

AVANCES EN LA INVESTIGACION SOBRE PRODUCCION HIDROPONICA DE HORTALIZAS

Eison Valdiviezo¹, Carlos Ramirez¹, Jazmín Chang², Diego Ramos²

INTRODUCCION

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil desde el año 2004 viene efectuando varias actividades de agricultura urbana, partiendo de la línea de investigación sobre nutrición e hidroponía. Los trabajos se iniciaron con el estudio de varias formulas comerciales de soluciones nutritivas entre ellas la de Pérez y Castro (1999), La Molina (Rodríguez *et al.*, 2001) y la Bechhart y Connors de la Estación Experimental Agrícola de New Jersey (Hidroponía, s.a.). En la parte de sustratos se ha probado zeolita, arena gruesa, cascarilla de arroz y la combinación de las dos últimas. Las especies que se han evaluado son pimiento (*Capsicum annun L.*), variedad Quetzal y en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), con los cultivares Dominique, Daniela y Miramar. También se están terminando trabajos relacionados con la producción de tomate dentro y fuera del invernadero, toda vez que este cultivo tiende incrementar su crecimiento en condiciones de ambiente cerrado posiblemente por la luminosidad; estos estudios se los viene efectuando en la ciudad de Milagro, provincia del Guayas, y tienen como objetivo general “Generar alternativas tecnológicas de producción hortícola con el sistema hidropónico”.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1 (pimiento)

Los objetivos de este experimento fueron 1) Determinar el mejor sustrato en la producción de pimiento; 2) Determinar la mejor solución nutritiva para la producción de Pimiento y 3) Establecer la alternativa económica y más viable para la producción hidropónica. Los tratamientos con sustratos consistieron en zeolita natural, cascarilla de arroz; arena gruesa de río; Cascarilla de arroz + arena en proporción de 70% y 30%, respectivamente. Como soluciones nutritivas se probaron la de La Molina (Cuadro 1), Bechhart y Connors (Cuadro 2); y Pérez y Castro (Cuadro 3). Se utilizó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 4 x 3, con un total de 12 combinaciones de tratamientos. En la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Para la preparación de 1 L de solución nutritiva con la Formula “La Molina”, se añadió 5 mL de la solución concentrada A y 2 mL de la solución concentrada B en un litro de agua. Mientras que los componentes fertilizantes citados por Bechhart y Connors se los disolvió en 200 L de agua; finalmente las dosis fertilizantes de Pérez y Castro se los calculo para ser añadidas en 1000 L de agua. La cantidad de solución nutritiva aplicada a las plantas vario según la edad y exigencias del cultivo, la aplicación de esta se la hizo en forma manual.

Las variables medidas fueron: altura de planta (cm), número de frutos por planta, peso de frutos por planta (kg), longitud de frutos (cm), número de frutos con pudrición apical,

¹ Docentes Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil. Apartado 8488, Guayaquil, Ecuador.

² Tesistas Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil., Apartado 8488, Guayaquil, Ecuador.

volumen radical (mL) y rendimiento (kg planta⁻¹). También se efectuó un análisis económico de los tratamientos siguiendo la metodología del CIMMYT (1988).

Cuadro 1. Composición de la solución hidropónica “La Molina”.

| Fuente fertilizante | Dosis (gramos) |
|--|-----------------------|
| Solución concentrada “A” (<i>Cantidad de fertilizantes para 5.0 litros de agua, volumen final</i>) | |
| Nitrato de potasio | 550,0 |
| Nitrato de amonio | 350,0 |
| Superfosfato triple | 180,0 |
| Solución concentrada “B” (<i>Cantidad de fertilizantes para 2.0 litros de agua, volumen final</i>). | |
| Sulfato de magnesio | 220,0 |
| Fetrilom combi | 12,0 |
| Quelato de hierro 6% Fe | 8,5 |
| Ácido bórico | 1,2 |

Cuadro 2. Componentes de la solución nutritiva de Bechhart y Connors “Estación Experimental Agrícola de New Jersey”.

| Fuente fertilizante | Dosis (gramos) |
|----------------------------|-----------------------|
| Sulfato de amonio | 30 |
| Ácido fosfórico | 6.2 mL |
| Sulfato de magnesio | 114 |
| Nitrato de calcio | 486 |
| Nitrato de potasio | 150 |
| Sulfato ferroso | 50 |
| Sulfato de manganeso | 5 |
| Sulfato de zinc | 2 |
| Sulfato de cobre | 2 |
| Borax | 10 |

* Las fuentes de micronutrientos y dosis son las mismas empleadas en la fórmula de Pérez y Castro, 1999.

Cuadro 3. Componentes de la solución nutritiva de Pérez y Castro “Chapingo”.

| Fuente fertilizante | Dosis (gramos) |
|----------------------------|-----------------------|
| Ácido fosfórico 85% | 31 mL |
| Sulfato de potasio | 1000 |
| Sulfato de magnesio | 1230 |
| Nitrato de potasio | 750 |
| Nitrato de calcio | 2600 |
| Sulfato ferroso | 50 |
| Sulfato de manganeso | 5 |
| Sulfato de zinc | 2 |
| Sulfato de cobre | 2 |
| Borax | 10 |

Experimento 2 (tomate)

Los objetivos de este experimento fueron 1) Evaluar el comportamiento de dos híbridos de tomate; 2) Determinar el efecto de tres fertilizantes foliares a base de calcio y 3) Análisis económico. Los tratamientos consistieron en los híbridos de tomate Miramar y Milenio y los fertilizantes saeta calcio (Sca), nitrato de calcio (Nca) al 0.5%, metalozato de calcio (Mca) y un testigo (sin aplicación). Con una combinación de 8 tratamientos, el diseño experimental empleado fue bloques al azar distribuido en parcelas divididas, donde en la parcela grande estuvieron distribuidos los dos híbridos y en la parcela chica los tratamientos de fertilización al follaje. La dosis de fertilizante foliar de cada uno de los mencionados fue de 2 L ha⁻¹. Con intervalos de aplicación de 15 días, con un total de cuatro aplicaciones.

En este experimento se utilizó la solución hidropónica La Molina detallada en el experimento 1. Se utilizó un sistema de riego presurizado, la solución nutritiva se la ubicó en tanques con una capacidad de 50 litros elevados a 3 m de altura, la misma que estuvo acoplada con mangueras de media pulgada y unidas a estas los emisores (espaguetis) 1 por planta. Los riegos se los efectuó dependiendo de la edad y del requerimiento de la planta.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), altura de carga primer racimo (cm), número de frutos por planta, número de frutos con pudrición apical, rendimiento (kg planta⁻¹) y volumen radical (mL), además se cuantificó la concentración de macronutrientes en las hojas cuando la planta completo el quinto racimo y se hizo un análisis económico de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1 (pimiento)

En el Cuadro 4 se observa los diversos niveles de significancia obtenidos con las variedades medidas en el experimento con cultivo de pimiento, así como también los coeficientes de variación y promedios generales. En la fuente de variación para sustratos y soluciones nutritivas en la mayoría de las variables con excepción de longitud de frutos (LF) y frutos con pudrición apical (FPA) dentro de la fuente sustratos fueron altamente significativos; no hubo significancia estadística para la interacción de sustratos x soluciones nutritivas. Los coeficientes de variación oscilaron dentro del intervalo de 8 a 30%.

Cuadro 4. Significancia estadística obtenida en diversas variables medidas en el experimento sobre sustratos y soluciones nutritivas en el cultivo de pimiento, Milagro, 2005.

| Fuente de Variación | G.L. | AP | FP | LF | PFP | FPA | VR | REN |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tratamientos | 11 | ** | ** | N.S. | ** | ** | ** | ** |
| Sustrato | 3 | * | ** | N.S. | ** | N.S. | ** | ** |
| Sol. Nutritivas | 2 | ** | ** | N.S. | ** | ** | ** | ** |
| Sustratos x sol. Nutritivas | 6 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Error experimental | 36 | | | | | | | |
| Total | 47 | | | | | | | |
| C.V. (%) | | 15.28 | 33.34 | 8.75 | 29.78 | 26.34 | 24.94 | 29.78 |
| Media general | | 90.34 | 14.08 | 12.23 | 683.7 | 1.65 | 148.3 | 13674 |

AP = Altura de planta (cm); FP = Frutos por planta; LF = Longitud de frutos (cm); PFP = Peso de frutos por planta (g); FPA = Frutos con pudrición apical; VR = Volumen radical (mL); REN = Rendimiento (kg ha⁻¹).

En el sustrato zeolita natural se contabilizó una altura de planta promedio de 101.1 cm, siendo estadísticamente superior a los restantes sustratos que estuvieron por debajo de los 90 cm (Figura 1). En lo que respecta a las soluciones nutritivas de La Molina y Chapingo fueron iguales estadísticamente y las que alcanzaron alturas superiores a los 90 cm, la solución de New Jersey se mantuvo por debajo de estos promedios (Figura 2).

En el sustrato zeolita natural se cosechó 23.08 frutos, siendo estadísticamente superior a los restantes sustratos que estuvieron por debajo de los 14 frutos cosechados (Figura 3). Por otra parte, con solución nutritiva de La Molina la planta presentó la mayor cantidad de frutos y fue estadísticamente superior a los valores encontrados con las soluciones de Chapingo y New Jersey que estuvieron por debajo de los 15 frutos cosechados (Figura 4).

En el sustrato zeolita natural se cuantificó un peso superior a los 1000 g planta⁻¹, siendo estadísticamente superior a los restantes sustratos que estuvieron por debajo de los 800 g planta⁻¹ (Figura 5). En lo que respecta a las soluciones nutritivas de La Molina fue estadísticamente superior a las soluciones de Chapingo y New Jersey que alcanzaron los menores pesos de frutos planta⁻¹ (Figura 6).

La solución nutritiva de Chapingo (Perez y Castro, 1999) con más de 3 frutos fue la que presentó el mayor número de bayas con pudrición apical planta⁻¹. Las soluciones La Molina y New Jersey se mantuvieron por debajo de este promedio (Figura 7), estas pudriciones generalmente son provocadas por deficiencias de calcio causadas por un aumento de las temperaturas dentro del invernadero, ya que este elemento es de baja movilidad y no translocable en la planta de acuerdo con Bennet (1994).

En el sustrato cascarilla de arroz se cuantificó un volumen radical de 201.5 mL, siendo estadísticamente superior a los restantes sustratos que estuvieron por debajo de los 140 mL (Figura 8), según Bures con el sustrato cascarilla existe una mejor aireación de las raíces y ofrece menos resistencia física para el desarrollo de estas. En lo que respecta a las soluciones nutritivas, La Molina y Chapingo fueron iguales estadísticamente y las que tuvieron un mayor volumen, La solución de New Jersey alcanzó el menor valor y fue diferente estadísticamente a la de Chapingo (Figura 9).

Con la solución hidropónica La Molina se obtuvo un rendimiento superior a los 15000 kg ha⁻¹ mientras que con las soluciones de Chapingo y New Jersey los promedios de rendimiento fueron inferiores (Figura 10). En el sustrato zeolita natural se cuantificó un rendimiento superior a los 24000 kg ha⁻¹, siendo estadísticamente superior a los restantes sustratos que estuvieron por debajo de los 15000 kg ha⁻¹ (Figura 11). Los rendimientos si bien es cierto sobrepasaron la media nacional (5808 kg ha⁻¹), sin embargo estuvieron por debajo del potencial de rendimiento de la variedad que es de 38000 kg ha⁻¹ cuando se siembra en suelos (Figuras 10 y 11).

La superioridad de la zeolita encontrada con las variables número de frutos planta⁻¹, peso de frutos planta⁻¹ y rendimiento (kg ha⁻¹), se debe a la gran capacidad de intercambio catiónico

que tienen estas, comparadas con la arena, la cascarilla de arroz y la mezcla de ambas según lo afirma Servin (1997).

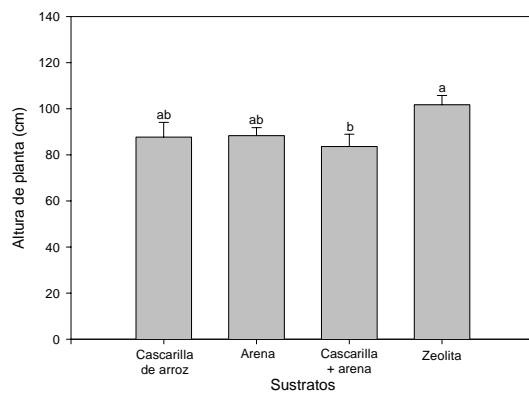


Figura 1. Altura de planta de pimiento hidropónico cultivado en cuatro sustratos. Milagro, 2005.

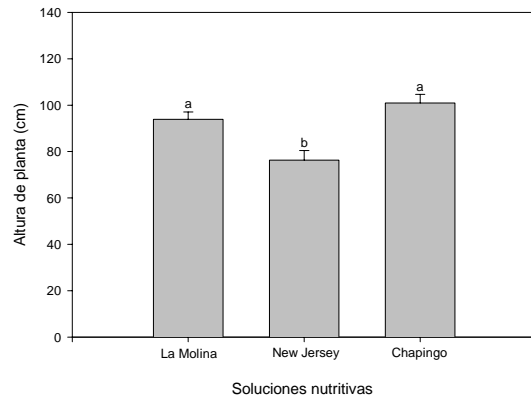


Figura 2. Altura de planta de pimiento hidropónico cultivado con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2005.

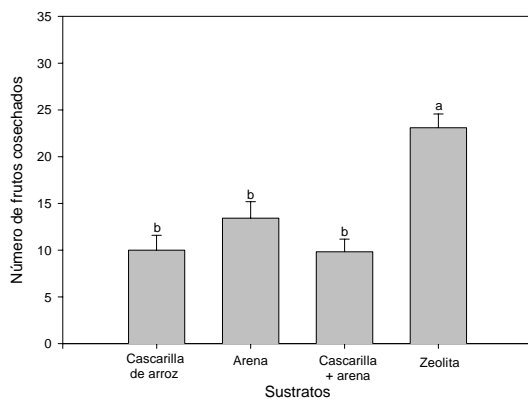


Figura 3. Número de frutos cosechados de pimiento hidropónico obtenido en cuatro sustratos. Milagro, 2005.

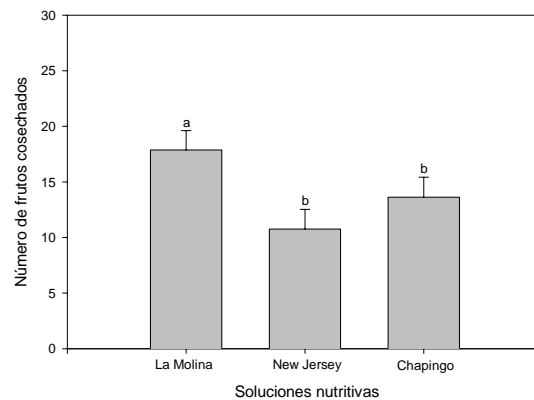


Figura 4. Número de frutos cosechados en pimiento hidropónico obtenido con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2005.

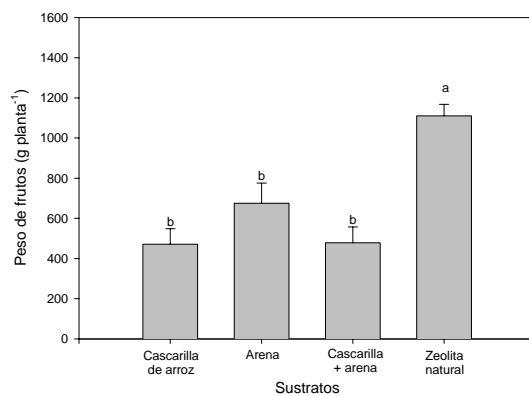


Figura 5. Peso de frutos de pimiento hidropónico obtenido en cuatro sustratos. Milagro, 2005.

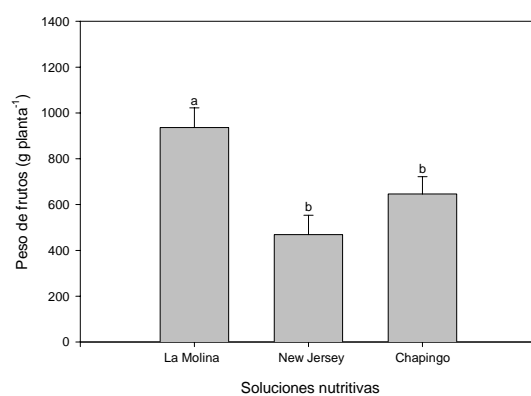


Figura 6. Peso de frutos de pimiento hidropónico obtenido con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2005.

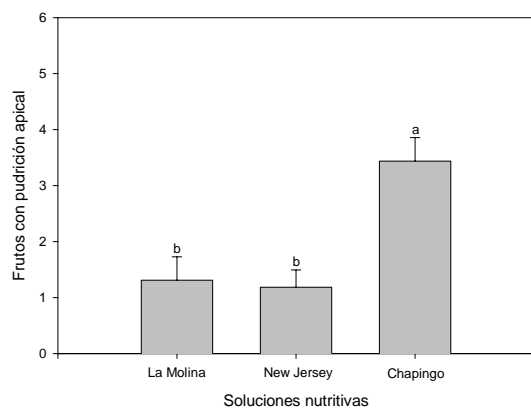


Figura 7. Frutos con pudrición apical de pimiento hidropónico obtenido con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2004-2005.

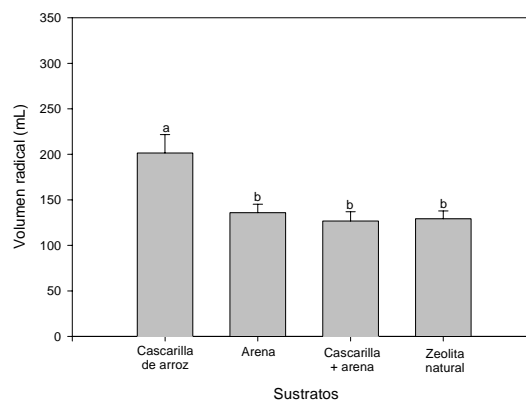


Figura 8. Volumen radical de pimiento hidropónico obtenido en cuatro sustratos. Milagro, 2004-2005.

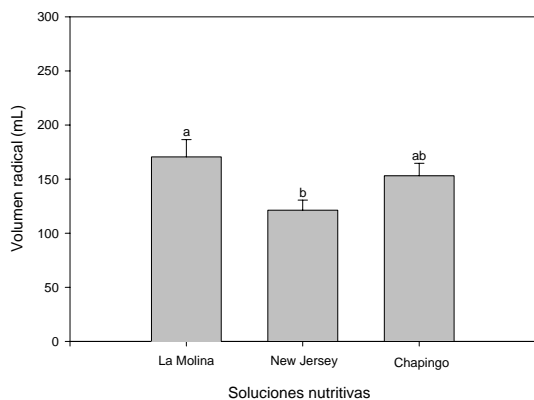


Figura 9. Volumen radical de pimiento hidropónico obtenido con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2005.

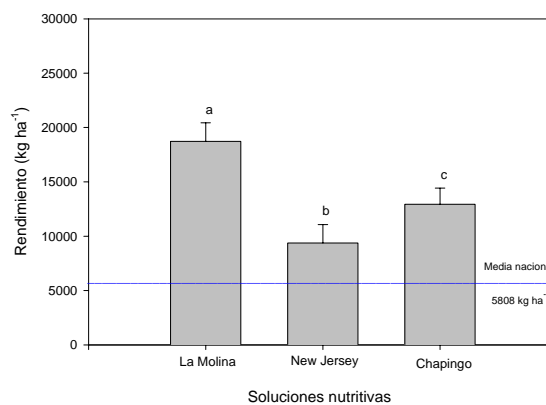


Figura 10. Rendimiento de pimiento hidropónico obtenido con tres soluciones nutritivas. Milagro, 2005.

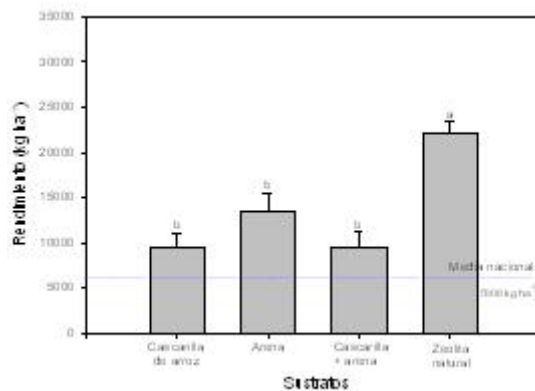


Figura 11. Rendimiento de pimiento hidropónico obtenido en cuatro sustratos. Milagro, 2005.

A pesar de alcanzar el mejor rendimiento con el sustrato zeolita, económicamente no es rentable por su alto valor; con la cascarilla de arroz se alcanza el mejor beneficio en combinación con la solución hidropónica “La Molina”.

Resultados y discusión

Experimento 2 (tomate)

Según el análisis de la varianza las variables que fueron altamente significativas fueron altura de planta, número de frutos planta⁻¹, altura del primer racimo, volumen radical, peso de frutos planta⁻¹ y rendimiento en kg ha⁻¹. No se encontró significancia estadística para la fertilización foliar y para la interacción de los híbridos con esta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Significancia estadística obtenida en diversas variables medidas en el experimento sobre aplicaciones de fertilizantes foliares a base de calcio en dos híbridos de tomate, Milagro, 2005-2006.

| Fuente de Variación | G.L. | AP | FPA | NFP | FR | APR | VR | PFP | REN |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Repeticiones | 3 | | | | | | | | |
| Híbridos | 1 | ** | N.S. | ** | N.S. | ** | ** | ** | ** |
| Error “A” | 3 | | | | | | | | |
| Fertilizantes foliares | 3 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Interacción H x FF | 3 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| Error “B” | 18 | | | | | | | | |
| Total | 31 | | | | | | | | |
| C.V. “A” (%) | | 1.05 | 26.89 | 16.56 | 41.79 | 6.24 | 32.22 | 14.23 | 14.23 |
| C.V. “B” (%) | | 3.62 | 36.74 | 26.24 | 35.49 | 7.74 | 13.76 | 13.95 | 13.95 |
| Media general | | 233.6 | 0.39 | 23.28 | 1.67 | 64.16 | 115.7 | 2.60 | 69359 |

AP = Altura de planta (cm); FPA = Frutos con pudrición apical; NFP = Número de frutos por planta; FR = Frutos con rajadura; APR = Altura del primer racimo (cm); VR = Volumen radical (mL); PFP = Peso de frutos por planta (kg); REN = Rendimiento (kg ha⁻¹).

El híbrido Miramar tuvo una altura de planta/promedio de 280 cm y el Milenio de 187 cm (Figura 12). En altura de carga del primer racimo el mayor valor correspondió al híbrido mar con 67.5 cm, estadísticamente superior al Milenio que alcanzó 60.9 cm (Figura 13), ambos valores elevados si comparamos con lo observado cuando estos híbridos son cultivados en suelos, cuya altura de carga del primer racimo es inferior a los 50 cm. El mayor número de frutos cosechados planta⁻¹ se lo obtuvo con el híbrido Miramar que fue superior al Milenio con 15.06 frutos planta⁻¹ (Figura 14). Por otra parte, en la variable volumen radical con el híbrido Miramar se obtuvo 132.9 mL, y para el Milenio se registró 98.6 mL, siendo el de menor volumen radical (Figura 15).

Con el híbrido Miramar se obtuvo un peso de frutos de 3.0 kg planta⁻¹, en tanto que con el híbrido Milenio se llegó a los 2.2 kg planta⁻¹ (Figura 16). De igual forma el mayor rendimiento por hectárea se obtuvo con el híbrido Miramar con 80168 kg superior estadísticamente al Milenio cuyo rendimiento fue de 58551 kg (Figura 17). El híbrido Miramar sobrepasa el potencial de los 70000 kg ha⁻¹ reportados en siembras efectuadas en suelo, así como también a la media nacional de 50000 kg ha⁻¹ (Chang y Ramos, 2006).

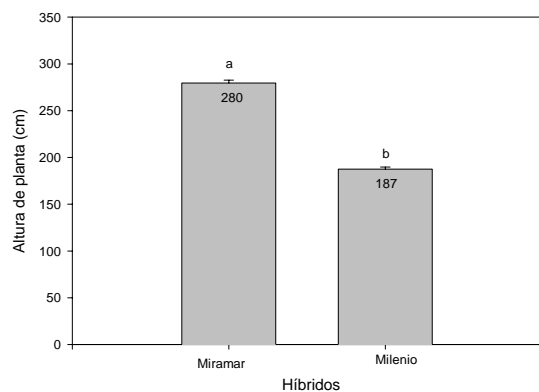


Figura 12. Altura de planta de dos híbridos de tomate sembrados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

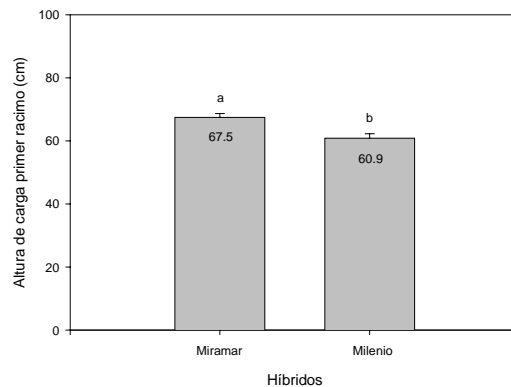


Figura 13. Altura de carga del primer racimo de dos híbridos de tomate cultivados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

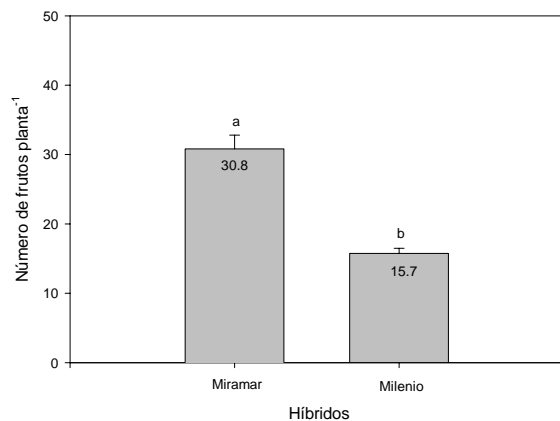


Figura 14. Número de frutos por planta de dos híbridos de tomate cultivados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

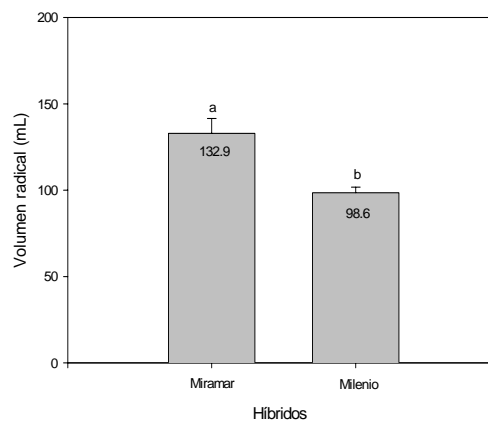


Figura 15. Volumen radical de dos híbridos de tomate cultivados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

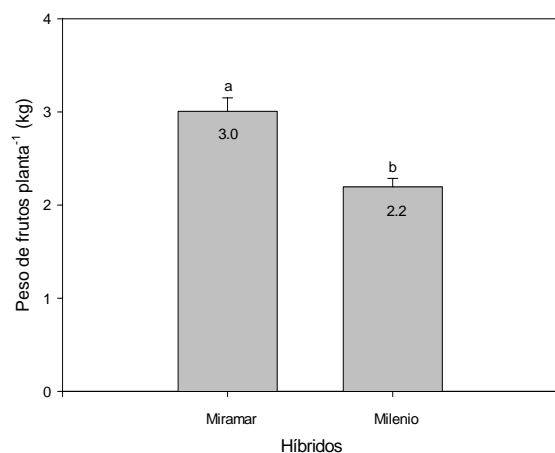


Figura 16. Peso de frutos de frutos por planta de dos híbridos de tomate cultivados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

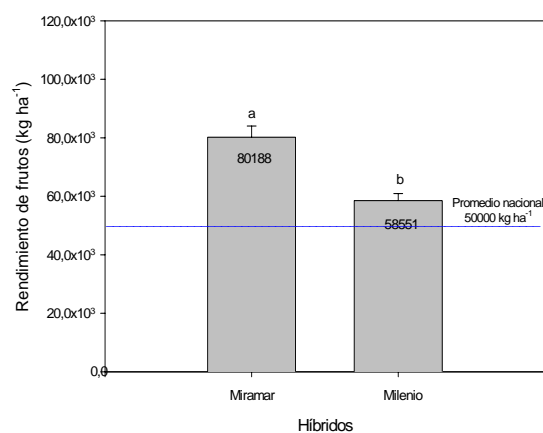


Figura 17. Rendimiento de frutos por hectárea de dos híbridos de tomate cultivados en medios hidropónicos. Milagro, 2006.

De acuerdo con los intervalos de suficiencia en la concentración foliar de nutrimentos reportados por Mills y Jones (1996) existió deficiencia de nitrógeno para todos los tratamientos con aplicación de fertilizante foliar, especialmente con el híbrido Miramar. Los contenidos de fósforo y potasio fueron adecuadas, mientras que con calcio se presentaron valores adecuados y deficitarios tanto en los tratamientos con y sin aplicación de calcio; con el híbrido Milenio se puede apreciar una tendencia clara de la concentración de calcio en la hoja por efecto de las aspersiones foliares de este elemento.

Con magnesio todas las combinaciones de tratamientos fueron adecuadas. El elemento azufre se presentó en forma deficitaria en los tejidos foliares en todos los tratamientos (Cuadro 5), las deficiencias de Ca y S pueden ser debido a que estos elementos no son translocables dentro de la planta tal como lo reporta Bennet (1994). Además altas temperaturas impiden el movimiento de Ca en la planta. Para el control de enfermedades se efectuaron aplicaciones foliares de S con Azufre micronizado, sin embargo estas no contrarrestaron las deficiencias de este elemento.

En la evaluación económica efectuada con la metodología de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988) ningún tratamiento con aplicaciones de fertilizante foliar con base de calcio fue rentable.

Cuadro 5. Resultados del análisis foliar de macronutrimentos en dos híbridos de tomate sometidos a aplicaciones de fertilizante foliar de calcio en condiciones de hidroponía. Milagro, 2005.

| Tratamiento | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---------------------------------|---------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | ----- % ----- | | | | | |
| Miramar + Mca | 3.5 D | 0.55 A | 4.20 A | 2.11 D | 0.46 A | 0.34 D |
| Miramar + Nca | 3.5 D | 0.57 A | 3.20 A | 3.54 A | 0.55 A | 0.36 D |
| Miramar + Sca | 3.7 D | 0.59 A | 3.80 A | 1.86 D | 0.43 A | 0.30 D |
| Miramar SA (T) | 3.5 D | 0.53 A | 4.20 A | 2.30 D | 0.53 A | 0.32 D |
| Milenio + Mca | 3.6 D | 0.49 A | 4.20 A | 3.48 A | 0.57 A | 0.34 D |
| Milenio + Nca | 4.0 A | 0.51 A | 4.30 A | 3.19 A | 0.56 A | 0.34 D |
| Milenio + Sca | 4.2 A | 0.55 A | 5.00 A | 3.14 A | 0.61 A | 0.32 D |
| Milenio + SA (T) | 4.2 A | 0.57 A | 4.80 A | 2.71 D | 0.60 A | 0.34 D |
| Valores adecuados ^{1/} | 4.0 - 6.0 | 0.25 - 0.75 | 2.9 - 5.0 | 1.0 - 3.0 | 0.4 - 0.6 | 0.4 - 1.2 |

1/. Mills and Jones, 1996.

A = Adecuado; D = Deficiente. .Mca = Metalozato de calcio; Nca = Nitrato de calcio; Sca = Saeta calcio; SA = Sin aplicación (T).

CONCLUSIONES

Experimento 1 (pimiento)

- El mejor sustrato desde el punto de vista agronómico y de rendimiento fue para la zeolita, pero económicamente fue para la cascarilla de arroz.
- La solución nutritiva La Molina fue superior a la New Jersey y Chapingo agronómica y económicamente.
- Se produce mayor pudrición apical de los frutos de pimiento utilizando la solución nutritiva de Chapingo con respecto a las de La Molina y New Jersey.
- Para que sea rentable el cultivo de pimiento en estos medios hidropónicos tienen que al menos alcanzar el máximo potencial de rendimiento del híbrido (38000 kg ha^{-1}) logrados en siembras en suelo.

Experimento 2 (Tomate)

- No hubo corrección de la deficiencia de calcio por efecto de la aplicación en el híbrido miramar con excepción de las aplicaciones de nitrato de calcio.
- Fue bajo el número de frutos con pudrición apical, no se pudo medir los efectos por la aplicación de las fuentes de fertilizantes foliares con base de calcio.
- El híbrido Miramar fue superior al Milenio en todas las variables medidas, es decir mostró un mejor comportamiento.
- Económicamente en las condiciones que se llevo este experimento no es rentable la aplicación de fertilizantes foliares con base a calcio.
- Se presentaron deficiencias de calcio en el follaje cuando se aplicó fuentes de Saeta calcio y Metalozato de calcio con el híbrido Miramar.
- Al termino del experimento se presentó deficiencias de azufre en la parte terminal de la planta, aplicaciones de azufre micronizado para el control de mildiu no contribuyeron en la corrección de esta deficiencia.

BIBLIOGRAFIA

- Bennet, W. 1994. Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants, APS. Press, p. 139.
- Burés, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España. pp. 169, 205, 234, 258.
- Chang, J. y Ramos, P. 2006. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio en dos híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- CIMMYT, 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Edición completamente revisada. México D.F., México. CIMMYT. 78 pp.
- Hidroponía s.a. Soluciones nutrientes. En. ¿La hidroponía? ¡pero si es muy fácil!. Disponible en: <http://www.geocities.com/pbarrosvanc/tema12.html> (Revisado en agosto del 2002).

- Pérez, G., M y R. Castro B. 1999. Guía para la producción intensiva de Jitomate en invernadero. Boletín de Divulgación. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Ramírez, C. 2005. Producción hidropónica de pimiento (*Capsicum annum* Miller) cultivado en cuatro tipos de sustratos y tres soluciones nutritivas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Resh, H. M 1991. Hidroponic food production. Fourth edition. Woodbridge Press publishing company. Santa Barbara, California- USA.p.335.
- Rodríguez, D. Hoyos, R. y Chang LR, M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Mills, H. A and Jones, J, B. 1996. Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. MicroMacro Publishing. Athens, Georgia. USA.
- Servin J. L. 1997. Metalurgia de minerales no metálicos. Disponible <http://www.monografias.com/trabajos/zeolitas/zeolitas.shtml> (Revisado en abril de 2004).