

## **ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL ÉXITO DE LA HIDROPONÍA EN MÉXICO**

**Oscar G. Villegas-Torres<sup>1\*</sup>, Félix D. Martínez-Pérez<sup>2</sup>,  
Carlos Manuel Acosta-Durán<sup>1</sup>, Irán Alia-Tejcal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.  
Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP 62209.  
Correo-e: [voscar66@yahoo.com.mx](mailto:voscar66@yahoo.com.mx).

<sup>2</sup>Egresada del programa de Doctorado en Ciencias Agrarias, Departamento de Sociología Rural,  
Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5, carr. México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C.P.  
56230. Correo-e: [felixdmp@yahoo.com.mx](mailto:felixdmp@yahoo.com.mx).

\*Autor para correspondencia

---

### **RESUMEN**

Todo sistema hidropónico está formado básicamente por tres componentes: el sustrato, la solución nutritiva y el cultivo. Las características y la interacción de éstos, y el ambiente que rodea al sistema, afectan la respuesta final de los cultivos. La organoponía utiliza la fracción líquida como fuente de agua y nutrimentos en la producción hidropónica de cultivos; sin embargo, presenta características que impiden manipular las concentraciones relativas de los iones. En la adopción de los sistemas hidropónicos están implicados factores de índole técnico y socio-económicos.

**Palabras clave:** *organoponía, tecnología, sistema, presión osmótica.*

### **ABSTRACT**

All hydroponic system is formed basically by three components: substrate, nutrient solution and crop. The characteristics and the interaction of these, and the atmosphere that surrounds to the system, affects the final answer of the crops. Organoponic uses the liquid fraction like water source and nutrients in the hydroponic production of crops, nevertheless, it presents, displays characteristics that they prevent to manipulate the relative concentrations of ions. The adoption of the hydroponic systems are implicating factors of technical and socioeconomic nature.

**Key words:** *organoponic, technology, system, osmotic presion.*

## **INTRODUCCIÓN**

La hidroponía como sistema intensivo de producción de cultivos presenta numerosas ventajas en relación con la agricultura convencional; sin embargo, para su adopción es fundamental tener en cuenta aspectos de índole técnico y socio-económicos. Este trabajo no pretende ser una revisión exhaustiva de los diferentes sistemas hidropónicos actuales en la producción comercial de cultivos, para tal caso, existen libros especializados que abordan con toda claridad y detalle técnico cada uno de ellos; en lugar de eso, se abordan algunos tópicos de gran relevancia que se deben considerar para incrementar la certidumbre en la obtención de productos inocuos, de excelente calidad, y sobre todo, que garantice la rentabilidad del sistema.

### **La producción de cultivos en hidroponía**

La hidroponía es la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, en su lugar se puede usar un medio inerte, tal como grava, arena, turba, vermiculita, pumita o aserrín, al cual se añade una solución de nutrimentos que contiene los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de la planta (Resh, 2001). Con base en la definición anterior, se puede decir que los componentes principales de los sistemas hidropónicos son la planta, el sustrato y la solución nutritiva. En el primero, el crecimiento está determinado básicamente por las características genéticas; el segundo, provee las condiciones para que el agua y el oxígeno estén próximos al óptimo; y el tercero, proporciona los nutrimentos necesarios para el buen desarrollo y producción del cultivo. El sistema hidropónico también se encuentra inmerso en un determinado ambiente el cual altera la respuesta final de la planta (rendimiento y calidad) (Figura 1).

Los sustratos en los cultivos sin suelo, por su mayor uniformidad, reducido volumen, aislamiento y condiciones físicas favorables, permiten una manipulación más fácil y mayor control, con vistas a proporcionar a las raíces las condiciones óptimas para el desarrollo de sus funciones. Parte de los carbohidratos fotosintetizados por la planta se utilizan como fuente de energía para ciertas funciones, liberándola a través de la respiración. En el ahorro de parte de esa energía se basa la superioridad teórica de los sistemas de cultivo sin suelo. La raíz tiene a su disposición el agua y los elementos nutritivos minerales en equilibrio y en concentraciones apropiadas, lo que facilita su absorción y evita consumos de energía superfluos en vencer presiones osmóticas de soluciones con salinidad demasiado elevada, o antagonismos entre nutrimentos. El manejo de un sistema de cultivo sin suelo irá encaminado a controlar las condiciones de la rizosfera, para que sean las más favorables en todo momento a las exigencias de la raíz, evitando oscilaciones o cambios perjudiciales a la fisiología de la planta (Cánovas, 1995).

Una solución nutritiva puede ser considerada como una solución acuosa de iones inorgánicos. A la fecha, se han publicado aproximadamente 300 soluciones nutritivas diferentes. La mayoría de estas soluciones se han obtenido mezclando los nutrimentos en diferentes proporciones y al azar, y sembrando posteriormente un cultivo; la mezcla de nutrimentos donde el cultivo desarrolló mejor se recomienda como una solución nutritiva específica para dicho cultivo. Esta manera de recomendar no garantiza que exista otra solución en la cual se desarrolle mejor el cultivo (Rijck y Schrevens, 1998). La investigación de las soluciones nutritivas puede ser sistemática, lo cual permite evaluar todas las combinaciones posibles de nutrimentos (Steiner, 1961).

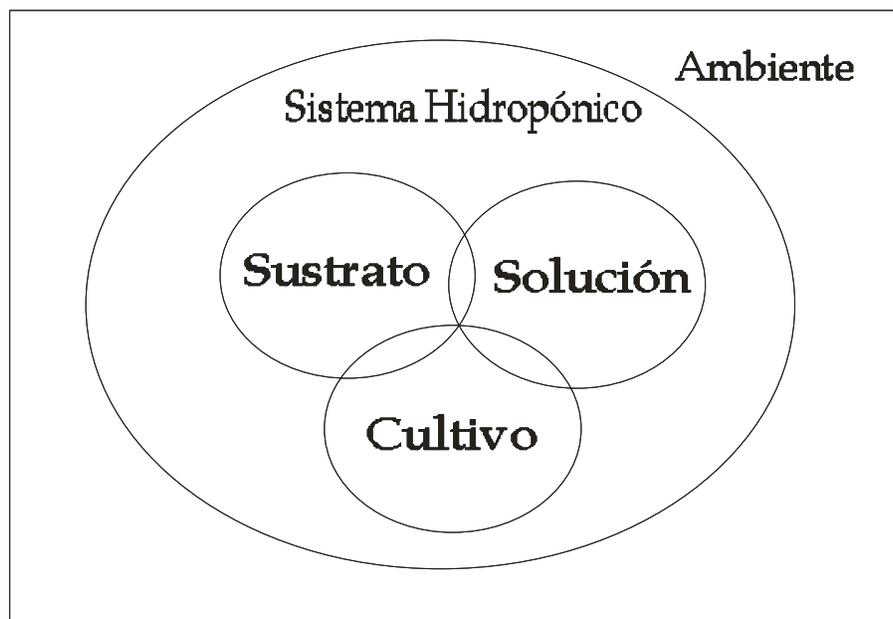


Figura 1. Sistema hidropónico con uso de sustrato

Las características de la solución nutritiva que más influencia tiene en el crecimiento, rendimiento y calidad de los productos vegetales de interés antropocéntrico son: la relación mutua de cationes ( $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ), la relación mutua de aniones ( $No_3^- + H_2PO_4^- + SO_4^{2-}$ ), la concentración total de iones y el pH (Steiner, 1961). la modificación de la composición química de la solución nutritiva debe hacerse dentro de ciertos límites de concentración relativa de los iones involucrados, de otra manera, la interacción entre los mismos puede influenciar fuertemente la absorción y la distribución o función de algún nutrimento en la planta y con ello, inducir deficiencias o toxicidades y en consecuencia, modificar negativamente su crecimiento (Schwarz, 1995).

El funcionamiento normal del organismo vegetal se realiza con una correlación estrictamente determinada de

cationes y aniones en el medio ambiente, más que a la concentración absoluta de cada nutrimento. Lo anterior sirve de base teórica para la elaboración y argumentación de las mezclas nutritivas. El crecimiento de los órganos aéreos de las plantas y el desarrollo del sistema radical dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva (Yágodin, 1986).

El pH de una solución acuosa está determinado por la concentración inicial de ácidos y bases. Una vez que las relaciones mutuas de aniones, las relaciones mutuas de cationes y la concentración total de iones es determinada, el pH también queda establecido, de esta manera, el pH es una propiedad inherente de la composición mineral de la solución nutritiva y no puede ser cambiada independientemente (Rijck y Schrevens, 1998).

La conductividad eléctrica es otra propiedad físico-química inherente de las soluciones nutritivas. Es una medida indirecta del contenido de sales disueltas en el agua y se usa comúnmente por la facilidad de su determinación. Una de sus ventajas es que los resultados se pueden correlacionar con los valores de la presión osmótica, que dicha solución pudiese generar (Aguilera y Martínez, 1996).

En los sistemas de cultivo sin suelo se puede ajustar la presión osmótica del sustrato incrementando el porcentaje de drenaje, dentro de ciertos límites, pues si bien la salinidad se puede subir tanto como se quiera si el agua es de buena calidad, lo contrario no es posible y se debe aceptar un nivel mínimo de concentración de solutos totales impuesto por la salinidad del agua utilizada. El mantener el nivel de sales de la solución nutritiva sin variaciones apreciables, la planta se adapta y es capaz de soportar presiones osmóticas relativamente altas sin pérdidas de producción en cantidad y calidad (Cánovas, 1995).

De acuerdo con el reuso de la solución nutritiva, los sistemas hidropónicos se dividen en abiertos y cerrados. En el primero, una vez que la solución nutritiva se libera a las raíces de las plantas no se recicla, se utilizan materiales sólidos para el soporte de las plantas, permiten la utilización de soluciones nutritivas con presiones osmóticas altas debido a la posibilidad de dar riegos excesivos para el lavado de sales sin peligro de asfixia de las raíces, se usan sistemas de riego menos caros y precisos, apropiados a las grandes extensiones y son menos sensitivos a la composición del medio usado y a la salinidad del agua; en el segundo, la solución nutritiva excedente se recupera y se recicla, por lo general las raíces de las plantas están directamente expuestas a la solución nutritiva, sin otro medio de cultivo, es necesario monitorear con cierta frecuencia la conductividad eléctrica y la

composición química de la misma, se requiere de suministro de oxígeno, y de preferencia se usa solución nutritiva con presión osmótica baja, a esta categoría pertenecen los sistemas de producción flotantes, la técnica de la película nutritiva y la aeroponía (Cánovas, 1995; Jensen, 1999; Resh, 2001).

La radiación luminosa aumenta el consumo de agua y de nutrimentos hasta un nivel máximo de saturación. También la temperatura incrementa la transpiración, y por tanto la demanda de agua, la cual crece a una tasa mayor que la absorción de los nutrimentos, esto obliga a utilizar soluciones diluidas en primavera y verano, mientras que en invierno se utilizan soluciones nutritivas más concentradas (Cánovas, 1995).

### **Producción organopónica o hidropónica**

Existen pocos estudios orientados al empleo de estiércoles y principalmente de la fracción líquida como fuente de agua y nutrimentos en la producción hidropónica de cultivos. En el cuadro 1 se presentan las características físico-químicas de los extractos líquidos de estiércol de bovino (ELEB) y de la solución nutritiva Steiner, usados por Capulín (1999) en la producción hidropónica de pasto Rye grass perenne (*Lolium perenne*). Se observa que la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas es semejante; sin embargo, fue necesario diluir las soluciones orgánicas originales por su conductividad eléctrica elevada (16.8 dS m<sup>-1</sup>). El pH de las soluciones varían enormemente: el ELEB natural y el estabilizado presentaron los pH más elevados (8.0 y 8.1, respectivamente). En cuanto a nutrimentos, las soluciones orgánicas presentaron mayor concentración de nitrógeno total, potasio (K), magnesio (Mg) y sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

La utilización de fertilizantes comerciales inorgánicos permite tener

control sobre la composición química de las soluciones nutritivas cuidando los aspectos que afectan a los cultivos, principalmente en lo referente con la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes y la concentración total; además de que la metodología propuesta por Steiner (1961) permite balancear los iones de una solución nutritiva tomando en cuenta la concentración de iones del agua utilizada.

Una solución nutritiva orgánica no permite tener control sobre la concentración de cada uno de los iones que la componen y, sobre todo, de la relación mutua que guarden los diferentes iones, lo cual sería uno de los graves problemas del manejo de este tipo de soluciones. No se conoce el contenido de compuestos orgánicos que pueda tener la solución y afecten la respuesta de las plantas. El proceso que implica la obtención de las soluciones nutritivas orgánicas podría ser otro factor que limite su uso en sistemas hidropónicos. La composición de las soluciones orgánicas estará en función del tipo de abono orgánico del cual se extraiga y de la edad y la alimentación del ganado.

La presión osmótica de la solución nutritiva influye en la absorción de agua y nutrientes, rendimiento y calidad de los productos, por lo mismo, independientemente de la fuente de los nutrientes (mineral u orgánico) se deben respetar los rangos de tolerancia de la especie a cultivar. En este sentido, debido a que la fase líquida de los estiércoles presenta una conductividad eléctrica elevada ( $16.8 \text{ dS m}^{-1}$ ), que sobrepasa el nivel de tolerancia de las plantas cultivadas, es necesario su dilución con agua de bajo contenido de sales y, de esta manera, ajustar la solución nutritiva a la conductividad eléctrica requerida. Esto se puede hacer monitoreando la solución con un conductímetro digital, el cual mide la facilidad con que se transmite un flujo de corriente (en  $\text{mmhos cm}^{-1}$  o  $\text{dS m}^{-1}$ ) en la solución nutritiva, que a su vez es directamente proporcional al contenido de sales de la solución. Posteriormente, se correlacionan los valores de la conductividad eléctrica con los de presión osmótica mediante la siguiente ecuación empírica:

$$\text{Presión osmótica (atm)} = \text{mmhos cm}^{-1} \times 0.36$$

El rango de validez es de 3 a 30  $\text{mmhos cm}^{-1}$  (Aguilera y Martínez, 1996).

Cuadro 1. Caracterización química de los extractos líquidos de estiércol bovino (ELEB) natural y acondicionados separados por centrifugación y de la solución nutritiva Steiner.

Fuente nutrimental	CE	pH	Nt	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	$\text{dS m}^{-1}$		----- $\text{mg L}^{-1}$ -----							
ELEB Natural	2.2	8.0	160	69	46	11	188	65	98	357
ELEB Acidulado	2.3	5.9	204	91	68	17	171	86	63	483
ELEB Estabilizado	2.1	8.1	168	72	56	14	201	64	57	261
Solución Steiner	2.1	5.5	141	120	21 <sup>†</sup>	13	99	107	33	128

CE, conductividad eléctrica; Nt, nitrógeno en la fase sólida y en la fase líquida. <sup>†</sup>La solución Steiner original no contiene N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Tomado de Capulín (1999).

## **Factores que influyen en la adopción de los sistemas hidropónicos**

A pesar de que se conocen las grandes ventajas de los cultivos hidropónicos sobre los demás sistemas de producción, éstos no han tenido una aceptación amplia entre los productores; los factores que están influyendo para que se de este fenómeno pueden ser los siguientes:

**1. El proceso de transferencia de tecnología.** Se entiende como la estrategia de traspaso de tecnología desde los centros de generación por los investigadores hasta los usuarios potenciales finales. en realidad, cuando se habla de transferencia de tecnología agropecuaria desde los generadores hasta los campesinos, no se habla solamente de las actividades necesarias; tiene que hablarse también de costos de la propia tecnología a transferir, de las herramientas, de las máquinas y del equipo necesarios, de los métodos y de las técnicas, de los insumos necesarios para usar la nueva tecnología, de la asistencia técnica y de la capacitación necesaria para operarlas, etc. para cubrir tales costos se requiere financiamiento y, por lo tanto, se habla también de la intervención de instituciones financieras, generalmente como instituciones de crédito, de la necesidad de un ambiente político-social adecuado, propicio a la realización de las actividades, es decir, de acciones políticas, legislativas y normativas en general, que apoyen o hagan posible acceder a los apoyos necesarios a la realización de procesos de generación-validación-adaptación, de validación-adaptación-traspaso y de validación-adaptación-adopción; a la realización exitosa de acciones de gestión, todo lo cual requiere, por una parte, la intervención gubernamental y, por otra, la intervención de asociaciones campesina y no campesinas. se habla también de las

necesidades, de la conciencia individual y colectiva de tal necesidad y de sus posible explicaciones y soluciones por parte de los campesinos; de las motivaciones, de la disposición y de la decisión de los productores para asociarse, para organizarse y para hacer los cambios necesarios en sus procesos de producción, en sus procesos de trabajo y aún en sus procesos de vida. se habla del destino final de lo que se va a producir, del autoconsumo, del trueque y de la comercialización, y del acceso a los mercados de insumos y de productos; se habla de las características naturales de la región y de las características socio-económico-políticas de la población. Todos estos aspectos son condicionantes de la realización y de los resultados que se obtengan del proceso. otros condicionamientos se derivan de las instituciones de enseñanza e investigación media y superior, de la estructuración y funcionamiento de asociaciones y organizaciones campesinas, de la participación de la iniciativa privada en el proceso, de las condiciones en que se genera la tecnología y de su calidad, su adaptabilidad y su integridad al sistema de producción campesino, lo cual ha de tocarse necesariamente al hablar de la fase de generación-validación-adaptación de tecnología (Niño, 1997).

**2. El Costo del paquete tecnológico.** Con anterioridad se mencionó que los componentes principales de un sistema hidropónico son el sustrato, el cultivo y la solución nutritiva; sin embargo, el paquete tecnológico incluye otros rubros como son: la infraestructura, plaguicidas, fertilizantes, manejo postcosecha, uso de recipientes para el sustrato, entre otros (Figura 2). Debido a los elevados costos de la hidroponía, sólo una pequeña parte del sector agrícola tiene la capacidad económica para adoptarla.

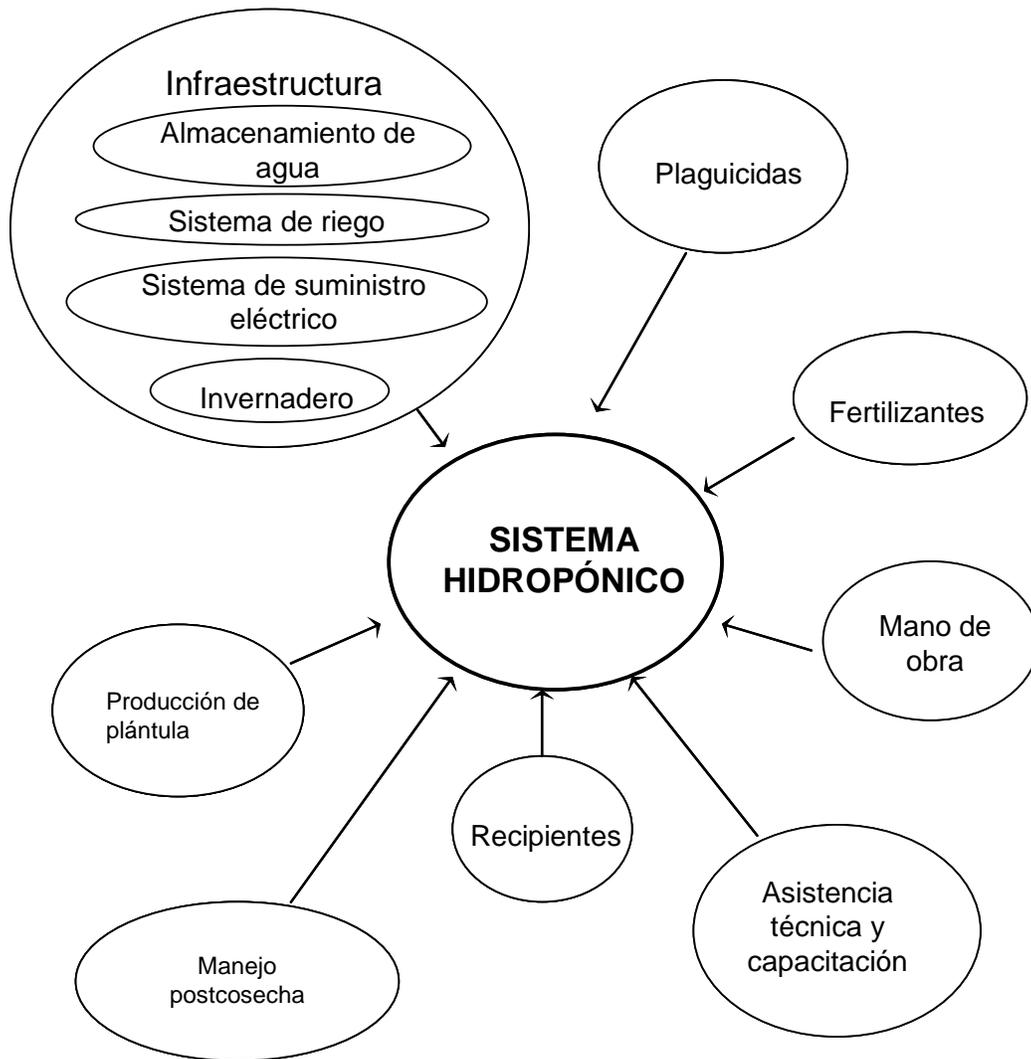


Figura 2. Paquete tecnológico de un sistema de producción hidropónico

**3. El Mercado.** La comercialización de la mayoría de los productos del sector agrícola se caracteriza por una intermediación excesiva y falta de infraestructura de comercialización adecuada. Debido al costo alto de un sistema de producción hidropónico, es requisito fundamental la garantía de mercado y de precios relativamente elevados.

**4. La capacidad económica de los productores.** El 70% de la población que vive en pobreza extrema se encuentra en el medio rural, la cual, ante la falta de ingresos y empleo, solicita que continúe el reparto de tierras, pero no existen más terrenos que repartir, o presiona que se le otorgue crédito, el cual utiliza para comer. La condición económica de los campesinos es un factor clave para la adopción de nuevas tecnologías.

**5. La política internacional.** A principio de los setenta, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial, realizaron préstamos a los países subdesarrollados para que alcanzaran el desarrollo; hasta que se presentó la crisis de los ochenta por endeudamiento de los países pobres. El FMI y el Banco Mundial determinaron las condiciones bajo las cuales los Estados podían renegociar sus cuentas pendientes o pagar el servicio de sus deudas (mejor dicho, les imponían sus condiciones de pago). Los Estados privatizaron sus bienes, recortaron presupuestos sociales, salarios, devaluaron monedas nacionales y promovieron la exportación. Así, los mecanismos de régimen de deuda institucionalizaron el poder y la autoridad de la administración mundial dentro de las propias organizaciones y procedimientos de los Estados, debilitando la capacidad y compromiso con el bienestar nacional a los programas de desarrollo. En otras palabras, el gobierno de los circuitos globales comenzó a reemplazar las formas nacionales de gobierno. Globalización como sucesor institucional del proyecto de desarrollo, la retórica del desarrollo se retoma y se reconstruye como eficiencia, competencia y con sentido empresarial. El régimen de deuda fue y sigue siendo, una operación politizada, explícitamente, por el fundamentalismo monetario internacional. Es politizada en dos sentidos, primero, los préstamos y programas para el ajuste estructural son sostenidos por los Estados endeudados (es decir sus ciudadanos) y no por los bancos que sustentan su deuda, expresando así el nuevo poder del capital financiero; y segundo, los ajustes no son simplemente económicos, sino que son profundamente políticos en tanto reorganizan las estructuras y políticas de los Estados, según los dictados de la eficiencia privada, expresando así una forma de colonialismo financiero. El efecto acumulativo de la aplicación de Programas de Ajuste Estructural del FMI y Banco Mundial en cada país es una deflación y reestructuración global general, por medio

de las cuales los costos de la fuerza de trabajo son aplastados hacia abajo a través de la eliminación de índices y apoyos sociales a los salarios. El régimen de deuda ha privilegiado a las instituciones financieras multilaterales y ha reconstituido el poder del Estado alrededor de la aplicación de la ortodoxia monetarista. La liberación de mercados de tierra, mano de obra y dinero a través de la subordinación de las políticas del Estado Nación a la autoridad de la ortodoxia financiera institucionalizada en las agencias y acuerdos multilaterales, ha traído como consecuencia un aumento del hambre (Michael, 1998).

**6. La política de estado.** El retiro paulatino del presupuesto al campo fue el inicio de una serie de acciones por parte del gobierno mexicano que fue desmantelando la agricultura. De ésta manera la situación de la agricultura en México y en otros países subdesarrollados del mundo se ha vuelto crítica, pues la soberanía alimentaria se ha perdido. La dependencia cerealera y de otros alimentos crece. El fin de subsidios y precios de garantía, las abruptas medidas de liberación arancelaria, así como las políticas de desregulación y privatización de la estructura agroindustrial vinculada con el campo, ha destruido a la agricultura mexicana (Teubal, 1998).

El desarrollo rural depende de la interacción de subsistemas biofísicos, técnicos y socio-económicos. El problema con los enfoques agrícolas convencionales es que no han tomado en cuenta las enormes variaciones en la ecología, presiones de población, relaciones económicas y organizaciones sociales que existen en la región, y por consiguiente, el desarrollo agrícola no ha estado puesto a la par con las necesidades y potencialidades de los campesinos locales. Este desajuste se ha caracterizado por tres aspectos: a) los paquetes tecnológicos homogéneos no son adaptables a la heterogeneidad

campesina y sólo funcionan en condiciones similares a las de los países industriales o a las de las estaciones experimentales; b) el cambio tecnológico benefició principalmente la producción de bienes agrícolas de exportación y comerciales producidos primordialmente en el sector de grandes predios, impactando marginalmente la productividad de los productos alimentarios, que son cultivados en gran medida por el sector campesino, y c) México, como muchos países de América Latina, se ha convertido en un importador neto de insumos químicos y maquinaria agrícola, aumentando los gastos del gobierno y agravando la dependencia tecnológica (Altieri, 1993).

Lo antes expuesto da un panorama general de lo complejo que implica la adopción de un sistema de producción por parte de los actores del sector agrícola.

## **CONCLUSIONES**

Para incrementar la certidumbre en la producción de cultivos en cualquier sistema de producción hidropónico, es indispensable conocer la influencia relativa de cada uno de sus componentes para optimizar sus efectos en el cultivo, y de esta manera, garantizar rendimientos excelentes, productos inocuos y de la calidad que demanda el mercado.

En sistemas hidropónicos, las sales inorgánicas permiten la manipulación físico-química de la solución nutritiva con la finalidad de evitar deficiencias o toxicidades en los cultivos por desbalances nutrimentales, y por pH y presiones osmóticas inadecuadas.

La adopción amplia de los sistemas hidropónicos está sujeta al proceso de transferencia de tecnología, costo del paquete tecnológico, mercado, capacidad económica de los productores, política internacional y política de estado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) a través del proyecto de investigación con número de folio UAEMOR-PTC-167.

## **LITERATURA CITADA**

Aguilera C., M. y R. Martínez E. 1996. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 4a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Altieri, M. A. 1993. El "estado de arte" de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo. California, Estado Unidos de América.

Capulín G., J. 1999. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Cánovas M., F. 1995. Manejo del cultivo sin suelo. pp. 228-254. *In*: F. Nuez (ed.). El cultivo del tomate. Mundi-Prensa. Bilbao, España.

Jensen, M. H. 1999. Hydroponics worldwide. *Acta Hort.* 481: 719- 729.

Michael, P. Mc. 1998. Globalización monetaria y estatal: reestructuración agroalimentaria al fin del siglo. Memoria de sesiones plenarias del V Congreso Latinoamericano de Sociología Rural. Chapingo, México.

Niño V., E. 1997. Conceptualización del proceso de transferencia de tecnología para usuarios campesinos. pp. 27-39. *In*: B. Mata G., G. Pérez J., I. Sepúlveda G. y F. de León G. (coord.). Transferencia de tecnología agropecuaria en México: Crítica y propuestas. Universidad Autónoma

Chapingo y Universidad Autónoma  
Metropolitana-Xochimilco. Chapingo,  
México.

Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos.  
Nuevas técnicas de producción. Traducida  
al español por C. de Juan. 5a. ed. Mundi-  
Prensa. Madrid, España.

Rijck. G. De. and E. Schrevens. 1998.  
Comparasion of the mineral composition of  
twelve standard nutrient solutions. J. Plant  
Nutr. 21: 2115-2125.

Schwarz, M. 1995. Soilless culture  
management. Advanced series in

agricultural sciences 24. Springer-Verlag,  
Berlin, Germany. 197 p.

Steiner, A. A. 1961. A universal method for  
preparing nutrient solutions of a certain  
desired composition. Plant and Soil 15:  
134-154.

Teubal, M. 1998. Globalización y sus  
efectos sobre las sociedades rurales de  
América Latina. *Memoria de sesiones  
plenarias del V Congreso Latinoamericano  
de Sociología Rural*. Chapingo, México.

Yágodin, B. A. 1986. Agroquímica.  
Traducido al español por R. Rincón Z. y F.  
Vargas S. Tomo I. Mir. Moscú. URSS.