 de Septiembre de 2011].

♦ MARFÁ, O.; CACERES, R. Y GURI, S., 2004. **Oxifertigación: Una nueva Técnica para Cultivos sin suelo**. En: IX Simposio Internacional sobre Cultivo sin Suelo e Hidroponía. ISHS, Working Group on Soiles Culture-ISOSC y el Departamento de Producción Vegetal de Universidad de Almería. Universidad de Almería. Almería. Pp. 25.

♦ MARFÁ, O. Y GURI, S., 1999. **Física de sustratos y oxigenación del medio radicular**. En: Curso Superior de Especialización sobre cultivos sin suelo II. Canovas, F. y Díaz, J. R. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria: FIAPA: Caja Rural de Almería. Pp. 93-106.

♦ MARFÁ, O., 1998. **Física, hidrología y oxigenación en los sustratos para cultivos sin suelo. Riegos y drenajes**. 101:39-44.

♦ MAROTO, J. V., 2002. **Hortalizas aprovechables por sus frutos**. En: Maroto, J. V. Horticultura herbácea especial. 5ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 401-618.

♦ MAROTO, J.V., 1997. **Calendario de Producción en Melón**. En: Melones. Namesny, A. (coord.). Compendio de Horticultura n° 10. Ediciones de Horticultura, S.L. Barcelona. Pp. 51-57.

♦ MAROTO, J.V., 1995. **Horticultura herbácea especial**. Ed. Mundi.Prensa. Madrid. 3º Ed.

♦ MARTÍNEZ, E.; GARCÍA, M. 1993. **Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo**. Ediciones de Horticultura. Reus.

♦ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, RURAL Y MARINO. **Anuario de Estadística Agroalimentaria**. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>. [Consultado el 17 de Octubre de 2011].

♦ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, RURAL Y MARINO. **Registro de Productos Fitosanitarios**. [Web en línea]. Disponible en:

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

<http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro/menu.asp>. [Consultado el 2 de Octubre de 2011].

♦ MOLINA, X. 1996. **Efectes de l'Aplicació d'Oxigen a l'Agua de Reg.** Departamento de producciones Agrarias. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Barcelona.

♦ MORAD, P., 1995. **Etude, de l'oxygenation du Systeme racinaire.** En: Les cultures végétales hórns-sol. Ed. SARL pub. Agric.Agen Francè. Pp. 245-252.

♦ NAMESNY, A., 1999. **Melones.** Ed. Ediciones de Horticultura.

♦ OROZCO, R; GSCHWANDER, S; MARFÁ, O., 1997. **Substrate classification from particle size analysis.** Acta Hort. 450:397:404.

♦ PAPADOPOULUS, A. P. Y HAO, X., 2002. **Interactions between Nutrition an Enviromental Conditions in Hidroponics.** En: Hydroponics Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas, D. y Passam. Embryo Publications, Athen, Greece. Pp. 413 – 445.

♦ QUEROL, M.A., 2004. **Determinación de la dosis y frecuencia de aplicación de un liberador de oxígeno en melón en cultivo sin suelo.** Escuela Politécnica. Universidad de Almería.

♦ RECHE, J., 2008. **Cultivo del melón en invernadero.** Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

♦ RESH, H.M., 2001. **Cultivos hidropónicos 5º Ed.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

♦ RIVIÈRE, L.M; CHARPENIER, D; JEANNIN, B; KAFKA, B., 1993. **Oxygen concentration of nutrient solution in mineral wools.** Acta Hort. 342:93:101.

♦ SALAS SANJUAN, M.C. 2001. **Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo.** Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.

♦ SÁNCHEZ, M.J., 2008, **Evaluación de un sistema de oxigenación del agua de riego sobre un cultivo de tomate cherry (Lycopersicon esculentum var. Cerasiforme) en varios tipos de sustrato de lana de roca,** Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

♦ SANDOVAL, C., 2004. **MANUAL TECNICO. Manejo integrado de Enfermedades en cultivos hidropónicos.** [publicado en línea]. Disponible en: www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/integra1.pdf. [Consultado el 20 de Octubre de 2011].

Efecto sobre parámetros productivos y morfológicos en un cultivo de melón sobre diversas tablas de lana de roca con y sin oxigenación en riego.

◆ SCHNITZLER, W.H; GRUDA, N.S., 2002. **Hydroponics and Product Quality**. En: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas, D. y Passam. Embryo Publications, Athen, Greece. Pp. 263 – 298.

◆ SCHRÖDER, F. G. Y LIETH, J. H., 2002. **Irrigation Control in Hidroponics**, En: Hidroponic Production of Vegetables and Ornamental. En: Hydroponics Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas, D. y Passam. Embryo Publications, Athen, Greece. Pp. 263 - 298.

◆ SCHWARZ, M., 1995. **Soiless Culture Management**. Ed. Springer-Verlag. Berlín. Alemania.

◆ TERRES, V.; ARTETXE, A.; BEUNZA, A. 1997. **Caracterización física de los sustratos de cultivo**. En: Revista Horticultura N° 125 - Diciembre 1997.

◆ TORRES, J.M., 1997. **Los tipos de melones comerciales**. En: Melones. Namesny, A (coord.). Compendio de horticultura n° 10. Ed. De Horticultura, S.L. Barcelona. Pp. 13-19.

◆ URRESTARAZU, M., 2004. **Bases y sistemas de los cultivos sin suelo**. En: Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 3-37.

◆ URRESTARAZU, M; MAZUELA, P., 2005. **Effect of slow-release oxygen supplí by fertigation on horticultural crops. Under soiless culture**. Hort Science 41:1729-1730.

◆ VANACHTER, A; THYS, L; VAN WAMBEKE, E; VAN AASSCHE, C., 1988. **Posible use of ozon for desinfestation of plant nutrient solutions**. Acta Hort. 221:259-301.

◆ VARGAS, J.A., 2001. **Uso de la oxifertirrigación en un cultivo en Sandía en sustrato de perlita en un invernadero de El Ejido (Almería)**. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

◆ VEGA, M; RAYA, J.L., 2000. **Cultivo de Lana de Roca. Parte I**. En Manual de Cultivo Sin suelo. Urrestarazu, M. (coord.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería. Almería. Pp. 481-499.

◆ VENTURA, F.J., 2004. **Influencia de la aireación de la rizosfera en el desarrollo de plantas horticolas cultivadas en sustratos**. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

◆ ZAPATA, M., 1989. **El melón**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.