

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Evaluación técnica y económica de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en cultivo de melón (*Cucumis melo*) bajo macrotúnel en " Zamorano

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Diana Westfalia Morán Puente

Honduras
Diciembre, 2002

RESUMEN

Morán Puente, Diana. 2002. Evaluación técnica y económica de cuatro programas de fertilización Y dos sustratos en cultivo de melón (*Cucumis melo*) bajo macrotúnel en El Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 74 p.

Muchos son los factores que intervienen en el bajo rendimiento y la mala calidad de la producción de melón y la nutrición vegetal es uno de los principales. Este trabajo buscó alternativas a la problemática por dos vías; primero, evaluando programas de fertirrigación y segundo, comparando sustratos de cultivo. El ensayo se realizó entre mayo y septiembre de 2002 en el macrotúnel B de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos de Zamorano, Honduras, utilizando la variedad Durango. Se usó un diseño de parcelas divididas en bloques, evaluando cuatro programas de fertilización: solución hidropónica, extracciones periódicas del cultivo, plan de fertilización de las Islas Canarias y fertilización de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (testigo). Se probaron dos sustratos: semi-hidropónico (50% casulla + 25% compost + 25% arena) y el sustrato de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (testigo) (50% casulla + 40% compost + 10% arena). Las variables agronómicas evaluadas fueron: rendimiento total, comercial y no comercial (número de frutos por hectárea y por planta y peso promedio del fruto), índice de redondez del fruto y grados Brix. El análisis económico incluyó la utilidad bruta, relación beneficio/costo, presupuestos parciales, análisis de dominancia y de retorno marginal en tres escenarios económicos (esperado, pesimista y optimista), en los que se varió el precio y rendimiento comercial. El efecto del sustrato únicamente mostró diferencias significativas en el peso promedio del fruto, el sustrato testigo obtuvo mayor peso (176 g más que el sustrato semi-hidropónico). En el rendimiento total y comercial la solución hidropónica produjo mayores rendimientos (10.16 t/ha más sobre el promedio del ensayo de 37.04 t/ha). En cuanto al número de frutos por hectárea y por planta la solución hidropónica produjo más melones comerciales que el resto de los tratamientos (0.33 melones más por planta que la media del ensayo de 1047). La solución nutritiva y la fertilización testigo alcanzaron el mayor peso por fruto (5.5% más sobre el promedio de los tratamientos de 1,146 g/fruto). En grados Brix, el método de extracciones resultó con valores más altos (0.77 grados Brix más sobre la media de 9.74). La fertilización de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos en el sustrato testigo alcanzó la máxima utilidad por ciclo (24,885 lps/ha) y tasa de retorno marginal (1194%). Lo que evidenció que la utilización de la metodología de cultivos hidropónicos resultó en un aumento de la productividad, pero no de la rentabilidad del proceso productivo.

Palabras clave: Concepciones de fertirrigación, fertilizantes, hidroponía, nutrición vegetal.

CONTENIDO

	Portadilla	1
	Autoría	n
	Página de firmas	III
	Dedicatoria	IV
	Agradecimiento	V
	Agradecimiento a patrocinadores	VI
	Resumen	VII
	Nota de prensa	VIII
	Contenido	IX
	Índice de cuadros	XI
	Índice de figuras	XIV
	Índice de anexos	xv
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	ANTECEDENTES	2
2.2	FERTIRRIGACIÓN	2
2.2.1	Programación de la fertirrigación	3
2.2.2	Información básica necesario	3
2.2.2.1	Características del sustrato	4
2.2.2.2	Agua de riego	4
2.2.2.3	Manejo y aportación de los fertilizantes	5
2.2.2.4	Fertilizantes utilizados en la fertirrigación	5
2.2.2.5	Fertilizantes nitrogenados	7
2.2.2.6	Fertilizantes fosfatados	7
2.2.2.7	Fertilizantes potásicos	8
2.2.2.8	Fertilizantes de calcio y magnesio	8
2.2.3	Concepciones de fertirrigación	10
2.2.3.1	Método de extracciones	10
2.2.3.2	Método de solución nutritiva	11
2.3	NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DEL MELÓN	16
2.3.1	Secuencia de la absorción de los elementos minerales	17
2.3.2	Desequilibrios en la nutrición	18
2.3.2.1	Nitrógeno	19
2.3.2.2	Fósforo	19
2.3.2.3	Potasio	19
2.3.2.4	Calcio	19
2.3.2.5	Magnesio	19
2.3.2.6	hierro	20
2.3.2.7	Manganeso	20
2.3.2.8	Zinc	20
2.3.2.9	Boro	20

2.3.2.10	Molibdeno.....	20
2.4	S USTRA TOS.....	20
2.4.1	Tipos de sustratos.....	20
2.4.2	Propiedades de los sustratos.....	21
2.4.2.1	Propiedades físicas.....	22
2.4.2.2	Propiedades químicas.....	23
2.4.2.3	Propiedades biológicas.....	24
2.4.2.4	Otras propiedades.....	25
3.	MATERIALES y MÉTODOS.....	26
3.1	ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO	26
3.1.1	Tratamientos	26
3.1.2	Fertilizaciones.....	27
3.1.2.1	Solución nutritiva.....	27
3.1.2.2	Programa de fertilización.....	29
3.1.2.3	Método de extracciones.....	30
3.1.2.4	Fertilización ZECI	31
3.1.3	Sustratos.....	31
3.2	MANEJO AGRONÓMICO.....	31
3.3	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
3.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	34
4.	RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	35
4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
4.1.1	Variables agronómicas	35
4.1.1.1	Variables rendimiento total, comercial y no comercial.....	35
4.1.1.2	Número de frutos totales, comerciales y no comerciales por hectárea.....	39
4.1.1.3	Número de frutos totales, comerciales y no comerciales por planta	40
4.1.1.4	Peso promedio de frutos total, comercial y no comercial.....	43
4.1.1.5	Redondez promedio de frutos.....	46
4.1.1.6	Grados brix	47
4.1.2	Variables económicas	48
4.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	53
4.2.1	Escenario esperado	54
4.2.2	Escenario pesimista.....	55
4.2.3	Escenario optimista.....	57
5.	CONCLUSIONES	60
6.	RECOMENDACIONES	62
7.	BIBLIOGRAFÍA	63
8.	ANEXOS.....	65

1. INTRODUCCIÓN

En Honduras, desde finales de la década de los setenta, el melón se destaca como un cultivo no tradicional de exportación constituyendo una fuente importante de ingresos en la zona sur del país. Sin embargo, los volúmenes de producción requeridos exigen que los sistemas de producción sean más eficientes de lo que son actualmente.

En general uno de los mayores problemas con que se enfrentan los productores es el no alcanzar las utilidades que deberían por no obtener el potencial de producción de frutos esperados en las variedades seleccionadas.

La tendencia en la agricultura intensiva actual enfatiza en el perfeccionamiento del manejo cultural, el máximo aprovechamiento de los recursos hídricos manteniendo una nutrición mineral ajustada y acorde con cada estado fenológico del cultivo y el logro de condiciones ambientales óptimas para el desarrollo del mismo a través del uso de estructuras de protección. El objetivo es aproximarse lo más posible al rendimiento potencial máximo del cultivo y al mayor beneficio económico.

Muchos son los factores que intervienen en el rendimiento y la calidad de la producción, sin embargo la nutrición vegetal es uno de los principales debido al grado de extracción de nutrimentos de la planta en los sistemas intensivos, la pobre fertilidad de los suelos y al efecto del suministro y absorción de compuestos químicos en el crecimiento y metabolismo.

Ante esto, este trabajo de investigación pretende buscar alternativas a la problemática por dos vías, primero, evaluando programas de fertirrigación que al aportar los nutrimentos en forma exacta y uniforme controlan su tasa de aplicación y optimizan la fertilización. Segundo, comparando sustratos de cultivo que permitan un control eficiente de la disponibilidad de agua y nutrientes y restrinjan los problemas de enfermedades radiculares.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

El melón (*Cucumis melo*), perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, parece ser una especie originaria del África tropical, pero en la India se encuentra su punto de dispersión, expandiéndose a partir de allí en todas las direcciones (Gamayo, 1991).

Con la internacionalización del comercio y la mejora de la logística los mercados consumidores de frutos y hortalizas del norte de Europa y Estados Unidos comenzaron a conocer el melón y a incluirlo en sus hábitos alimenticios, dejando de ser un producto de consumo local en las áreas de producción para pasar a ser un fruto conocido y cotizado en el mundo desarrollado (Namesny et al., 1997).

Se pueden encontrar cultivos de melón en diversas zonas del mundo y en condiciones agronómicas diversas, comprobándose que cada año es mayor la superficie de producción o la intensificación de los sistemas de cultivo. Dentro de la intensificación de cultivos, las técnicas permiten influir sobre las características de producción; de esta manera, el cultivo del melón bajo invernadero pretende ante todo adelantar la recolección con una buena calidad de fruto, para lo que se atiende principalmente el aspecto externo, color y contenido en azúcar. Sin embargo el cultivo intensivo no puede concebirse sin el uso de algún sistema de riego (Gamayo, 1991).

En este contexto, según Cadahía (2000), el riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional con relación a la utilización de aguas salinas y al ahorro de agua.

2.2 FERTIRRIGACIÓN

Se denomina fertirrigación a la aportación de nutrientes junto con el agua en riegos localizados de altas frecuencia. En numerosos estudios se ha demostrado que la fertirrigación mejora la productividad del melón elevando la eficiencia del agua de riego y de los fertilizantes (Namesny et al., 1997).

Según Soler y Arroyo (1998), las ventajas de este sistema se pueden concretar en:

- La dosificación de los fertilizantes es puntal y racional.
- Se optimiza la nutrición vegetal, aportando los nutrimentos de forma paralela a la actividad fotosintética de la planta.

- Aumentos potenciales de los rendimientos y de la calidad de las producciones.
- Mejora del control de las pérdidas de nutrientes al medio.
- Aumento de la eficiencia fertilizante, tanto técnica como económica.
- Posibilidad de automatizar el riego y la fertilización.
- Ahorro de mano de obra y aumento de la facilidad de manejo.

por otro lado, los posibles inconvenientes que presenta el sistema son:

- Requiere una inversión inicial alta.
- Posibilidad de producirse obturaciones en los goteros y tuberías, además del mantenimiento de la instalación.
- Requiere una cierta calificación de los operarios del sistema.
- Utilización de fertilizantes de mayor precio y distintos a los convencionales.

2.2.1 Programación de la fertirrigación

Según Soler y Arroyo (1998), la fertirrigación admite dos concepciones distintas en su programación.

En un primer caso las exportaciones del cultivo, teniendo en cuenta los equilibrios de nutrientes más adecuados en cada fase del ciclo, se restituyen aportando distintas cantidades de fertilizantes repartidas en sucesivos riegos, manteniendo en el agua una salinidad y un pH adecuado. La concentración máxima de fertilizantes en el agua de riego viene definida por el máximo incremento admisible de la conductividad eléctrica (CE); siendo normalmente 1 mS/cm por encima del agua de entrada, para una conductividad final (agua con fertilizante disuelto) de 2 a 3 mS/cm. Además, se suele controlar el pH del agua, que debe ser preferentemente ácido para evitar precipitaciones de sales cálcicas y limpiar el sistema de riego.

En una segunda concepción de la fertirrigación, se aplican disoluciones de fertilizantes ideales para cada cultivo (determinadas previamente en hidroponía), optimizadas para cada situación agro climática, suelo y agua de riego, aplicándolas en el ciclo del cultivo a medida que se aportan los riegos. Se controla además en la solución nutriente el pH Y la CE.

2.2.2 Información básica necesaria

Como se ha mencionado, la fertirrigación incluye conjuntamente dos factores muy importantes de la producción agrícola como son el agua y los fertilizantes.

Según Namesny et al. (1997), no debe concebirse la utilización de la fertilización sin que las demandas de agua y nutrientes por los cultivos sean satisfechas con elevada eficiencia. Por otra parte el suministro de nutrientes en el volumen de sustrato humedecido por los goteros presenta un comportamiento en el sustrato y una respuesta de la planta distinta de las técnicas tradicionales de cultivo.

A este respecto, equilibrio, concentración e interacción entre nutrientes son las variables a optimizar en el sustrato para que la absorción de las plantas se produzca de forma equilibrada, evitando deficiencias o excesos que mermen el rendimiento.

2.2.2.1 Características del sustrato. El conocimiento de la fertilidad del sustrato y de sus características físico-químicas a través de los análisis correspondientes es imprescindible. Existe cierta inclinación a basarse en el análisis periódico del sustrato para programar la fertirrigación. En este aspecto es importante considerar que en los sistemas de riego por goteo, la capacidad del sustrato como reserva mineral disminuye en un porcentaje muy elevado, al estar las raíces de las plantas concentradas en los volúmenes de sustrato humedecidos por los goteros (bulbos húmedos). En estos bulbos la extracción de agua y elementos nutritivos por la planta es muy elevada, agotándose la reserva en cortos períodos de tiempo, lo que obliga a su reposición con mayor frecuencia.

En el manejo del agua y los nutrientes se debe tender a equilibrar las aportaciones con la demanda de la planta. La programación de la fertirrigación basada en el análisis de sustrato es muy limitada. Los valores obtenidos están sometidos a una serie de variables como son la distancia al punto de goteo, profundidad, humedad del sustrato y dinámica de nutrientes en el bulbo principalmente, lo que da lugar a tomar decisiones poco fundamentadas limitando la programación.

El análisis de sustrato es útil sobre todo para conocer las características físicas-químicas que pueden afectar el comportamiento y eficacia de los fertilizantes.

2.2.2.2 Agua de riego El conocimiento de la composición química del agua de riego, será imprescindible para saber la cantidad de nutrientes que aporta, pH, salinidad, niveles de iones tóxicos que puedan afectar a la productividad del cultivo y reacciones con los fertilizantes.

Según Rincón y Jiménez (1991), en el caso específico del melón, aguas que contengan 3 meq/l de calcio y 2 meq/l de magnesio o más, compensan las necesidades del cultivo para un consumo total de agua de 400 mm, aunque en los períodos donde las extracciones superan a las aportaciones habrá que suplir las cantidades necesarias de calcio con nitrato de calcio.

En el caso de utilizar aguas salinas, la aportación de nitrógeno y potasio en fertirrigación debe ser continua para contrarrestar la presencia de iones de cloro y sodio, elevando las dosis de nitratos en 5 - 10% cuando la concentración de cloruros en agua de riego supere los 10 meq/l y las de potasio en un 10-15% cuando la concentración de sodio supere los 8 meq/l.

El riego con agua salina presenta un alto riesgo de precipitaciones de carbonato de calcio y magnesio. Como medida preventiva deberá bajarse a 6.0 el pH de la solución de riego

(con o sin fertilizante) durante todo el tiempo de riego. A su vez esto contribuye a mejorar las condiciones de absorción de nutrientes por las plantas.

2.2.2.3 Manejo y aportación de los fertilizantes El melón es un cultivo con exigencia media en nutrientes. El equilibrio medio N/K es de 1/1.5 en las primeras fases del cultivo y de 1/2 a 1/3 en las fases de desarrollo del fruto, diferenciándose de la mayoría de los cultivos hortícolas en los que el equilibrio medio N/K es de 1/1.5 - 1/1.65, lo cual debe tenerse presente para conseguir alta calidad de fruto.

La frecuencia de la aportación de los fertilizantes será la misma que la del riego, evitando acumular cantidades que pudieran dar lugar a concentraciones elevadas de uno o más nutrientes en el bulbo, con riesgo de que se produzcan fenómenos de antagonismo y sinergismo. Para mantener en el tiempo la concentración y equilibrio de los nutrientes en el suelo, el equilibrio de las cantidades de fertilizantes aportadas en el agua de riego deberá ser igual al de las extracciones realizadas por el cultivo.

Se debe tener en cuenta el movimiento de los nutrientes en el bulbo húmedo a efecto de minimizar las pérdidas por percolación. Nitrógeno y calcio se desplazan en profundidad junto con el agua de riego, mientras que el potasio es desplazado a los bordes de los bulbos humedecidos por los goteros. El fósforo queda retenido cerca de los puntos de goteo.

Se recomienda que la inyección de nutrientes en el agua de riego se haga durante el primer 90% del tiempo de riego, regando el último 10% con agua acidulada para eliminar todas las sales fertilizantes del agua y evitar obturaciones por precipitados químicos (Namesnyet al., 1997).

2.2.2.4 Fertilizantes utilizados en fertirrigación En primer lugar, la característica lógica y esencial de los fertilizantes usados en fertirrigación es que sean solubles en agua, con el fin de obtener en disolución los elementos contenidos por los mismos.

Se debe tener en cuenta que los fertilizantes son sales que elevan la concentración salina inicial del agua de riego (modificando su CE), por lo que no se deben utilizar cantidades excesivas que superen los valores críticos de salinidad de cada cultivo.

Además, al mezclarse con el agua de riego, modifican el pH de la disolución resultante, representando riesgos de precipitación a pH alto y evitando obturación en los goteros a pH bajo. Sin embargo, debe comprobarse que el pH de la solución de riego en los goteros sea de 5.5 a 6.0.

En fertirrigación, como aporte de macronutrientes se pueden utilizar fertilizantes tanto sólidos como líquidos:

Los fertilizantes sólidos, suelen ser sales puras cristalinas de solubilidad muy elevada. Su principal inconveniente es la necesidad de una solubilización previa en agua. Dentro de

los sólidos se encuentran los simples cristalinos y complejos. Los fertilizantes simples son aquellas sales binarias que aportan uno o dos elementos nutritivos. Los fertilizantes complejos contienen dos o más elementos fertilizantes y proceden de reacciones químicas.

Los fertilizantes líquidos pueden ser también simples (ácido nítrico y fosfórico concentrado), NPK ácidos y NPK neutros. Pueden adquirirse con el equilibrio adecuado para el cultivo (fertilizantes "a la carta") o bien preparados a partir de fertilizantes sólidos solubles con unos equilibrios definidos.

por otro lado, se denomina micronutrientes u oligoelementos a aquellos elementos nutritivos que, siendo esenciales, son utilizados por las plantas en cantidades relativamente bajas. Entre ellos, los micronutrientes metálicos hierro, manganeso, cobre y cinc están presentes en suelo y sustratos principalmente como óxidos o hidróxidos u otras sales bastante insolubles, y cuya solubilidad es mínima a pH básicos. El boro y el molibdeno, necesarios en cantidades aun menores que los micronutrientes metálicos, son más solubles. El cloro es un micronutriente atípico, ya que, a pesar de ser requerido en bajas cantidades suele estar presente tanto en sustratos como en agua y fertilizantes, por lo que su problemática sería su contenido en exceso.

Para la preparación de las disoluciones fertilizantes se debe tener en cuenta las posibles incompatibilidades entre los fertilizantes añadidos entre sí (cuadro 1) Y con los elementos presentes en el agua de riego, e incluso las reacciones que va a sufrir el producto cuando se ponga en contacto con el sustrato de cultivo. La incompatibilidad más importante se produce cuando los fertilizantes mezclados dan lugar a precipitados (Cadahía, 2000).

Cuadro 1. Compatibilidad química de la mezcla de algunos fertilizantes solubles

NO ₃ NH ₄									
C	UREA								
C	C	(NH ₄)SO ₄							
C	C	C	(NH ₄)HPO ₄						
C	C	C	C	NH ₄ H ₂ PO ₄					
C	C	C	C	C	KCl				
C	C	C	C	C	C	K ₂ SO ₄			
C	C	C	C	C	C	C	KNO ₃		
C	C	I	I	I	C	I	C	Ca(NO ₃) ₂	

C= ccompat

I= Imcomp.

Giménez (1996) resume los fertilizantes solubles más utilizados en fertirrigación:

2.2.2.5 Fertilizantes nitrogenados Se describen a continuación:

Nitrato de amonio

Es el fertilizante nitrogenado sólido más soluble con una riqueza mínima de 33.5% en el que la mitad es nitrógeno nítrico y la otra mitad amoniacal. Baja el pH del agua de riego aun en dosis bajas lo que indica que no induce precipitaciones cálcicas y que en aguas de buena calidad basta para la limpieza de los goteros. En cuanto a su CE, no conviene sobrepasar la dosis máxima de 0.75 g/l siendo la ideal 0.5 g/l. Para conocer el aumento de CE (mS/cm) en el agua de riego causada por la aplicación de este fertilizante se multiplica los g/l que se piensan utilizar por 1.49.

Sulfato de amonio

Es el fertilizante sólido nitrogenado de menor graduación pues tan sólo tiene un 21 % de nitrógeno. Se destaca su acidez y salinidad algo elevada por lo que no se recomienda su utilización a dosis superiores a 0.5 g/l. Para hallar el aumento de CE que se produce en el agua de riego, aproximadamente, basta multiplicar los g/l que se incorporan por 2.14. La principal ventaja que aporta este fertilizante es su contenido en azufre 10 que lo hace muy interesante cuando se utiliza agua de muy buena calidad.

2.2.2.6 **Fertilizantes fosfatados** Prácticamente sólo han sido dos los fertilizantes que se han utilizado habitualmente: el fosfato monoamónico y el ácido fosfórico. Existe otro tipo de fertilizante especial para goteo, como es el fosfato monopotásico, pero su uso está restringido por su alto costo.

Fosfato monoamónico

Es el fertilizante fosfatado sólido más utilizado en riego por goteo. Es fuertemente acidificante y es poco salino si se tiene en cuenta la alta concentración de nutrientes que posee, por lo que se puede llegar a utilizar hasta 1 g/l. Si se quiere saber en cuánto aumenta la CE del agua de riego, basta multiplicar los g/l a aplicar por 0.8. Es un producto ideal para las primeras fases de los cultivos hortícolas ya que hasta prácticamente el primer estadio se tendrá nitrógeno suficiente con este tipo de fertilizante.

Ácido fosfórico

Con la llegada del riego por goteo se empezó a utilizar como limpiador y posteriormente como fuente de fósforo. La concentración en ácido puede variar de un 50 a un 85%,

siendo el más utilizado el de 70 a 75% de riqueza en ácido. No conviene sobrepasar los 0.5 g/l en el agua de riego para no subir excesivamente la CE cuyo aumento se obtiene multiplicando los g/l por 1.7. Es importante tener en cuenta que el ácido fosfórico no debe mezclarse con otros fertilizantes que contengan calcio, magnesio o bien sales de hierro, tanto orgánicas como inorgánicas puesto que se producirían precipitados.

2.2.2.7 Fertilizantes potásicos En un principio solo se utilizaba el nitrato de potasio como fertilizante potásico para el riego por goteo, pero actualmente se puede disponer en el mercado de sulfato y cloruro de potasio, dos productos que al no contener nitrógeno se presentan como fuentes interesantes para cultivos hortofrutícolas, en particular los que dan fruto como el melón.

Nitrato de potasio

Es el fertilizante potásico más utilizado, con todas sus ventajas e inconvenientes, ya que incorpora nitrógeno (13-0-46), que si bien en los primeros estadios del cultivo como melón es conveniente, no resulta lo mismo en los [males del ciclo que sería preferible usar potasio solo. No conviene sobrepasar los 0.75 g/l con el fin de no elevar excesivamente la CE, la que se calcula multiplicando los g/l por 1.2. Presenta una reacción ligeramente básica.

Sulfato de potasio

Incorpora azufre pero su solubilidad no es muy elevada, además es incompatible con sales cálcicas en disoluciones concentradas.

2.2.2.8 Fertilizantes de calcio y magnesio Se describen a continuación los principales:

Nitrato de magnesio

Aporta nitrógeno en forma nítrica lo que favorece la asimilación de magnesio por la planta. Cabe resaltar el carácter ácido que se produce en el agua de riego, 10 que ayuda a la limpieza de la instalación, y que no conviene utilizar más allá de 1 g/l con el fin de no salinizar excesivamente. 1 g/l de este fertilizante sube la CE en 0.86.

Nitrato de calcio

El interés de este fertilizante radica precisamente en el calcio, ya que como fertilizante nitrogenado resulta extremadamente caro. Es ligeramente ácido y no conviene superar la dosis de 1. g/l. Cada g/l utilizado produce un aumento de CE de 1. 11.

sulfato de magnesio

Es generalmente la fuente de magnesio empleada en fertirrigación ante situaciones potenciales de carencia de magnesio, ya que se aporta azufre y el magnesio adicional necesario sin modificar el equilibrio N, P, K. Es un fertilizante que provoca incrementos de conductividad eléctrica bajos.

En el cuadro 2 se resume los fertilizantes utilizados en fertirrigación y sus principales características y en el cuadro 3 se presenta los ácidos fertilizantes, su densidad y riqueza.

Cuadro 2. Características de los fertilizantes usados en fertirrigación

Fertilizante	Fórmula	Riqueza %	P.m	P.eq.
Nitrato de amonio	NO ₃ NH ₄	N-33.5	53.5	53.5
Sulfato de amonio	SO ₄ (NH ₄) ₂	N-21 S-24	132.15	66.1
Nitrato de calcio	(NO ₃) ₂ Ca·4H ₂ O	N-15.5 Ca-17	236.16	118.1
Fosfato Monopotásico	PO ₄ H ₂ K	P2O ₅ -53 K ₂ O-34	120.1	120.1
Fosfato monoamónico	PO ₄ H ₂ NH ₄	P2O ₅ -61 N-11	115.04	115.04
Ácido Fosfórico 75%	PO ₄ H ₃	P2O ₅ -52	98	32.66
Nitrato de potasio	NO ₃ K	P2O-46 N-13	101.1	101.1
Sulfato de potasio	SO ₄ K ₂	K ₂ O-50 S-18	174.27	87.13
Sulfato de magnesio	SO ₄ Mg·7H ₂ O	Mg-10 S-13	246.5	123.25
Ácido Nítrico 5%	NO ₃ H	N-12.6	63	63
Molibdato amónico	Mo ₇ O ₂₄ (NH ₄) ₆ ·4H ₂ O	Mo-57.7	1235.9	205.99
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃) ₂	N-11 MgO-16	148	74

P.m.: Peso molecular P.eq.: Peso equivalente

Fuente: Namesny et al. 1997.

Cuadro 3. Características de los ácidos utilizados en fertirrigación

Densidad	Riqueza del ácido en %			
	HN03	HPO4	H2S04	HCL
1.10	---	--	15	20
1.20	33	34	27	40
1.23	37			---
1.30	48	46	39	---
1.37	59			---
1.40	65	58	50	---
1.50	95	69	60	---
1.58	---	75		---
1.60	--	77	69	---
1.70	--	86	77	---

Fuente: Martínez y García. 1993.

2.2.3 Concepciones de fertirrigación

2.2.3.1 Método de extracciones La información disponible en relación con la extracción de nutrientes por el cultivo está referida en la mayoría de los casos a los valores de extracciones totales de macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) siendo muy pocos los datos disponibles sobre la demanda periódica de éstos (cuadro 4).

Cuadro 4. Extracciones totales de macroelementos del melón según diversos autores

Fuente	Rendimiento t/ha	Nutrientes kg/ha				
		N	P20S	K20	Ca	Mg
Anstett (1965)	67	283	137	503	295	46
Chaux (1972)	15-20	50	20	100		
Rincón (1996)	50-55	205	80	500	165	85
Robin(1957)	24	122	17	229		
Tbomson & Kelly (1957)	16.3	56.2	17.2	101.2	69.7	10

Fuente: Namesny A. et al. 1997.

Namesny et al. (1997) indica que el conocimiento de las extracciones totales de nutrientes no es suficiente para realizar una fertirrigación eficiente. Las ventajas de la fertirrigación se basan en aplicar los nutrientes directamente a la zona radicular dosificando las aportaciones según la demanda de la planta. Para ello es necesario saber la demanda de nutrientes por la planta en función del tiempo (extracciones periódicas) de las que se deducen las cantidades de fertilizantes que se tiene que aportar a lo largo del período de cultivo (cuadro 5).

Cuadro 5. Extracciones periódicas de nutrientes del melón

Intervalo (días)	N (kg/ha)		P2O5(kg/ha)		K2O (kg/ha)		Ca (kg/ha)		Mg(kg/ha)	
	Total	Día	Total	Día	Total	Día	Total	Día	Total	Día
0-35	10	0.3	1	0.03	15	0.5	14	0.40	5	0.15
35-65	40	1.3	5	0.16	60	2.0	60	3.00	20	0.70
65-85	70	3.5	16	0.80	110	5.5	56	2.80	25	1.25
85-105	60	3.0	25	1.25	105	5.25	25	1.25	15	0.75
105-125	30	1.0	32	1.60	1000	5.0	10	0.50	10	0.50
125-150	15	0.5	10	0.60	60	3.0	---	---	10	0.50
Total	225	---	89	---	450	--	165	---	85	---

Fuente: Rincón et al 1996

La figura 1 muestra las relaciones porcentuales de extracción de cada uno de los nutrientes principales en las distintas etapas fenológicas en el cultivo de melón.

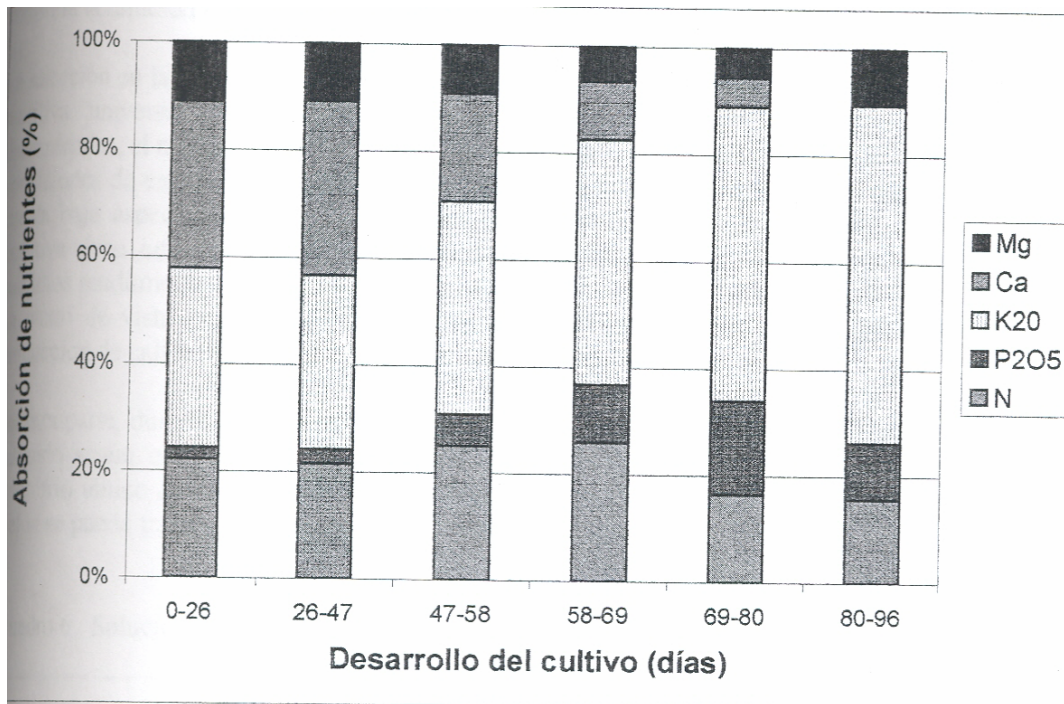


Figura 1. Relación de las extracciones periódicas de nutrientes en melón de variedad precoz

Lo anterior resume la información básica para la programación de fertilización basada en las extracciones de nutrientes del cultivo, sin embargo la segunda concepción de fertirrigación trabaja sobre la base de soluciones nutritivas.

2.2.3.2 Método de solución nutritiva Según Cadahía (2000) la idea básica para el estudio de la fertirrigación para diferentes suelos y sustratos tiene como punto de partida el sistema hidropónico con el fin de determinar previamente la disolución nutritiva ideal con las concentraciones de nutrientes optimizadas.

Al centrar el tema de la fertirrigación es necesario conocer los diferentes pasos del proceso:

En primer lugar, se debe preparar adecuadamente el sustrato del que debe nutrirse la planta para que la aplicación de fertilizantes en el riego tenga la máxima eficacia. Luego se toma una solución fertilizante optimizada en hidroponía y, para fertirrigar adecuadamente, se estudia la incidencia del agua de riego y el sustrato sobre la composición final de la fórmula de abonado. Cuando se ha deducido la composición de la

disolución fertilizante, en cuanto a los diferentes nutrientes que la constituyen, se deducen los productos fertilizantes correspondientes según los materiales disponibles. El control del pH, la CE y concentración de nutrientes en la disolución fertilizante de gotero s confirma la dilución correspondiente.

La selección en la absorción de elementos nutritivos por la planta a partir de una solución nutritiva "universal", puede explicar, desde el punto de vista fisiológico y condiciones determinadas, el no variar el equilibrio iónico durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, en condiciones de explotaciones comerciales, la alimentación de la planta se debe tener en cuenta bajo aspectos técnicos y económicos. Desde un aspecto técnico, la solución nutritiva debe cubrir en cada instante las necesidades de la planta para obtener los máximos rendimientos, evitando la posibilidad de deficiencia y consumos de lujo. Desde un punto de vista económico, entre otros aspectos cabe mencionar el garantizar una producción de calidad minimizando tratamientos fitosanitarios.

Por otra parte, durante el cultivo, la absorción de nutrientes por la planta no es constante, variando según etapa fenológica y condiciones climáticas, lo que requiere adaptar el equilibrio iónico al ritmo de absorción de la planta. Por esto, en el caso específico del melón se puede trabajar con base en tres soluciones nutritivas (cuadro 6).

Cuadro 6. Soluciones nutritivas utilizadas en cultivo de melón según la etapa fenológica

Etapa fenológica	Aniones meq/]				Cationes meq/]		
	NO3	H2PO4	SO4=	NH4+	K+	Ca++	Mg++
Tranplante-Cuajado	12	1.5	3	0.75	6	7	2
Cuajado-fruto formado	11	1.5	3	0.75	7	8	2
Fruto formado-cosecha	9	1.5	3	0.75	9	4	2

Fuente cadahía 2000

Cálculo de la solución nutritiva

Según Martínez y García (1993), todos los elementos nutritivos esenciales para la planta son tomados o asimilados en forma de iones. Estos iones pueden ser positivos (cationes) o negativos (aniones).

Son varias las formas en que pueden expresarse o medirse las concentraciones de los iones en el agua de riego o en las soluciones nutritivas, así en mal, milimol, miliequivalente y partes por millón. En lo que se refiere al cálculo de las soluciones nutritivas, las concentraciones de los macroelementos se expresan en milimoles por litro, mientras que las de los microelementos se expresan en ppm.

La secuencia metodológica que se sigue para realizar los cálculos de soluciones nutritivas es la siguiente:

Solución nutritiva tipo

Conviene establecer que no existe información suficiente para determinar soluciones nutritivas estandarizadas por especie, variedades, estado de desarrollo, condiciones climáticas o métodos de cultivo. Sin embargo, los límites de concentración en que un determinado elemento nutritivo puede encontrarse disponible para la planta en una solución nutritiva, son lo suficientemente amplios como para que sean otros factores de la producción, normalmente menos controlables, los que condicionan y limitan la capacidad productiva de un cultivo.

De manera general puede asegurarse que a mayor conductividad eléctrica de la solución nutritiva se obtendrá una menor producción pero de mejor calidad.

Análisis del agua de riego

Todas las aguas tienen sales en disolución y cuando se van a utilizar es imprescindible conocer la composición cuantitativa y cualitativa de dichas sales. En el cuadro 7 se presenta la información mínima que debe contener un análisis de agua.

Cuadro 7. Información básica necesaria en un análisis de agua de riego

Determinaciones		Resultado	
pH			
CE a 25°C			
Sales totales (<i>g/l</i>)			
	Cationes	mg/l	meq/l
Calcio			
Magnesio			
Potasio			
Sodio			
Total			
	Aniones	mg/l	meq/l
Nitratos			
Fosfatos			
Cloruros			
Sulfatos			
Carbonatos Bicarbonatos			
<u>Total</u>			

Fuente: Cadahía. 2000.

Esta información servirá para, en primer lugar, cuantificar aquellos iones que entran a formar parte de la solución nutritiva y que por lo tanto, al llevarlos el agua de riego,

Ajuste del pH

Las soluciones nutritivas han de ajustarse a pH comprendido entre los valores de 5.5 y 6.5 ya que la solubilidad de los iones se ve afectada por el carácter ácido o básico de la solución.

Cuando el agua tiene pH inferiores a 5.8 se deben añadir sales alcalinizantes, como por ejemplo el fosfato biamónico o bicarbonato de potasio. En el caso que las aguas para riego tengan pH superior a 5.8 normalmente la presencia de los iones bicarbonato, y algo menos los iones carbonato, son los responsables de ello. La forma de bajar el pH de estas aguas de riego consiste en eliminar estos iones por medio de la adición de algún ácido.

Los ácidos más utilizados son el nítrico y el fosfórico ya que además de servir para el ajuste del pH, aportan elementos nutritivos necesarios para la planta.

La cantidad exacta de ácido que se ha de incorporar al agua de riego para situar el valor de pH entre 5.5 Y 6 puede ser averiguada por dos métodos distintos.

Uno de ellos consiste en realizar la curva de neutralización, añadiendo cantidades conocidas y crecientes de ácido y midiendo con un pHmetro los distintos valores de pH. Este método resulta preciso pero muy poco práctico. Sin embargo, es posible observar que al neutralizar el total de bicarbonatos que existen en el agua se obtiene un pH de 5.5. Este tipo de comportamiento permite utilizar otro método más sencillo, práctico y rápido. Este se basa en que los bicarbonatos son neutralizados por los ácidos equivalente a equivalente, mientras que un equivalente de carbonato es neutralizado por dos equivalentes de ácidos.

Por lo anterior, conociendo la cantidad de bicarbonatos y carbonatos presentes en el agua de riego, se puede calcular las cantidades de ácido a añadir. En la práctica se recomienda dejar 0.5 mmol de bicarbonato sin neutralizar para evitar que cualquier error en la dosis de ácido pudiera situar el valor del pH de la solución nutritiva en valores de extrema acidez.

En el caso del cultivo de melón, el control del pH en la solución nutritiva, se vuelve más importante a partir del cuajado de los frutos ya que la planta aumenta considerablemente la absorción de K^+ y con el fin de equilibrar su carga interna desprende W acidificando el

sustrato bruscamente. Por esto es recomendable reajustar la solución nutritiva aumentando las cantidades de potasio y disminuyendo e incluso eliminando la utilización de fertilizantes ácidos l.

Ajuste de los macroelementos

Al conocer la solución nutritiva, los datos analíticos del agua de riego y el ajuste del pH de la misma, el siguiente paso es determinar las cantidades de fertilizantes comerciales necesarias para que las concentraciones de los elementos nutritivos en la solución final sean las previstas.

Según Cadahía (2000), hay que considerar que los fertilizantes aportan siempre dos o más componentes, así el aporte de un anión siempre va acompañado del aporte de un catión. Se realiza una tabla de doble entrada, por un lado se colocan los aniones y por otro los cationes que al combinarse forman los fertilizantes comerciales. La elección del fertilizante a usar depende de su contenido en nutrientes para conseguir la concentración deseada, su disponibilidad y precio.

Cálculo de la CE final de la solución nutritiva

Según Martínez y García (1993), existen varias formas para calcular la CE, los métodos matemáticos se describen a continuación:

Método de la aportación salina de los iones

Consiste en expresar todas las concentraciones de los iones en ppm y multiplicadas por factores de corrección establecidos (cuadro 8)

Cuadro 8. Factores de corrección para el cálculo de la conductividad eléctrica final

N03-	Cr-	S04=	Na+	K+	Ca++	Mg++	HC03-
1.15	2.14	1.54	2.13	1.84	2.60	3.82	0.72
1.00	1.90	0.73	2.00	1.74	1.90	3.08	

Fuente: Martínez y García. 1993.

Una vez obtenido el valor para cada ion, se suman todos los valores y el resultado de esta suma será el valor de la CE de la solución nutritiva expresado en mS/cm.

¹. CABRERA, IF. 2002.. Manejo de fertilizantes en melón. Dpto. Técnico de COAGRISAN. Gran Canaria. España (entrevista)

Método de los miliequivalentes

En toda solución salina se cumple que la suma de los miliequivalentes (meq) de aniones es igual a la suma del número de meq de cationes. Este método consiste en dividir este número entre un factor que varía entre 10 (conductividades bajas) y 12 (conductividades altas). El resultado viene expresado en mS/cm.

Método gravimétrico

Se expresa la concentración total de sales de la solución en g/l y se divide por un factor global y variable entre 0.7 y 0.9. Igual que anteriormente, el resultado viene expresado en mS/cm y se elige el valor 0.7 para conductividades bajas y 0.9 para las altas.

2.3 NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DEL MELÓN

Las exigencias nutritivas de los cultivos hortícolas son muy elevadas, como corresponde tanto por las elevadas producciones que se persiguen como por la intensidad de la explotación (Gros y Domínguez, 1992).

El empobrecimiento de los elementos asimilables que se produce en el sustrato, al ser extraídos por la cosecha, se acelera con el riego por goteo, al concentrarse un volumen importante de raíces en zonas reducidas. Por esto mismo es común la práctica en cultivos intensivos de aportar el cien por cien de los nutrientes requeridos por el cultivo, dejando la fertilidad del sustrato en un plano secundario. En consecuencia parece que el conocimiento del análisis de sustrato y de la cantidad de elementos absorbidos por la planta es insuficiente y es necesario contar con otros indicadores que proporcionen una medición precisa de la absorción de los distintos elementos por la planta (Esteve, 1986).

Según Namesny et al. (1997) de todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas y pecíolos han mostrado ser los que dan una información precisa de la absorción de nutrientes, siendo el indicador del nivel de disponibilidad de nutrientes en el sustrato.

Los cuadros 9 y 10 presentan valores de referencia sobre la concentración mineral en hoja del melón.

cuadro 9. Evolución de la concentración de macronutrientes en hojas de melón

Días después de <u>Transplante</u>	Macroelementos (% sobre materia seca)				
	N	P	K	Ca	M
O	4.44	0.35	4.23	2.15	1.25
35	4.57	0.45	2.99	7.35	1.60
65	3.31	0.25	3.00	8.08	1.96
85	3.14	0.27	2.96	7.27	1.89
105	3.09	0.31	2.68	7.09	1.86
125	3.25	0.32	2.52	7.01	1.83

Fuente: Rincón et al. 1996.

Cuadro 10. Concentración de micronutrientes en hoja de melón

<u>Micronutrientes</u>	<u>m</u>
Fe	209 - 228
Mn	87 - 94
Cu	40 - 47
Zn	26 - 34
<u>B</u>	20 - 29

Fuente: Valenzuela et al. 1991.

2.3.1 Secuencia de la absorción de los elementos minerales

Según Zapata et al. (1989), las necesidades de nutrientes son muy variables en los diferentes estados de desarrollo. El ritmo de absorción viene referido a un intervalo de tiempo de 3 a 4 días, pero para transferir esta secuencia a la práctica agrícola útil, se pueden agrupar los datos en seis períodos distintos:

- En el curso de los 17 días siguientes a la puesta en cultivo, menos del 10% de los elementos son asimilados.
- Durante 28 días que pasan entre la floración de las primeras flores y la segunda generación, la cantidad de elementos absorbidos representan entre el 31 y 48% del total.
- Prácticamente en ningún caso la absorción de ningún elemento llega al 50% en los 50 primeros días posteriores al transplante.
- En el período siguiente el ritmo de las exigencias en fertilizantes aumenta rápidamente, sobre todo en el transcurso de los 11 días que preceden a la fase de engrosamiento del fruto.
- Durante los 14 días que preceden a la cosecha la alimentación nitrogenada y fosfórica es muy importante.
- La velocidad máxima de penetración de potasio en la planta se sitúa entre el 45 y 56 días después del transplante.

Sin embargo, Moll (1969), indica que el ritmo de absorción se relaciona igualmente con las diversas necesidades de la planta en cuatro fases de desarrollo. Desde la plantación hasta la aparición de las primeras flores hembras se dará especial importancia al fósforo por su incidencia en el desarrollo radicular y en la floración. En la segunda fase del cultivo, desde la aparición de las flores hembras hasta el cuajado de los primeros frutos, se cuidará que la planta esté bien alimentada en fósforo y potasio, evitando los excesos de nitrógeno que pueden producir una exuberante vegetación y aborto floral. En la tercera fase del cultivo, la comprendida entre el cuajado de la mayor parte de los frutos hasta la terminación del desarrollo de los mismos, se dispara el consumo de nitrógeno, potasio y calcio. Los errores en esta fase se traducen en aborto de frutas y merma considerable en el rendimiento. La cuarta fase o de maduración comprende desde que los frutos terminan el desarrollo hasta la cosecha de los mismos. Durante esta última fase las necesidades se centran en el potasio para acelerar la maduración, calidad y peso del melón. Un exceso de nitrógeno en esta última etapa repercute negativamente en la maduración, calidad y peligro de rajado en algunas variedades.

2.3.2 Desequilibrios en la nutrición

Una nutrición deficiente en nitrógeno produce una reducción del 25° D en el crecimiento total de la planta, con especial incidencia en el sistema radicular. Así mismo, durante la floración un exceso de nitrógeno se traduce en una reducción del 35% de las flores femeninas y casi del 50% de las flores hermafroditas.

Una deficiencia en fósforo puede ocasionar la disminución del crecimiento de la parte aérea en un 40-45%, que se manifiesta tanto en la reducción del número de hojas como de la superficie foliar, y en un 30% para la raíz. Cuando concurren niveles deficientes de fósforo y excesivos de nitrógeno durante la floración y fecundación, se produce una reducción de hasta el 70% del potencial de floración y una disminución considerable del número de frutos fecundados.

Una deficiencia severa de potasio durante la etapa de floración puede producir una reducción de hasta el 35% del número de flores hermafroditas. En cuanto los efectos de la nutrición sobre el desarrollo y maduración de los frutos, el potasio y el calcio ejercen un papel determinante en relación con la calidad y las cualidades organolépticas (www.infoagro.com)

El melón es muy sensible a la carencia de molibdeno, por lo que se recomienda siempre aplicar por vía foliar este microelemento bajo forma de molibdato amónico¹.

De manera específica, Namesny et al. (1997), describe la respuesta de la planta a carencias de cada uno de los nutrientes

¹. SANCHEZ, P. 2002. Importancia del Molibdeno en el cultivo de melón. FORESTA. Gran Canaria. España (entrevista).

2.3.2.3 Fósforo. Se manifiesta inicialmente por una coloración verde oscura en hojas basales con una disminución del vigor de la planta y brotaciones débiles. Cuando la carencia se intensifica aparecen manchas cloróticas internervales y en el borde de la hoja. La corrección se realiza aplicando 20-30 ppm de fósforo hasta su desaparición. La carencia de fósforo puede venir inducida por un exceso de calcio y elevado pH del sustrato.

2.3.2.3. Potasio. _ Los síntomas aparecen por un amarillamiento de las hojas basales permaneciendo verdes las hojas jóvenes. Con una deficiencia acusada el amarillamiento se intensifica evolucionando a necrosamiento. En el fruto aumenta la cavidad interior (frutos huecos) con disminución de la concentración de azúcares. La corrección se realiza aplicando sulfato o nitrato de potasio vía fertirrigación a concentraciones de 90 a 100 ppm de potasio hasta su total desaparición.

2.3.2.4 Calcio. La sintomatología aparece en hojas jóvenes (el calcio es un elemento poco móvil) con la aparición de una coloración blanquecina en el borde de las hojas inhibiendo el crecimiento y curvándose hacia el envés. Con deficiencia acusada puede aparecer el blossom end rot (podredumbre apical del fruto). La corrección se lleva a cabo mediante la aportación de nitrato de calcio vía fertirrigación a concentraciones de 30-40 ppm de calcio. Se puede combinar con aplicación de calcio quelatado vía foliar.

2.3.2.5 Magnesio. Los síntomas se inician en hojas adultas, apareciendo manchas amarillentas entre los nervios presentando un aspecto de moteado. Las hojas jóvenes se curvan haciéndose quebradizas. Con carencia más acusada, la hoja adquiere un tono amarillo apareciendo posteriormente zonas necróticas. Para su corrección se aplica sulfato de magnesio vía fertirrigación a concentraciones de 10-15 ppm de magnesio. Debe combinarse con la aplicación vía foliar de magnesio en forma de sulfato o quelato.

2.3.2.6 Hierro. La carencia se manifiesta por una coloración amarillenta en las hojas jóvenes (debido a la baja movilidad del elemento dentro de la planta) con los nervios verdes. La carencia puede ser directa debida a la falta del elemento en el medio de cultivo o bien inducida por efecto de antagonismo con otros nutrientes como el fósforo, calcio y excesos de manganeso y zinc. La aplicación de quelato de hierro vía fertirrigación tiene efectos rápidos en la corrección de la carencia.

2.3.2.7 Manganeso. La carencia se produce generalmente en suelos calizos de alto pH. En suelos ácidos la solubilización de manganeso es alta absorbiendo la planta altas cantidades, lo que da lugar a toxicidades que afectan gravemente el desarrollo vegetativo de la planta.

2.3.2.8 Zinc. Los síntomas de la carencia no están muy claros, se describe como una decoloración entre los nervios de la hoja, que puede llegar a necrosarse en caso de una carencia muy acusada. Otros síntomas descritos son la disminución del tamaño de la hoja y enanismo de la planta. La corrección se realiza mediante la aplicación vía foliar de quelato de zinc.

2.3.2.9 Boro. Los síntomas aparecen en las hojas jóvenes con una decoloración del borde fundamentalmente en el ápice de la planta. La corrección se realiza mediante la aplicación de compuestos de boro vía foliar.

2.3.2.10 Molibdeno. La deficiencia desarrolla una coloración amarillo marfil entre los nervios de las hojas adultas. Progresivamente el borde de la hoja se seca curvándose hacia arriba y la planta deja de crecer.

2.4 SUSTRATOS

Según Martínez y García (1993), un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, limitado físicamente en su volumen, aislado del suelo para impedir el desarrollo de las raíces en el mismo y capaz de proporcionar a la planta el agua y los elementos nutritivos que demande y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración.

2.4.1 Tipos de sustratos

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

Según sus propiedades se clasifican en:

- Sustratos químicamente inertes. Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- Sustratos químicamente activos. Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

Según su origen y proceso de manufacturación se dividen en:

- De origen natural: sin manufacturación, con manufacturación
- Sintéticos

Dentro de los sustratos de origen natural y que no sufren proceso alguno previo a su uso, se incluyen a las gravas, las arenas de distintas granulometrías y las tierras de origen volcánico. En los que tiene un proceso de manufacturación se mencionan la lana de roca, la vermiculita y la perlita.

Queda por último hacer referencia a los sustratos sintéticos como el poliestireno y el poliuretano.

Según Kipp Y Wever (2000), cuando se opta por un sustrato, deben tenerse en cuenta las exigencias de la planta y del productor. Para la planta es importante que el sustrato responda a algunas exigencias y para el productor es importante que el medio sea duradero y que su manejo no cause problemas.

En general, el mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

2.4.2 Propiedades de los sustratos

Cadahía (2000) establece que la primera etapa de la aplicación de un sustrato en un cultivo es la caracterización del mismo con objeto de conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.4.2.1 Propiedades físicas. Martínez y García (1993) indican que las propiedades físicas de los sustratos están íntimamente ligadas al tipo de material que los componen, es decir a su composición granulométrica, densidad, volúmenes de sólidos y poros y la relación entre ellos.

En general, las propiedades físicas óptimas con que debe cumplir un buen sustrato son: elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores, baja densidad aparente, elevada porosidad y estructura estable.

Granulometría

Generalmente los sustratos están constituidos por partículas de distintos tamaños. Las propiedades físicas de un sustrato suelen variar considerablemente en función de la distribución porcentual de cada uno de los rangos de tamaños en que estén clasificadas las partículas. Así como para la definición de la textura de los suelos existe una normativa sobre los tamaños de las partículas, para los sustratos no están concretados estos rangos y por lo tanto es difícil establecer comparaciones entre ellos.

Densidad Real (DR)

Se refiere a la densidad media de las partículas del sustrato sin incluir el espacio poroso, o lo que es lo mismo, la relación entre el peso de una partícula del sustrato y el volumen que ocupa.

El valor de la densidad real se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3)

Densidad Aparente (DA)

Es la relación entre el peso seco de dicho sustrato y el volumen que ocupa en condiciones de cultivo. También se expresa en g/cm^3 .

El grado de compactación, la distribución de las partículas, fibrosidad, grado de humificación, transporte y manipulación pueden influir de forma muy importante en el valor de la densidad aparente.

Potencial de agua

La disponibilidad de agua y aire en los sustratos se rigen por fuerzas dinámicas de la misma naturaleza pero de distinta magnitud que en los suelos agrícolas tradicionales.

El agua es retenida en los poros del sustrato con cierta fuerza o tensión. La planta ha de vencer esta tensión para poder absorber el agua a través de las raíces. A esta fuerza se le denomina potencial de agua y se expresa en "centímetros de columna de agua (cm de c.a.).

De modo muy general puede decirse que los rangos de utilización del agua por una planta cultivada con aplicación de distintas técnicas culturales, podría ser el siguiente:

Cultivo hidropónico: hasta 100 cm de c.a.

Cultivo de regadío: riego localizado 300 cm y riego tradicional 1,500 cm de c.a.

Cultivo de secano: hasta 10,000 cm de c.a.

Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad cerrada, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta.

Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

2.4.2.2 Propiedades químicas. Las características químicas deseadas en un sustrato son: baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente; suficiente nivel de nutrientes asimilables, baja salinidad y elevada capacidad amortiguadora.

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el Sustrato y la solución nutritiva que alimenta' a las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

Normalmente se prefieren los sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartado, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al

superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etc). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida. Suelen ser debidas a disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- . Efectos fitotóxicos por liberación de iones W y OH^- Y ciertos iones metálicos como el
- Efectos carenciales debido, por ejemplo, a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH Y la precipitación de fósforo y algunos microelementos
- . Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

Físico-químicas

Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos de materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida), es decir, en aquellos en los que hay una cierta capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH Y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta, tanto más, cuanto mayor es la CIC.

Bioquímicas

Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico destruyendo la estructura y variando por lo tanto sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO_2 y otros elementos minerales productos de la descomposición de la materia orgánica

2.4.2.3 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 radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

Velocidad de descomposición

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción

del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición.

Efectos de los productos de descomposición

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción.

Actividad reguladora del crecimiento.

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

2.4.2.4 Otras propiedades

- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el macrotúnel B de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI) ubicado en Zona ITI de Zamorano, Valle del Río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras; a 14° latitud norte, 87° longitud oeste y 808 m.s.n.m.

Las dimensiones del macrotúnel son de 90 m de largo por 10m de ancho para un área de 900 m² de los cuales 430 m² constituyeron el área de tesis. Para el establecimiento del experimento se elaboraron camas de 1 metro de ancho por 43 de largo distanciadas a 2,25 m. Estas fueron recubiertas con plástico y entre ellas se distribuyó casulla de arroz. Cada cama constó de dos hileras sencillas separadas 0,6 m y 0,4 entre bolsas para una densidad de 22,222 plantas/ha

En el ensayo se distribuyeron 864 bolsas con capacidad de 19 l cada una, de éstas, 432 fueron llenas con el sustrato de la ZECI y las restantes con el sustrato que se evaluó.

Se utilizó un sistema de riego por goteo con microtubos de 2,5 l/hr.

Las plántulas de melón del cultivar Durango transplantadas a los 12 días, fueron sembradas en bandejas de espuma de poliestireno de 128 agujeros empleando como medio de cultivo Sunshine Mix (Sun Agro Horticulture Inc., Bellevue, Washington, Estados Unidos)

3.1.1 Tratamientos

Se evaluó cuatro fertilizaciones y dos sustratos para un total de ocho tratamientos como se resume en el cuadro 11

Cuadro 11. Tratamientos utilizados en la evaluación agronómica y económica de cuatro planes de fertilización y dos sustratos en melón en macrotúnel en Zamorano.

Sustrato	Solución nutritiva	Extracciones	Plan de Canarias	Fertilización ZECI
2 (testigo)	SOLU-2	EXTR-2	PLAN-2	ZECI-2
Sustrato semi-hidropónico	SOLU-S	EXTR-S	PLAN-S	ZECI-S

3.1.2 Fertilizaciones

El fertilizante se aplicó por fertirriego a razón de 1.5 lt/planta/día. Los riegos se distribuyeron en dos períodos de 20 minutos cada uno. La metodología de cada una de las fertilizaciones se presenta a continuación:

3.1.2.1 Solución nutritiva A partir de la solución nutritiva determinada por Namesny et al. (1997) para el cultivo del melón, se calculó la cantidad de fertilizantes a aportar por litro de agua aplicado como se indica en el cuadro 12, 13 Y 14.

Cuadro 12. Cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar en la Solución Nutritiva desde transplante hasta cuajado de frutos.

	Aniones (meq/l)				Cationes (meq/l)				Total N	12.8
	NO3	H2P04	S04	HC03	NH4	K	Ca	Mg	pH	CE
Disolución ideal	11.3	1.5	3.0	0.1	1.6	6.0	6.0	2.0	5.8	
Agua de riego	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	4.3	0.1
Aportes previstos h.	11.2	1.5	2.6	0.0	1.5	5.8	5.9	1.9	5.8	1.5
Aportes previstos s.	7.3	1.0	1.7	0.0	1.0	3.8	3.9	1.3		1.0

	NH4	K	Ca	M2;	H	T real	T oPt.
N03	-0.3	3.8	3.9			7.6	7.3"
H2P04	1.0				0.0	LO	1.0
S04				1.7		1.7	1.7
T real	1.0	3.8	3.9	1.7	0.0		
T opt.	1.0	3.8	3.9	1.3	0		

Fertilizantes	meq/l	Peso eq.	Pureza %	!!!...-
Nitrato de potasio	3.8	101.	98.0	391.5
Nitrato de calcio	3.9	1	98.0	464.1
Fosfato monoamónico	1.0	118.	98.0	115.6
Sulfato de magnesio	1.7	0	98.0	213.0
H = hidroponía		115.		
S = sustrato		0		
T real = total real .		123.		
T opt = total óptimo		2		
Eq = equivalente				
CE = conductividad eléctrica				

Cuadro 13. Cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar en la Solución Nutritiva desde cuajado del fruto hasta fruto formado

	Aniones (meq/l)				Cationes (meq/l)				Total	
	N03	H2P04	S04	HC03	NH4	K	Ca	Mg	N	CE
Disolución ideal	10.7	1.5	3.0	0.1	1.6	7.0	6.0	2.0	5.8	12.3
Agua de riego	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	4.3	0.1
Aportes previstos h.	10.6	1.5	2.6	0.0	1.5	6.8	5.9	1.9	5.8	1.5
Aportes previstos s.	7.2	1.0	1.8	0.0	1.0	4.6	4.0	1.3		1.0

	NH4	K	Ca	M2	H	Treal	T opt.
N03	-1.4	4.6	4.0			8.6	7.2
H2P04	1.0				0.0	1.0	1.0
804				1.8		1.8	1.8
T real	1.0	4.6	4.0	1.8	0.0		
T oPt.	1.0	4.6	4.0	1.3	0.0		

Fertilizantes	meq/l	Peso eq.	Pureza %	!!!
Nitrato de potasio	4.6	101.1	98.0	476.5
Nitrato de calcio	4.0	118.0	98.0	481.5
Fosfato monoamónico	1.0	115.0	98.0	119.9
Sulfato de magnesio	1.8	123.2	98.0	220.9

H = hidroponía

S = sustrato

T real = total real

T opt = total óptimo

Eq = equivalente

CE = conductividad eléctrica

Cuadro 14. Cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar en la Solución Nutritiva desde fruto formado hasta fruto maduro.

	Aniones (meq/l)				Cationes (meq/l)				Total	10.7	
	N03	H2P04	804	HCÚ3	NH4	K	Ca	Mg	N		pH
Disolución ideal	10.7	0.0	3.0	0.1	0.0	8.5	4.7	2.0	5.8		
Agua de riego	0.1	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	4.3	0.1	
Aportes previstos h.	10.6	0.0	2.6	0.0	-0.1	8.3	4.6	1.9	5.8	1.3	
Aportes previstos s.	8.0	0.0	2.0	0.0	-0.1	6.3	3.5	1.5		1.0	

	NH4	K	Ca	M2	H	T real	T opto
N03	-1.7	6.3	3.5			9.7	8.0
H2P04	0.0				0.0	0.0	0.0
804				2.0		2.0	2.0
T real	0.0	6.3	3.5	2.0	0.0		
T opto	-0.1	6.3	3.5	1.5	0.0		

Fertilizantes	Meq/l	Peso eq.	Pureza O/o	m
Nitrato de potasio	6.3	101.	98.0	648.1
Nitrato de calcio	3.5	1	98.0	417.5
Sulfato de magnesio	2.0	118.	98.0	246.1
H = hidroponía		0		
S = sustrato		123.		
T real = total real		2		
T opt = total óptimo				
Eq = equivalente				
CE = conductividad eléctrica				

Se aplicó el fertilizante en el riego por la mañana y por la tarde, de lunes a sábado. El domingo no se fertirrigó.

Diariamente se midió el porcentaje de drenaje del total de agua aplicada en el fertirriego y semanalmente se midió la conductividad eléctrica y el pH del agua de entrada y de salida.

3.1.2.2 Programa de fertilización De las investigaciones realizadas en COPAISAN (Cooperativa de Cosecheros y Exportadores Agrícolas de San Nicolás de Tolentino), empresa agrícola de Gran Canaria, España; se obtuvo el programa de fertirrigación que se presenta en el cuadro 15 y 16 Y que fue aportado al cultivo del melón en dos fases diferenciadas de crecimiento.

Cuadro 15. Programación de fertilización para lunes, miércoles y viernes

Etapa	Nitrato de Potasio	Fertilizante (g/planta/día)		
		Nitrato de amonio	Sulfato de magnesio	Fosfato amónico
Transplante - cuajado	0.1	0.2	0.1	0.4
Cuajado - fin de ciclo	0.4	0.2	0.1	0.2

Cuadro 16. Programación de fertilización para martes, jueves y sábado.

Etapa	Fertilizante (g/planta/día)	
	Nitrato de potasio	Nitrato de calcio
Transplante	0.2	0.6
cuajado	0.4	0.6
Cuajado - fin de ciclo		

Se aplicó el fertilizante en el riego por la mañana, de lunes a sábado. El domingo no se fertirrigó.

3.1.2.3 Método de extracciones Rincón et al. (1995) determinó las extracciones que el cultivo del melón hace en seis etapas fenológicas diferentes (Cuadro 17). Con base en ellas se calculó la cantidad de fertilizante a aportar en cada período, como se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 17. Extracción de nutrientes por etapa fenológica del cultivo de melón

Día	Extracción					
	a	N	P2O5	K2O	Ca	Mg
De						
O	26	10	1	15	14	5
26	47	40	5	60	60	20
47	58	70	16	110	56	25
58	69	60	25	105	25	15
69	80	30	32	100	10	10
80	96	15	10	60	0	10
Total	225.0		89.0	450.0	165.0	85.0

Cuadro 18. Cantidades de fertilizante aplicadas durante cada fase del cultivo

Fertilizantes	kg / ha						Total
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	
Nitrato de potasio	32.6	130.4	239.1	228.3	217.4	130.4	978.3
Nitrato de calcio	82.4	352.9	329.4	147.1	58.8	0.0	970.6
Sulfato de magnesio .	50.0.	200.0	250.0	150.0	100.0	100.0	850.0
Nitrato de amonio	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	9.0
Fosfato monoamónico	1.6	8.2	26.2	41.0	52.5	16.4	145.9

Se aplicó el fertilizante en el riego por la mañana, de lunes a sábado. El domingo no se fertirrigó.

3.1.2.4 Fertilización ZECI Como realiza la ZECI, se obtuvo la cantidad de fertilizante a aplicar según los datos del análisis del sustrato 2 como extracto saturado. Este fue aportado al cultivo de acuerdo a los niveles de absorción en el tiempo.

Cuadro 19. Cantidades de fertilizantes (g/planta/día) aplicadas en la fertilización de la ZECI

<u>Etapa</u>	g/planta/día	
	Urea	<u>Nitrato de calcio</u>
Transplante - cuajado	0.18	0
Cuajado - fruto formado Fruto	0.32	1
formado - Fruto maduro	0.11	1

Se aplicó el fertilizante en el riego por la mañana, de lunes a sábado. El domingo no se fertirrigó.

3.1.3 Sustratos

Se evaluaron dos sustratos con diferentes proporciones de casulla de arroz quemada, arena y compost (cuadro 20)

Cuadro 20. Composición porcentual de los sustratos evaluados en el ensayo

<u>Material</u>	<u>Sustrato 2</u>	<u>Sustrato SEMI</u>
Casulla de arroz	50	50
Campost Arena	40	25
	10	25

Ambos sustratos fueron preparados por la ZECI y pasteurizados a una temperatura de 90°C por dos horas. Los análisis correspondientes se encuentran en el anexo 1. Se realizó la caracterización de los sustratos antes y después del ciclo de cultivo.

3.2 MANEJO AGRONÓMICO

Las plántulas de melón fueron transplantadas el día 28 de junio del 2002 distribuyéndose en las bolsas con los sustratos previamente organizados en el diseño de parcelas divididas (anexo 2). Cada una de las cuatro filas se fertirrigó según el tratamiento que correspondía y con la frecuencia antes mencionada.

Se midió temperatura máxima y mínima diaria en la fase de establecimiento, crecimiento vegetativo y floración, volumen de salida en el microtubo, volumen de drenaje para los sustratos evaluados y periódicamente su conductividad eléctrica y pH.

A los 13 ddt se realizó el tutoreo de las plántulas y se siguió orientando las plantas dos veces por semana.

La poda tenía el objetivo de dejar cuatro yemas axilares para la producción de frutos y estas fueron la 7, 9, 11 Y 13. La práctica se realizó dos veces por semana. La poda de la yema apical fue realizada al 28 ddt al nudo 20.

Se utilizó una colmena para llevar a cabo la polinización, la que permaneció del 26 hasta el 47 ddt dentro del invernadero.

Se realizó análisis foliar en la etapa de 1h1to pequeño a cosecha (35 ddt), los resultados se muestran en el anexo 3.

Durante el transcurso del cultivo se aplicaron los siguientes productos con sus respectivas dosis como se muestra en el cuadro 21.

Cuadro 21. Problemas fitosanitarios, etapa, productos y dosis utilizadas en su control.

<u>Etapa</u>	<u>Plaza</u>	<u>Producto</u>	<u>Dosis</u>
Crecimiento vegetativo	Acaros y mal del talluelo	Vertimec	1 cc/l
Crecimiento vegetativo	Tratamiento fitoplasma	Terramicina	2 cc/l
Floración	<u>Tratamiento fitoplasma</u>	Terramicina	1. 27cc/l

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

Las variables medidas estuvieron relacionadas con la calidad del fruto y rendimiento del cultivo por lo que la mayoría se obtuvieron al final del ciclo. Se utilizó toda la unidad experimental como parcela útil. A las variables involucradas en el ensayo se les asignó un código para utilizar en el análisis estadístico (cuadro 22).

Cuadro 22. Variables evaluadas y códigos utilizados en el análisis estadístico

<u>Variable</u>	<u>Códi20</u>
Promedio de grados brix	PRGB
Rendimiento del cultivo en t/ha (total, comercial y no comercial)	RENTO, RECOM, RENO
Número de frutos por hectárea (total, comercial y no comercial)	FRUHTO, FRUHCO, FRUHNO
Número de frutos por planta (total, comercial, no comercial)	FRUPTO, FRUPCO, FRUPNO
Peso promedio de los frutos en gramos (total, comercial y no comercial)	PPRTO, PPRCO, PPRNO
Redondez promedio de los frutos (relación de diámetro por largo)	REPRF
Costos totales de producción	COST
Ingreso	INGR
Utilidad	UTIL
Relación beneficio/costo	BECO

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno para un total de treinta y dos unidades experimentales. El diseño estadístico utilizado fue Parcelas Divididas en bloques siendo las parcelas principales los Sustratos evaluados y las parcelas secundarias y de mayor importancia estadística los Programas de Fertilización.

En el terreno se distribuyeron las cuatro repeticiones del experimento. Cada repetición se constituyó de dos parcelas principales: Sustrato 2 y Sustrato SEMI. Cada parcela principal constó de cuatro subparcelas que estuvieron definidas por los planes nutricionales suplidos por las cuatros mangueras que regaron una doble hilera de bolsas cada una.

En el anexo 2 se muestra la distribución de los tratamientos y repeticiones en el campo.

Se utilizó el programa "Statistical Analysis System" (SAS/STAT) versión 6.04 para el análisis estadístico realizándose un Análisis de Varianza Univariado (ANDEV A) para tres criterios principales de clasificación y empleando el procedimiento General Lineal Models (GLM) que cumple el siguiente modelo estadístico:

Donde:

Y_{ijk} : una observación individual cualquiera en la unidad experimental que recibió el efecto de la fertilización, sustrato y la ubicación.

J : media general de las observaciones del experimento

t_i : efecto de la fertilización.

a_f : efecto del sustrato

I_3k : efecto del bloque

$(t \cdot a)_j$: efecto de la interacción "Fertilización x Sustrato" en la unidad combinada ij

$(I_3 \cdot a)_p$: efecto de la interacción "Sustrato x Bloque" en la unidad combinada jk

Para la separación de medias se uso de la prueba "Student Newman Keuls" (SNK) a 0.05 de probabilidad.

Con el objeto de determinar la significancia estadística de la interacción sustrato - fertilización se utilizó el procedimiento "Least Squares Means" (LSMEANS) a 0.05 de probabilidad.

(Anexo 4)

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se calculó el costo total de producción, ingreso, utilidad y relación beneficio/costo para cada una de las repeticiones. Estos datos se sometieron a un análisis estadístico (Anexo 5).

Para conocer el grado de riesgo de la adopción de las nuevas tecnologías se realizó un análisis de sensibilidad presentando tres escenarios: esperado, optimista y pesimista, para esto se utilizó un factor de ajuste al rendimiento con un castigo de 5, 10 Y 20% sobre los totales comerciales y se sensibilizó el precio según el alcanzado dentro y fuera de la época de producción de las meloneras del sur del país.

Se utilizó la metodología de evaluación económica del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) denominada Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos.

Se elaboraron presupuestos parciales para calcular el total de costos que variaron y los beneficios netos de cada tratamiento. Se realizó un análisis de dominancia de los tratamientos. Para evaluar la sustitución de un tratamiento por otro, comparando los cambios de costos y beneficios netos asociados con cada uno de ellos, se utilizaron las técnicas del análisis marginal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.1.1. Variables agronómicas

En las variables de rendimiento comercial, no comercial y total los datos se ajustaron al modelo ($R^2 \sim 0.5$) Y tuvieron un nivel de significancia bajo ($p \sim 0.05$) a excepción de las variables número de frutos no comerciales por hectárea y número de frutos no comerciales por planta cuya significancia fue alta ($p \sim 0.05$).

Las variables de calidad, a excepción de peso promedio de frutos no comerciales, fueron representativas (~ 0.5) Y mostraron diferencias estadísticas ($p \sim 0.05$). La variable redondez promedio de fruto presentó nivel muy cercano al requerido y para peso promedio de frutos no comerciales el modelo no fue significativo. Todas las variables no comerciales de calidad y rendimiento tuvieron un alto coeficiente de variación ($CV \sim 25$).

Los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas se resumen en el anexo 6.

4.1.1.1 Variables rendimiento total, comercial y no comercial. El efecto de las fertilizaciones fue significativo para las variables rendimiento total y comercial, número de frutos por hectárea total y comercial, número de frutos por planta total y comercial y para las variables de calidad: promedio de grados brix, peso promedio de frutos total y comercial y redondez de fruto.

La solución hidropónica mostró valores más altos en todas las variables de rendimiento totales y comerciales como es el caso de rendimiento total y comercial por hectárea y número de frutos total y comercial por hectárea y por planta. En estas mismas el plan de Canarias, la fertilización de la ZECI y el método extracciones fueron estadísticamente iguales y obtuvieron valores menores que la solución hidropónica.

La solución hidropónica aportó un mejor balance de nutrientes de forma constante en cada una de las tres etapas fenológicas más marcadas en la producción total. En la primera fase del cultivo el nitrógeno fue aportado en mayor concentración que la fase dos y tres, mientras el calcio y el potasio se fueron aumentando en la época de crecimiento y llenado de frutos (cuadro 23)

cuadro 23. Relaciones óptimas de nutrientes y resumen de las relaciones en tres de los programas de fertilización por etapa de aplicación (calculadas a partir de las cantidades en mili equivalentes)

Relaciones	Valores ideales	Solución hidropónica			Extracciones			Plan Canarias	
		1	2	3	1	2	3	1	2
		etapa	etapa	etapa	etapa	etapa	etapa	etapa	etapa
N/K	0.7, 0.5, 0.3	2.2	2.0	1.5	3.34	2.05	1.44	5.56	2.5
Ca/Mg	1.0 – 2.0	2.3	2.3	1.8	1.82	1.26	0.62	6.27	6.27
K/(Ca+Mg)	0.5 – 1.0	0.7	0.8	1.2	0.28	0.64	1.66	0.5	1.34
K/Ca	1	1.0	1.2	1.8	0.44	1.14	4.32	0.58	1.56

Para rendimientos comerciales óptimos el nitrógeno aportado durante la fase vegetativa debe ser 60 - 70% del total y el restante 30 - 40% aplicarse en el llenado de fruta 1

La solución hidropónica aportó en la segunda fase 4% menos nitrógeno que la primera y en la segunda 16.4% menos con respecto a la primera. En valores porcentuales globales el 70% del nitrógeno total se aportó hasta que el fruto alcanzó su tamaño máximo restando el 30% para llenado.

Para las variables rendimiento total y comercial la fertilización y la interacción entre el sustrato y ésta resultó significativa, no así el efecto de los bloques ni su interacción con el sustrato.

Se observó en rendimiento total que la solución hidropónica en el sustrato 2, la solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico, la fertilización de la ZECI en el sustrato 2, y extracciones en el sustrato 2 fueron estadísticamente iguales y presentaron los más altos rendimientos totales, mientras que las fertilizaciones plan de Canarias, fertilización de la ZECI y extracciones en el sustrato semi-hidropónico correspondieron a los menores rendimientos totales. Las fertilizaciones en el sustrato 2 tuvieron mayor rendimiento comercial sobre las que estaban en el sustrato semi-hidropónico. Esto se debió al aporte de nutrientes que hizo a la planta el sustrato 2 al contener proporcionalmente más compost en su composición. Sin embargo, el sustrato semi-hidropónico en combinación con la solución hidropónica resultó en rendimiento similar al sustrato 2 ya que la fertirrigación aportó el total de nutrientes requeridos.

En cuanto a rendimiento comercial los tratamientos solución hidropónica, fertilización de la ZECI, extracciones y plan de Canarias en el sustrato 2 y la solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico fueron iguales y obtuvieron los rendimientos comerciales más altos.

Estadísticamente resultó igual escoger el programa de fertilización plan de Canarias en el Sustrato 2 o en el semi-hidropónico.

1 GAUGGEL, C. 2002. El nitrógeno en las hortalizas de fruto. Zamorano. EAP (entrevista)

Los tratamientos fertilización de la ZECI y extracciones en el sustrato semi-hidropónico alcanzaron los rendimientos comerciales más bajos. En este caso el sustrato no proporcionó los nutrientes necesarios que estas dos fertilizaciones tampoco aportaron en la fase de establecimiento del cultivo.

En la variable de rendimiento no comercial el efecto del bloque, sustrato, fertilización y la interacción bloque - sustrato no fue significativa. Sólo la interacción combinada del sustrato y la fertilización resultó significativa. De lo anterior se obtuvo que la escogencia entre los tratamientos fertilización de la ZECI, plan de Canarias y la solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico, extracciones y solución hidropónica en el sustrato 2 resultó en la menor pérdida por tonelaje no comercial.

Cuadro 24. Efecto de cuatro programas de fertilización y su interacción con el sustrato en el rendimiento total (t/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	<u>Media</u>	<u>Separación de medias</u>
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	48.21	a*
Fertilización de la ZECI	37.23	b
Plan Canarias <u>Extracciones</u>	34.93	b
<u>Tratamientos</u>	32.55	b
Solución hidropónica-2		
Solución hidropónica-S	48.58	a
Fertilización de la ZECI-2	47.85	a
Extracciones- 2	44.33	ab
Plan Canarias-2	41.48	ab
Plan Canarias-S	38.32	bc cd
Fertilización de la ZECI-S	31.53	cd
Extracciones-S	30.13	d
	23.63	

R² = 0.83 p < 0.01
CV = 14.58 media = 38.23 :t5.57

2 = sustrato ZECI
S = sustrato semi-hidropónico

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 25. Efecto de cuatro programas de fertilización y su interacción con el sustrato en el rendimiento comercial (t/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
----- Solución hidropónica	47.15	a*
Fertilización de la ZECI	36.45	b
Plan Canarias	33.60	b
Extracciones	31.00	b
<u>Tratamientos</u>		
Solución hidropónica-2	47.20	a
Solución hidropónica-S	47.10	a
Fertilización de la ZECI-2	43.16	ab
Extracciones-2	40.43	ab
Plan Canarias-2	36.13	abc
Plan Canarias-S	31.06	c
Fertilización de la ZECI-S	29.75	cd
Extracciones-S	21.57	d
$R_2 = 0.83$ $P < 0.01$	2 = Sustrato ZECI	
$Cv = 15.17$ media = 37.05 ::t5.62	S = sustrato semi-hidropónico	

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 26. Efecto de la interacción de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en el rendimiento no comercial (t/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Media	Separación de medias	Porcentaje del total
<u>Tratamientos</u>			
Plan Canarias-2	2.19	a*	5.72
Extracciones-S	2.06	a	8.72
Solución hidropónica-2	1.38	ab	2.84
Fertilización de la ZECI-2	1.17	ab	2.64
Extracciones-2	1.05	ab	2.53
Solución hidropónica-S	0.75	b	1.56
Plan Canarias-S	0.47	b	1.49
Fertilización de la ZECI-S	0.39	b	1.29
$R_1 = 0.64$ $P = 0.04$		2 = sustrato ZECI	
$CV = 67.54$ media = 1.18 ::t0.80		S = sustrato semi-hidropónico	

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.1.1.2 Número de frutos totales, comerciales y no comerciales por hectárea. Para la variable número de frutos totales por hectárea el efecto del bloqueado, su interacción con el sustrato y la combinación sustrato- fertilización no mostraron diferencias estadísticas significativas. Pero sí lo mostró el efecto aislado de la fertilización.

La solución hidropónica resultó con la mayor cantidad de frutos totales y comerciales por hectárea mientras que Plan Canarias, la fertilización de la ZECI y el método extracciones obtuvieron resultados iguales entre ellos pero menores a la solución hidropónica.

Lo que evidenció que la utilización de la metodología de fertilización de cultivos hidropónicos resultó en un aumento de la productividad al proveer a la planta, en forma constante, los nutrientes que ella necesitó en la etapa que los requirió.

Para número de frutos no comerciales por hectárea el efecto combinado sustrato - fertilización fue la única fuente de variación significativa. De ésta se dijo que plan Canarias, fertilización de la ZECI, solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico y extracciones, solución hidropónica y fertilización de la ZECI en el sustrato 2 son iguales estadísticamente y resultaron en el menor número de frutos no aptos para comercialización. Esto podría deberse a que el sustrato 2 reportó mayores cantidades de nutrientes en el análisis de extracto saturado, sin embargo las relaciones entre ellos no eran las adecuadas para un correcto desarrollo del cultivo.

Cuadro 27. Efecto de cuatro programas de fertilización en el número de frutos totales por hectárea en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

Fuente de variación		Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>			
Solución hidropónica		40,171	a*
Plan Canarias		32,906	b
Fertilización de la ZECI		31,624	b
Extracciones		30,128	b

R² = 0.69

CV = 16.64

p = 0.01

media = 33,707i:5,609

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 28. Efecto de cuatro programas de fertilización en el número de frutos comerciales por hectárea en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	38,782	a*
Plan Canarias	31,410	b
Fertilización de la ZECI	30,449	b
Extracciones	27,885	b

R² = 0.70 p = 0.01
 cV= 17.71 media = 32,1312:5,690

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 29. Efecto de la interacción de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en el número de frutos no comerciales por hectárea en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Media	Separación de medias	Porcentaje del total
<u>Tratamientos</u>			
Extracciones-S	3,205.13	a*	12.61
Plan Canarias-2	2,350.43	ab	6.79
Fertilización de la ZECI-2	1,709.40	abc	4.82
Solución hidropónica-2	1,709.40	abc	4.44
Extracciones-2	1,282.05	bc	3.68
Solución hidropónica-S	1,068.38	bc	2.55
Fertilización de la ZECI-S	641.03	c	2.31
Plan Canarias-S	641.03	c	2.05

R² = 0.61 p < 0.06 2 = sustrato ZECI
 CV = 65.57 media = 1,5762:1,033 S = sustrato semi-hidropónico

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.1.1.3 Número de frutos totales, comerciales y no comerciales por planta. Al igual que la variable número de frutos comerciales por hectárea el número de frutos por planta totales y comerciales. sólo presentó diferencias significativas por el efecto de la fertilización

para ambas variables la solución hidropónica presentó el mayor promedio de frutos por planta estando sobre la media de plan Canarias, fertilización de la ZECI y extracciones que fueron iguales estadísticamente.

De la misma manera que las anteriores variables no comerciales, el número de frutos no comerciales por planta sólo presentó diferencias significativas en la interacción sustrato fertilización.

Se observó que los tratamientos plan Canarias, fertilización de la ZECI y solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico, extracciones, solución hidropónica y la fertilización de la ZECI en el sustrato 2 obtuvieron menores unidades no comerciales por planta que el resto de tratamientos.

Moll (1969), indica que en la fase del cultivo que va desde la aparición de las flores hembras hasta el cuajado de los primeros frutos, se cuidará que la planta esté bien alimentada en fósforo y potasio, evitando excesos de nitrógeno que puedan producir una exuberante vegetación y aborto floral. Por su parte, Namesny et al. (1997), recalca que cuando ocurren simultáneamente niveles de carencia de fósforo y exceso de nitrógeno durante la floración y fecundación, se produce una reducción de hasta el 70% del potencial de floración y una disminución considerable del número de frutos fecundados.

Los cuatro programas se comportaron de manera diferente en la fase de cuajado de frutos, plan Canarias duplicó el Nitrógeno aportado en forma de nitrato de potasio y disminuyó a la mitad el fósforo aplicado en forma de fosfato monoamónico. Extracciones aumentó gradualmente el aporte de nitrógeno y lo disminuyó hasta la fase cuatro del cultivo (58-69 ddt) cuando los frutos ya estaban en fase de crecimiento final y comenzando el llenado. Por su parte la fertilización de la ZECI aumentó la aplicación de urea sin aportar ninguna fuente de fósforo.

Solamente la solución hidropónica disminuyó en un 4% la cantidad de nitrógeno aportada durante la fase de cuajado de fruto y fue esta fertilización la que obtuvo mayor número de frutos por planta, arriba del promedio obtenido comercialmente en la ZECI.

cuadro 30. Efecto de cuatro programas de fertilización en el número de frutos totales por planta en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	1.86	a*
Plan Canarias	1.50	b
Fertilización de la ZECI	1.44	b
Extracciones	1.38	b

R² = 0.70 p = 0.01
 cV= 16.60 media = 1.54 ±0.26

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 31. Efecto de cuatro programas de fertilización en el número de frutos comerciales por planta en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de media
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	1.80	a*
Plan Canarias	1.43	b
Fertilización de la ZECI	1.39	b
Extracciones	1.28	b

R² = 0.71 p < 0.01
 CV= 17.69 media = 1.47 ±0.26

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 32. Efecto de la interacción de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en el número de frutos no comerciales por planta en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Tratamientos</u>		
Extracciones-S	0.15	a*
Plan canarias-2	0.11	ab
Fertilización de la ZECI-2	0.08	be
Solución hidropónica-2	0.08	bc
Extracciones-2	0.06	bc
Solución hidropónica-S	0.05	bc
Fertilización de la ZECI-S	0.03	c
Plan Canarias-S	0.03	c

R² = 0.62 p = 0.05

CV = 64.20 media = 0.07 ::!:::0.05

2 = sustrato ZECI

S = sustrato semi-hidropónico

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.1.1.4 Peso promedio de frutos total, comercial y no comercial. Para peso promedio de fruto total y peso promedio de fruto comercial las fuentes de variación que presentaron diferencias significativas fueron el sustrato y la fertilización.

En peso promedio de fruto no comercial debido a una baja representatividad (R²<0.5) no se puede inferir de los datos obtenidos en el análisis estadístico.

Para el caso de las variables peso promedio de fruto total y peso promedio de fruto comercial, la solución hidropónica y fertilización de la ZECI fueron iguales y con valores más altos que extracciones y plan Canarias. El cambio más notorio entre las cuatro fertilizaciones en la fase de crecimiento y llenado de frutos fue la cantidad de calcio aplicado en forma de nitrato de calcio. Se observa (cuadro 33 y 37) como los resultados estadísticos de peso promedio de fruto comercial se comportan de forma similar al descenso de aporte de este nutrimento en gramos por planta por día en la etapa mencionada.

Cuadro 33. Diferencias en el aporte en g/planta /día de calcio en forma de nitrato de calcio en los cuatro programas de fertilización en la etapa de llenado de fruto.

	<u>Nitrato de calcio</u>	<u>Calcio</u>
Fertilización de la ZECI	1	0.17
Solución hidropónica	0.6	0.1
Extracciones	0.46	0.08
Plan Canarias	0.3	0.05

Peso promedio de fruto total y peso promedio de fruto comercial son las únicas variables en las que se presentaron diferencias significativas en sustrato. En ambos casos los frutos de las plantas desarrolladas en el sustrato 2 alcanzaron mayor promedio de peso que en el sustrato semi-hidropónico.

Esto podría deberse a que, en general, aunque las relaciones de nutrientes en el sustrato 2 no fueron las óptimas, si aportaron mayor cantidad de macro y micro nutrientes que el sustrato semi-hidropónico (anexo 1). En el caso que cualquiera de las fertilizaciones no haya aportado los nutrientes suficientes en el fertirriego, el sustrato 2 debió disminuir el efecto negativo sobre el peso promedio de los frutos. Además los sustratos presentan diferencias en sus propiedades físicas como se muestra en el cuadro 34.

Cuadro 34. Caracterización física de los sustratos evaluados antes y después de un ciclo de cultivo

Sustrato	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad real (g/cm ³)	Porosidad (%)	Capacidad de retención (%)
2 antes de ciclo	0.47	1.36	64.9	137.0
2 después de ciclo	0.38	0.83	54.5	144.9
S antes de ciclo	0.60	1.30	53.7	89.6
S después de ciclo	0.51	1.36	62.3	122.8

2 = sustrato ZECI

S = sustrato semi-hidropónico

Producto de estas diferencias en propiedades físicas, durante el ciclo de cultivo los sustratos mostraron diferente volumen de agua drenada (cuadro 35).

Cuadro 35. Resumen de la medición diaria de porcentaje de agua drenada en cada uno de los sustratos evaluados.

<u>Sustrato</u>	<u>Promedio de % de volumen drenado</u>
2	42%
Semi-hidropónico	51%

Aunque el sustrato sólo mostró diferencias estadísticas en dos variables el análisis foliar presenta diferencias para el sustrato como para las fertilizaciones. El análisis foliar realizado para la etapa comprendida entre fruto pequeño y cosecha muestra que todos los tratamientos tienen valores bajos de nitrógeno. Los tratamientos extracciones en sustrato semi-hidropónico y fertilización de la ZECI en sustrato semi-hidropónico se ubican en el rango de deficiencia de potasio. Ningún tratamiento alcanza los valores óptimos de calcio para esta etapa fenológica. En fósforo, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc todos los tratamientos se encuentran en el rango de suficiencia (ver anexo 3)

Cuadro 36. Efecto de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en el peso promedio total de frutos en gramos en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	<u>Media</u>	<u>Separación de medias</u>
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	1,210.93	a*
Fertilización de la ZECI	1,169.94	a
Extracciones	1,070.33	b
<u>Plan Canarias</u>	1,057.89	b
<u>Sustratos</u>		
2	1214.56	a
Semi -hidropónico	1039.99	b

R² = 0.81 p < 0.01
 CV = 7.12 media = 1,127 :t80.21

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 37. Efecto de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en el peso promedio de frutos comerciales en gramos en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	1,227.80	a* a
Fertilización de la ZECI	1,190.42	b
Extracciones	1,097.40	b
<u>Plan Canarias</u>	1,066.66	
<u>Sustratos</u>		
2	1,233.58	a
Semi-hidropónico	1,057.56	b

R² = 0.83 p < 0.01
 CV = 6.62 media = 1,145.57 +/-75.90

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.1.1.5 Redondez promedio de frutos. Para el caso sólo el efecto de la fertilización resultó significativo.

Extracciones y la fertilización de la ZECI mostraron frutos más redondos (índice de redondez cercano al). Sin embargo estadísticamente fertilización de la ZECI, plan Canarias y solución hidropónica son iguales.

Cuadro 38. Efecto de cuatro programas de fertilización en el índice de redondez promedio de fruto en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	1.22	a*
Plan Canarias	1.21	a
Fertilización de la ZECI	1.19	ab
Extracciones	1.16	b

R² = 0.62 p < 0.06
 CV = 2.66 media = 1.20 +/- 0.032

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

Esto se puede verificar en las mediciones diarias de volumen de agua aplicado, pH y CE en solución de riego en dos diferentes puntos en el invernadero (cuadro 39).

<u>Medición</u>	<u>Bloque 1</u>	<u>Bloque 4</u>
Volumen (l/planta/día)	1.4	1.7
pH	4.7	4.6
Conductividad eléctrica (mS/cm)	1.21	1.02

Extracciones fue estadísticamente diferente a fertilización de la ZECI, plan Canarias y solución hidropónica que son iguales y menores que extracciones.

El potasio se necesita en todas las fases del cultivo pero requiere alta disponibilidad en el momento de la floración y llenado de fruto. Es clave para mover carbohidratos de reserva y energía a los frutos. ¹

La solución hidropónica aportó mayores cantidades de potasio en forma de nitrato de potasio durante el ciclo del cultivo, sin embargo la relación N/K, importante en la absorción del nutriente, fue siempre muy alta. La fertilización extracciones tuvo un mayor aporte de potasio en el ciclo total seguida de la fertilización de la ZECI y plan Canarias.

¹ GAUGGEL, C. 2002. El potasio en las hortalizas de fruto. Zamorano. EAP (entrevista)

cuadro 40. Efecto de cuatro programas de fertilización en el promedio de grados brix en el cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Extracciones	10.51	a*
Fertilización de la ZECI	9.79	b
Plan Canarias	9.60	b
Solución hidropónica	9.06	b

R² = 0.57 p < 0.01
 cV = 12.73 media = 9.74 2:1.24

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.1.2 Variables económicas

Para las variables económicas costo, ingreso, utilidad y relación beneficio/costo el efecto de los bloques y su interacción con el sustrato no presentó diferencias significativas. No así el efecto aislado del sustrato, la fertilización y la interacción entre ambas.

El análisis de varianza para las variables económicas se encuentra en el anexo 7.

Cuadro 41. Resumen de las variables económicas costo, ingreso, utilidad y relación beneficio/costo (lps/ha).

<u>Tratamiento</u>	<u>Costo total</u>	<u>Ingreso</u>	<u>Utilidad</u>	<u>B/C</u>
Solución hidropónica-2	127,582	140,187	12,604	0.099
Solución hidropónica-S	125,677	139,869	14,193	0.113
Extracciones-2	121,205	120,069	-1,136	-0.009
Extracciones-S	118,400	64,064	-54,336	-0.459
Plan Canarias-2	111,363	107,313	-4,050	-0.036
Plan Canarias-S	109,219	92,241	-16,978	-0.155
Fertilización de la ZECI-2	103,308	128,192	24,884	0.241
Fertilización de la ZECI-S	100,764	88,338	-12,426	-0.123

2 = sustrato ZECI
 S = sustrato semi-hidropónico

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

Sobre los índices económicos en lo que se refiere a tratamientos, se dedujo que para la variable costo todos los tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos, siendo el que presentó más altos costos solución hidropónica en el sustrato 2 y el de

menos fertilización de la ZECI en el sustrato semi-hidropónico. Esto se debió a las diferencias existentes en el tipo y cantidad de fertilizante utilizados en cada tratamiento.

para la variable ingreso se observó que las fertilizaciones solución hidropónica, fertilización de la ZECI y extracciones en el sustrato 2 y solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico presentaron resultados iguales mientras extracciones obtuvo el menor ingreso por hectárea de todos los tratamientos.

Las variables utilidad y relación beneficio/costo tuvieron resultado iguales en el análisis estadístico. Los tratamientos fertilización de la ZECI en el sustrato 2, solución hidropónica en el sustrato semi-hidropónico y solución hidropónica en el sustrato 2 no presentaron diferencias significativas y tuvieron los valores más altos por lo que su utilidad y relación beneficio/costo es invariable al escoger cualquiera de las tres alternativas. Por el contrario extracciones en el sustrato semi-hidropónico mostró la menor utilidad y relación beneficio/costo.

Así aunque solución hidropónica en el sustrato 2 presentó los costos más altos, también la utilidad y relación beneficio/costo. Situación más favorable se presenta para ZECI que tiene costos menores a la solución hidropónica pero el mismo nivel de ingresos terminando ambos tratamientos al mismo nivel estadístico en cuanto a utilidad.

Analizando aisladamente, el sustrato 2 tuvo mayor valor monetario que el semi hidropónico y el ingreso que se obtuvo de cada uno no presentó diferencias significativas. El análisis se finaliza con la igualdad estadística alcanzada por ambos sustratos para las variables utilidad y relación beneficio/costo.

En cuanto a la variable costo en las fertilizaciones, las cuatro fueron diferentes estadísticamente, presentando el siguiente orden descendente en costos: solución hidropónica, extracciones, plan Canarias y fertilización de la ZECI.

Solución hidropónica presenta el mayor ingreso por hectárea mientras fertilización de la ZECI, plan Canarias y extracciones no mostraron diferencias significativas y tuvieron un menor ingreso.

Las variables utilidad y beneficio/costo en solución hidropónica y fertilización de la ZECI no presentaron diferencias significativas y tuvieron los valores más altos. Similar escogencia se podría hacer por un lado entre fertilización de la ZECI y plan Canarias con valores intermedios o entre plan Canarias y extracciones que alcanzaron los valores más bajos de utilidad y relación beneficio/costo.

cuadro 42. Efecto de cuatro programas de fertilización, dos sustratos y la interacción entre ambos en los costos de producción totales (lps/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	126,629	a*
Extracciones	119,802	b
Plan Canarias	110,291	c
<u>Fertilización de la ZECI</u>	102,036	d
<u>Sustratos</u>		
2	115,865	a
Semi-hidropónico	113,515	b
<u>Tratamientos</u>		
Solución hidropónica-2	127,582	a
Solución hidropónica-S	125,677	b
Extracciones-2	121,205	c
Extracciones-S	118,400	d
Plan Canarias-2	111,363	e
Plan Canarias-S	109,219	f
Fertilización de la ZECI-2	103,308	g
Fertilización de la ZECI-S	100,764	h

R² = 0.99 p < 0.01
 CV = 0.24 media = 114,690 ~269.67

2 = sustrato ZECI
 S = sustrato semi-hidropónico
 Tasa de cambio = 16.71ps/US\$

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 43. Efecto de cuatro programas de fertilización, dos sustratos y la interacción entre ambos en los ingresos totales (lps/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	140,028	a*
Fertilización de la ZECI	108,265	b
Plan Canarias	997,77	b
<u>Extracciones</u>	<u>92,067</u>	b
<u>Sustratos</u>		
2	123,940	a
<u>Semi-hidropónico</u>	<u>96,128</u>	a
<u>Tratamientos</u>		
Solución hidropónica-2	140,187	a
Solución hidropónica-S	139,869	a
Fertilización de la ZECI-2	128,192	ab
Extracciones-2	120,069	ab
Plan Canarias-2	107,314	bc
Plan Canarias-S	92,241	c
Fertilización de la ZECI-S	88,339	cd
Extracciones-S	64,065	d

R² = 0.83
 CV= 15.17 p < 0.01
 media = 110,034 +/- 16,700

2 = sustrato ZECI
 S = sustrato semi-hidropónico
 Tasa de cambio = 16.70 Ips/US\$

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 44. Efecto de cuatro programas de fertilización, dos sustratos y la interacción entre ambos en la utilidad (lps/ha) del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	13,399	a*
Fertilización de la ZECI	6,230	ab
Plan Canarias	-10,514	bc
Extracciones	-27,736	c
<u>Sustratos</u>		
2	8,076	a -
<u>Semi-hidropónico</u>	17,387	a
<u>Tratamientos</u>		
Fertilización de la ZECI-2	24,885	a
Solución hidropónica-S	14,143	ab
Solución hidropónica-2	12,605	ab
Extracciones-2	-1,135	bc
Plan Canarias-2	-4,050	be
Fertilización de la ZECI-S	-12,426	e
Plan Canarias-S	-16,978	c
Extracciones-S	-54,336	d

R² = 0.81

CV = - 352.92

p < 0.01

media = - 4,655 :t16,430

2 = sustrato ZECI

S = sustrato semi-hidropónico

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

cuadro 45. Efecto de cuatro programas de fertilización, dos sustratos y la interacción entre ambos en la relación beneficio/costo del cultivo de melón bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras.

<u>Fuente de variación</u>	Media	Separación de medias
<u>Fertilización</u>		
Solución hidropónica	0.1057	a*
Fertilización de la ZECI	0.0583	a
Plan Canarias	-0.0963	b
<u>Extracciones</u>	-0.2345	b
<u>Sustratos</u>		
2	0.0733	a
<u>Semi-hidropónico</u>	-0.1567	a
<u>Tratamientos</u>		
Fertilización de la ZECI-2	0.2408	a
Solución hidropónica-S	0.1128	ab
Solución hidropónica-2	0.0985	ab
Extracciones-2	-0.0098	bc
Plan Canarias-2	-0.0364	bc
Fertilización de la ZECI-S	-0.1241	c
Plan Canarias-S	-0.1563	C
Extracciones-S	-0.4592	D

R² = 0.80 CV
= - 352.76

p < 0.01
media = -0.04 :t0.15

2 = sustrato ZECI
S = sustrato semi-hidropónico
Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

* Medias dentro de la misma fuente de variación con la misma letra son estadísticamente iguales

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

En los tres escenarios evaluados (pesimista, esperado y optimista) los tratamientos dominantes fueron la fertilización de la ZECI en el sustrato semi-hidropónico y fertilización de la ZECI en el sustrato 2 (testigo). La fertilización de la ZECI en el sustrato semi-hidropónico fue el tratamiento con menores costos y con un rendimiento bajo en comparación con el resto, por su parte la fertilización de la ZECI en el sustrato 2 tuvo costos un poco mayor que fertilización de la ZECI en el sustrato semi-hidropónico pero su rendimiento fue uno de los más altos del ensayo.

El análisis marginal indicó que para pasar de la tecnología de la fertilización de la ZECI en el sustrato semi-hidropónico a la fertilización de la ZECI en el sustrato 2 existió un costo diferencial de 1,900 lps/ha pero se obtuvo un beneficio neto marginal de 37,901

Es importante tomar en cuenta que este análisis pierde validez práctica pues actualmente la ZECI utiliza el sustrato 2 y ninguno de los otros tratamientos evaluados supero la tasa de retorno marginal que el testigo alcanzó.

4.2.1 Escenario esperado

para el escenario esperado se consideró el precio de venta en el momento del ensayo y un 10% de castigo sobre el rendimiento comercial. En los cuadros 46 y 47 Y en la figura 2 se resume el presupuesto parcial, análisis marginal y de dominancia.

Coefficiente de ajuste	0.9
Precio de venta (Lps/Kg)	3.3
Costo cosecha (Lps/Kg)	0.004
Precio de campo (Lps/Kg)	3.296

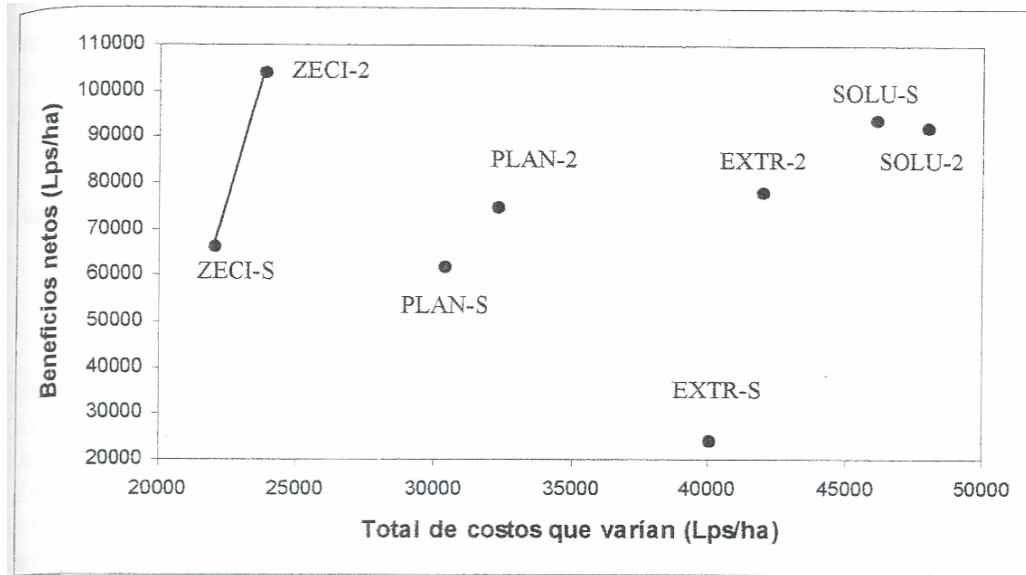
Cuadro 46. Presupuesto parcial del escenario esperado

	Tratamiento							
	SOLU- 2	SOLU- S	EXTR- 2	EXTR- S	PLAN- 2	PLAN- S	ZECI- 2	ZECI- S
Rendim. Medio (Kglha)	47,200	47,095	40,428	21,570	36,133	31,058	43,163	29,745
Rendim. ajustado (Kglha)	42,480	42,386	36,385	19,413	32,519	27,952	38,846	26,771
Beneficios brutos campo (Lps/ha)	140,011	139,700	119,922	63,984	107,181	92,127	128,035	88,234
Costo fertilizante (Lps/ha)	33,789	33,789	27,737	27,737	18,101	18,101	9,709	9,709
Costo de sustrato (Lps/ha)	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323
Total costos que varían (Lps/ha)	48,013	46,112	41,960	40,060	32,324	30,424	23,932	22,032
Beneficio neto marginal (Lps/ha)	91,999	93,588	77,962	23,924	74,857	61,703	104,103	66,202
Análisis de Dominancia	N	N	N	N	N	N	D	D

N = Dominado

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

D = Dominante



Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

Figura 2. Análisis de dominancia del escenario esperado

Cuadro 47. Resultados del análisis marginal del escenario esperado

Tratamiento	Costos que varían L s/ha	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal %
ZECI-S	22,032		66,202		
ZECI-2	23,932	1,900	104,103	37,901	1,994

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

4.2.2 Escenario pesimista

Para definir el precio se tomó en cuenta el valor que obtiene la ZECI durante la época de producción de las meloneras de] sur del país y un castigo de la producción del 20% del total comercial. En los cuadro 48 y 49 Y la figura 3 se resume el presupuesto parcial, análisis marginal y de dominancia.

Para el caso, cada unidad monetaria invertida retornó con una adición de 5.19 lempiras más.

Coefficiente de ajuste	0.8
Precio de venta (Lps/Kg)	1.1
Costo cosecha (Lps/Kg)	0.004
Precio de campo (Lps/Kg)	1.096

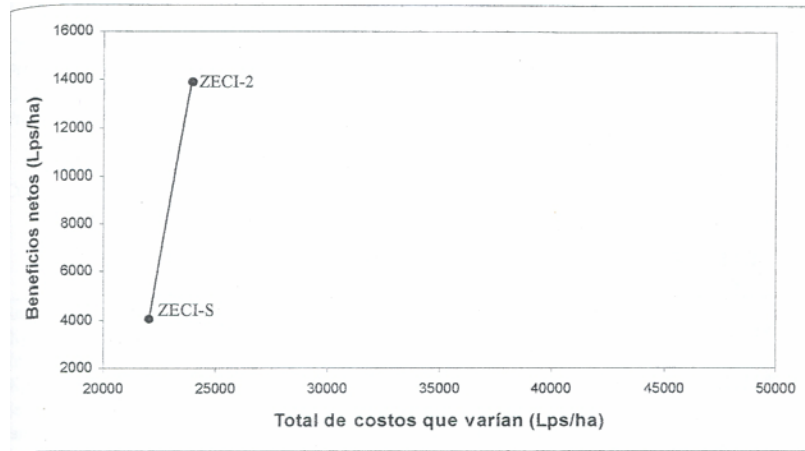
Cuadro 48. Presupuestos parciales del escenario pesimista

	Tratamiento							
	SOLU- 2	SOLU- S	EXTR- 2	EXTR- S	PLAN- 2	PLAN- S	ZECI- 2	ZECI- S
Rendimiento medio (Kg/ha)	47,200	47,095	40,428	21,570	36,133	31,058	43,163	29,745
Rendimi. ajustado (Kg/ha)	37,760	37,676	32,342	17,256	28,906	24,846	34,530	23,796
Beneficios brutos de campo (Lps/ha)	41,383	41,290	35,445	18,911	31,679	27,230	37,843	26,079
Costo de fertilizante (Lps/ha)	33,789	33,789	27,737	27,737	18,101	18,101	9,709	9,709
Costo de sustrato (Lps/ha)	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323
Total de costos que varían (Lps/ha)	48,013	46,112	41,960	40,060	32,324	30,424	23,932	22,032
Beneficios netos <u>marginales (Lps/ha)</u>	-6,630	-4,822	-6,515	-21,148	-645	-3,194	13,911	4,047
Análisis de dominancia	N	N	N	N	N	N	D	D

N = Dominado

Tasa de cambio = 16.70 Ips/US\$

D = Dominante



Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

Figura 3. Análisis de dominancia del escenario pesimista

Cuadro 49. Resultados del análisis marginal del escenario pesimista

Tratamiento	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal %
ZECI-S	22,032	<u>Lps/ha</u>	4,047		
ZECI-2	23,932	1,900	13,911	9,863	519

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

4.2.3 Escenario optimista

Para definir el precio se tomó en cuenta el valor que obtiene la ZECI durante la época en que las meloneras del sur del país no están en producción y los precios son los más altos del año y un castigo de la producción de sólo el 5% del total comercial. En los cuadros 50 y 51 y la figura 4 se resume el presupuesto parcial, análisis marginal y de dominancia.

El retorno a la inversión fue mayor: se recuperó el lempira invertido más 28.5 lempiras más. Este valor alto obedece a que el beneficio neto marginal es de 54,133 lempiras.

Coefficiente de ajuste	0.95
Precio de venta (Lps/Kg)	4.4
Costo cosecha (Lps/Kg)	0.004
Precio de campo (Lps/Kg)	4.396

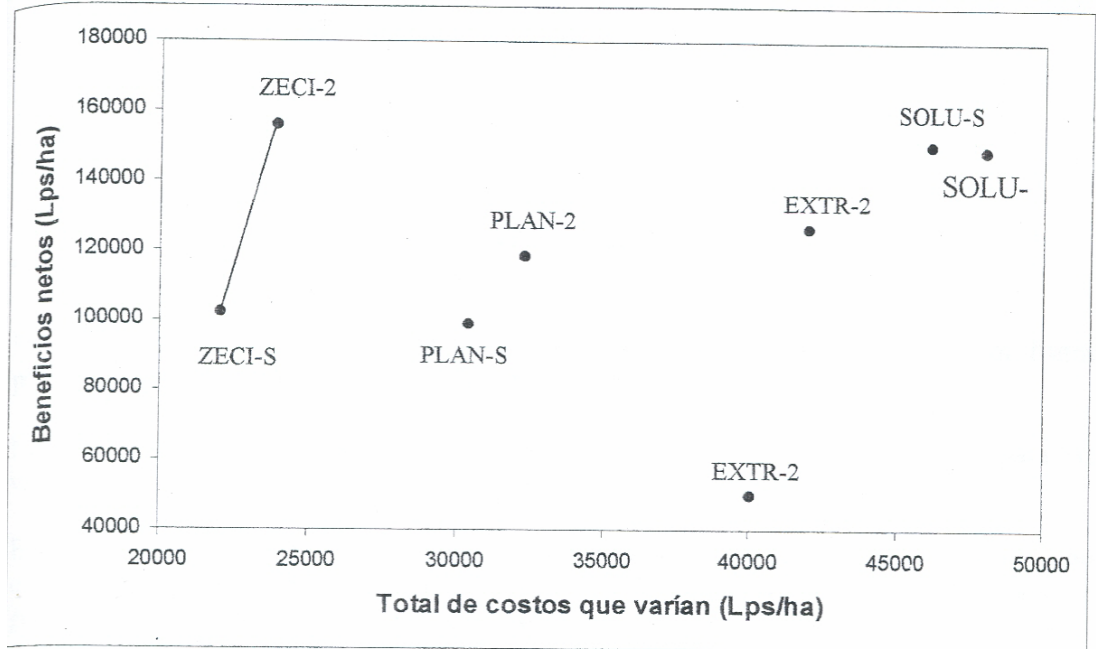
cuadro 50. Presupuestos parciales del escenario optimista

	Tratamiento							
	SOLU- 2	SOLU- S	EXTR- 2	EXTR- S	PLAN- 2	PLAN- S	ZECI- 2	ZECI- S
<u>Rendimi.</u> medio (Kglha)	47,200	47,095	40,428	21,570	36,133	31,058	43,163	29,745
Rendimi. ajustado (Kglha)	44,840	44,740	38,406	20,492	34,326	29,505	41,004	28,258
Beneficios brutos campo (Lps/ha)	197,114	196,675	168,831	90,079	150,894	129,700	180,253	124,219
Costo fertilizante (Lps/ha)	33,789	33,789	27,737	27,737	18,101	18,101	9,709	9,709
Costo de sustrato (Lps/ha)	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323	14,223	12,323
Total costos que varían (Lps/ha)	48,013	46,112	41,960	40,060	32,324	30,424	23,932	22,032
Beneficios netos ,s/ha	149,101	150,563	126,871	50,020	118,570	99,277	156,321	102,188
Análisis de dominancia	N	N	N	N	N	N	D	D

N = Dominado

Tasa de cambio = 16.70 Ips/US\$

D = Dominante



Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

Figura 4. Análisis de dominancia del escenario optimista

Cuadro 51. Resultados del análisis marginal del escenario optimista

Tratamiento	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal %
ZECI-S	22,032	<u>Lps/ha</u>	102,188		
ZECI-2	23,932	1,900	156,321	54,133	2,849

Tasa de cambio = 16.70 lps/US\$

5. CONCLUSIONES

La aplicación de la solución nutritiva obtuvo el máximo rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de fruto comercial.

No se encontró diferencias entre las fertilizaciones y los sustratos evaluados para las variables de rendimiento y calidad no comercial

El aumento de frutos por planta obtenido con la aplicación de la solución nutritiva no disminuyó el peso promedio de frutos, pero sí la calidad de estos medida en promedio de grados brix. La fertilización con base en las extracciones periódicas del cultivo alcanzó el máximo valor de sólidos solubles totales.

Bajo las condiciones del ensayo, el óptimo técnico fue alcanzado por la fertilización que comprendió la solución nutritiva, mientras el óptimo económico correspondió a ésta misma y a la fertilización de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos.

La aplicación de la solución nutritiva resultó en un incremento sustancial de los costos de producción con respecto al resto de fertilizaciones, mientras la fertilización de la ZECI tuvo la máxima rentabilidad en costos de producción.

El tratamiento que comprende la fertilización de la ZECI y el sustrato 2, la solución nutritiva en el sustrato 2 y la solución nutritiva en el sustrato semi-hidropónico fueron los que, bajo las condiciones de Zamorano, resultaron en rentabilidades positivas.

Tomando en cuenta el retorno a la inversión realizada en la adopción de nuevas tecnologías en fertirrigación y sustratos, no es factible económicamente la utilización de ninguno de los tratamientos alternativos evaluados. En este contexto es conveniente seguir utilizando la fertilización y sustrato convencional de la ZECI.

A pesar que el análisis foliar indica similares porcentajes de nutrientes en la planta entre los tratamientos evaluados, la solución nutritiva obtuvo rendimientos mayores. Esto se explica por el aporte constante y balanceado de azufre y magnesio en el transcurso del ciclo de cultivo.

Las condiciones de manejo de Zamorano no son las adecuadas para la utilización de un sustrato inerte ya que la frecuencia de riegos es baja y la duración de cada uno muy alta, lo que resulta en una pérdida de nutrientes en el drenaje, poco aprovechamiento por parte de la planta y, en las etapas finales del cultivo, un aporte insuficiente de los requerimientos hídricos de éste.

La concepción de fertirrigación de la solución nutritiva conlleva el aporte constante y uniforme de las concentraciones de nutrientes que la componen. Las prácticas de riego utilizadas durante el ensayo no permitieron este aporte continuo de nutrientes en solución traducido en un rendimiento menor al esperado e insuficiente para tener utilidades más altas de las que produjo.

El aporte de nutrientes en el método de extracciones periódicas resultó limitado en las primeras fases del cultivo (establecimiento y crecimiento vegetativo) ya que aportó cantidades muy bajas de los nutrientes requeridos, lo que se tradujo en una disminución del crecimiento de la planta, reducción en el número de frutos cuajados con su consiguiente baja en productividad comercial.

6. RECOMENDACIONES

Realizar un ensayo similar utilizando la concepción de fertirrigación de la solución nutritiva aplicada en el sustrato semi-hidropónico probando diferentes frecuencias y duración de riego.

Automatizar el riego para que controle tiempos, volúmenes, pH y conductividad eléctrica y en segundo lugar, usar fertilizantes distintos a la urea que proporcionen un mejor balance nutricional al cultivo.

Monitorear constantemente la relación de las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, etc), características del sustrato (químicas y físicas), agua de riego (pH, conductividad eléctrica, aniones y cationes) y tipo de fertilizantes a utilizar (solubilidad, pureza, aporte nutricional, incremento de conductividad eléctrica e incompatibilidad). Esta información junto con el comportamiento de la planta deben ser los factores que incidan en las recomendaciones de fertirrigación que se hagan antes o durante el cultivo.

Buscar componentes alternativos para elaboración de sustratos inertes que disminuyan los costos de producción y obtengan rendimientos similares o mayores que los actuales en las condiciones propicias de manejo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN. A 2000. Tecnología para Cultivos de Alto Rendimiento. Ediciones Novedades Agrícolas. Murcia, España. 460 p.

CADAIDA. C. 2000. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. 2da ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 475 p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ed. Rev. México. 79 p.

DOMÍNGUEZ. A. 1989. Tratado .de Fertilización. 2da ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 601 p.

ESTEVE.1. 1986. Apuntes sobre riego localizado. Editorial del Servicio de Extensión Agraria. Madrid. España. 190 p.

GAMA YO. J. 1991. Cultivo del Melón en Invernadero. Ediciones de la Consejería de Agricultura y Pesca. Valencia, España. 116 p.

GIMÉNEZ. M. 1996. "Fertilizantes Agrícolas y sus Aplicaciones en la Fertirrigación. Propiedades y Modos de Acción". III Jornada de la Fertilización de los Cultivos Agrícolas. Murcia, España. 315-328 p.

GROS. A; DOMINCUEZ. A 1992. Abonos. Guía Práctica de la Fertilización. 8va ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 450 p.

INFOAGRO. 2002. El cultivo del Melón (España). Consultado el 16 de enero de 2002. Disponible en: www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon3.asp

KIPP. 1.; WEVER G. 2000. "Sustratos y Turbas. Mezclas para Nutrir y Ayudar a Crecer a la Planta". Revista de la Industria de Invernadero. Edición Especial Extra 2000. Ediciones de Horticultura S.L. Barcelona, España. 112-117 p.

MARTINEZ. E.; GARCIA. M. 1993. Cultivos sin Suelo: Hortalizas en Clima Mediterráneo. Compendio de Horticultura 3. Ediciones de Horticultura. S.L. Barcelona, España. 123 p.

MOLL, H. 1969. El Melón: Economía, Producción y Comercialización. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 250 p.

NAMESNY, A; RINCÓN, L.; VALENZUELA, I. 1997. Melones. Compendio de Horticultura 10. Ediciones de Horticultura S.L. Barcelona, España. 277 p.

RINCÓN, L. et al. 1996. Growth and Nutrient Absorption by Musk Melon Under Greenhouse Conditions. Horticulture Editorial. Oklahoma. USA. 173 p.

RINCÓN, L.; GIMÉNEZ, M. 1991.. Fertirrigación por Goteo del Melón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 215 p.

SAS Institute. 1999. SAS@ user guide: Static versión 6.4 Edition. SAS Institute Inc., Carry, N.Y.

SOLER I.; ARROYO, I. 1998. "Fertilización". En: Revista Vida Rural. Año V, número 71. Madrid, España. 29 - 48 p.

V ALENZUELA, I. et al. 1991. Rango Oprimo de Macro y Micronutrientes en Plantas de Melón. Actas del II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almena, España. 221-225 p.

ZAPATA, M. et al. 1989. El Melón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 230 p.