

# Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico

## Effect of different concentrations of potassium and nitrogen in the productiveness of tomato in hydroponic farming

PAULA PATRICIA LÓPEZ ACOSTA<sup>1</sup>, AÍDA CANO MONTES<sup>1</sup>, G. SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA<sup>1,4</sup>,  
NARCISO TORRES FLORES<sup>1</sup>, S. MARGARITA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ<sup>2</sup> Y RICARDO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ<sup>3</sup>

### Resumen

El cultivo hidropónico tiene diversas ventajas, dentro de las cuales se pueden señalar la reducción del gasto de agua, la obtención de las cosechas con anticipación y una mayor productividad por área sembrada. Esta investigación, que incluyó desde la siembra del tomate, se llevó a cabo en un periodo de siete meses, de marzo a septiembre del año 2007, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. El objetivo fue determinar el efecto en la producción de tomate de diferentes concentraciones de Potasio y Nitrógeno en las soluciones nutritivas. En este experimento se utilizaron 108 plantas de tomate variedad Gabriela, las cuales se distribuyeron en tres lotes de 12 plantas, con tres repeticiones acomodadas al azar, regadas con soluciones nutritivas en las cuales solo se varió la concentración de Potasio y Nitrógeno. Se obtuvo un incremento en la productividad con la solución para fase de crecimiento de hasta un 10.67% cuando se empleó en todo el desarrollo del cultivo una relación N/K = 1, lo que también trae como consecuencia un decremento en el costo de operación.

**Palabras clave:** productividad, relación potasio nitrógeno, nutrientes, invernadero.

### Abstract

The hydroponic harvest has many advantages. Some of these advantages include the reduction of water consumption, anticipated harvest, and a bigger production per seeding area. This research lasted seven months, from March to September 2007 in the green house at the Chemistry Science Faculty of the Autonomous University of Chihuahua. This research started at the seeding stage. The objective was to test if the Potassium-Nitrogen ratio in the nutritive solution influence over the production. In this experiment 108 plants of tomato Gabriela variety were used. These plants were distributed in three blocks of 12 plants with three repetitions arranged randomly. These plants were irrigated with different nutritive solutions on which only the Potassium- Nitrogen ratio changed. These modifications resulted in a 10.67 % increase in production when an N/K = 1 ratio were used. Also, this procedure decreased the operational cost.

**Keywords:** productivity, nitrogen-potassium ratios, nutrients, greenhouse.

### Introducción

La escasa precipitación pluvial y temperaturas extremas son características del estado de Chihuahua, lo que propician la aplicación de nuevas tecnologías y sistemas de cultivo en donde el gasto de agua sea mínimo y la producción permanezca en el ámbito competitivo. La precipitación anual registrada en las zonas del norte-este, donde el clima es de semi seco a muy seco, es de 600 a menos de 200 mm, en cambio en la zona sur-oeste se presentan condiciones de mayor humedad, con climas de semi fríos, templados y semi cálidos, con rangos de precipitación que van de 600 a mayores de 1,000 mm. (INEGI, 2009).

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario. Campus Universitario II. Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México 31125. Tel. (614) 236-6000.

<sup>2</sup> Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua No. 6.

<sup>3</sup> University of Texas at El Paso.

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: rodson2@hotmail.com

En lo que se refiere a tierras cultivables, la escasez de suelo apto para la agricultura limita en gran medida la producción agrícola, ya que solo el 7.98% es tierra apta para el cultivo, mientras que el 56.61% del territorio estatal no es apto para la agricultura. (INEGI, 2009).

Esta situación, junto con la demanda creciente de alimentos y el deterioro del medio ambiente, obliga a los productores a utilizar técnicas que permitan el uso de los recursos de manera más eficiente y sustentable. Utilizar sistemas de cultivo como la hidroponía bajo estas condiciones para la producción de hortalizas en invernadero es ideal, pues tiene un alto grado de eficiencia en el uso de agua, ya que se reducen las pérdidas por evaporación y se evita la percolación; además, es poco el terreno que debe recibir el riego, porque las raíces no necesitan crecer en exceso para buscar sus nutrientes, pues el método les permite llegar directamente a la raíz en las cantidades necesarias para el óptimo desarrollo de la planta, ya que ésta se encuentra en bolsas de plástico utilizadas como contenedor (Espinosa, 2004).

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, y si además se aplica agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad (Espinosa, 2004).

El fruto fresco es rico en vitamina C; el poder calórico del tomate es modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasa. El tomate es fuente importante de sales minerales (Potasio y Magnesio, principalmente) de su contenido en vitaminas destacan B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, A, C y E y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color característico al tomate (Nuez, 2001).

La calidad del fruto del tomate se determina por su apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de desórdenes fisiológicos y descomposición), firmeza, textura y materia

seca, sus propiedades sensoriales (sabor) y nutracéuticas (beneficios para la salud). La calidad sensorial del tomate se atribuye principalmente a la concentración de compuestos volátiles responsables del aroma de ácidos y de azúcares; su calidad nutracéutica se define por su contenido de minerales, vitaminas, carotenos y flavonoides. (Papadopoulos, 2004)

El cultivo del tomate en invernadero ha crecido enormemente en los últimos 20 años, impulsado principalmente por la demanda de tomate fresco durante todo el año, además de que recientemente se han desarrollado mejores cultivos para invernadero, con mejor calidad de la fruta y con rendimientos de más del doble por planta, comparados con el producido al aire libre (Lesur, 2006).

La relación que guardan los diferentes nutrientes dentro de la solución nutritiva, incide en la productividad de los cultivos debido a que interaccionan tanto aniones como cationes, puesto que la absorción de nutrientes efectuada por las raíces de las plantas es selectiva, y depende de factores climáticos, así como de la fase de crecimiento en que el cultivo se encuentre, además de las concentraciones disponibles de los nutrientes (Papadopoulos, 2004).

El establecimiento de relaciones N/K adecuadas en las diferentes fases del cultivo, se identifica como uno de los problemas fundamentales que afecta el comportamiento productivo del tomate en invernadero (Cardoza, 2007 citado por Hernández *et al.*, 2009). Esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador de crecimiento cuando la disponibilidad del nitrógeno es alta. A nivel internacional existen diversos estudios en donde se evaluó el efecto individual del nitrógeno y el potasio en el cultivo protegido del tomate, definiéndose relaciones óptimas para estos nutrientes en términos de kg/ha, que varían de 1:1.5 a 1.4 en función de la variedad, manejo del cultivo y clima existente (Hernández *et al.*, 2009).

La relación entre Potasio y Nitrógeno da origen a las soluciones nutritivas de crecimiento y producción, ya que una relación K/N=1 de 200 ppm de Potasio y 200 ppm de Nitrógeno da como resultado una solución nutritiva de crecimiento, mientras que una relación de 300 ppm de Potasio y 200 ppm de Nitrógeno, y otra de 200 ppm de Potasio y 133 ppm de Nitrógeno dan la relación para producción K/N =1.5. Lo anterior se utilizó con muy buenos resultados en la producción de fresa, donde los resultados reportan un incremento del 50% (Manríquez, 2004).

Aquellos cultivos cuyo interés comercial está en la fase reproductiva, ya sea en la producción de flores o en la de frutos, la relación considerada entre N, K y P debe ser diferente a la utilizada para el desarrollo vegetativo. En el periodo de floración y fructificación se debe reducir la relación N/K y aumentar la de P/K. Estas alteraciones son más fáciles de hacer en cultivo hidropónico (Furlani, 2003).

La hidroponía es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo, lo cual ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados, porque requiere de poco espacio y una mínima cantidad de agua (Rodríguez, 2003). Es altamente productiva, conservadora de agua, tierra y protectora del medio ambiente. Se emplea para el desarrollo de plantas con soluciones nutritivas (agua y fertilizantes) con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, rockwool, musgo de turba, aserrín). Se emplea un invernadero para el control de temperatura, reducción de la pérdida de agua por evaporación, reducir las enfermedades e infestaciones de plagas y protección del cultivo contra el viento y la lluvia (Jensen, 2002).

## Materiales y métodos

La presente investigación se realizó de marzo a septiembre del año 2007 en el invernadero de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de

Chihuahua y se utilizó como material vegetal el tomate variedad Gabriela.

*Material experimental.* Se utilizaron los materiales y equipo que se detallan a continuación:

Para el cultivo	Para los análisis
Invernadero 180 m <sup>2</sup>	Matraz Microkjeldahl de digestión
Charolas para siembra de poliestireno de 128 cavidades	Vaso de precipitado de 40 ml
Peat moss	Bureta y soporte universal
Bolsas de plástico de 40 x 40 cm	Matraz Erlenmeyer de 250 ml
Arena de río	Espátulas
Rafia	Pipetas serológica de 5 ml
Ganchos	Desecador
Goteros	Filtros
Manguera	Matraz aforado de 250 ml
Tubin	

Reactivos	Equipo
0.6 g de muestra pulverizada de tomate seco	Espectrofotómetro con absorción atómica de flama Perkin Elmer 3100
Muestra reactivas de selenio	Balanza analítica Chyo JL-180
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado	Parillas de digestión Microkjeldahl
NaOH al 40%	Aparato de destilación Microkjeldahl
H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> al 4%	Parrilla de calentamiento
Indicador mixto	Mufla
HCl 0.1N y HCl concentrado	
Agua tridestilada	
Agua destilada	
Acido Nitrico concentrado	
Lantano	

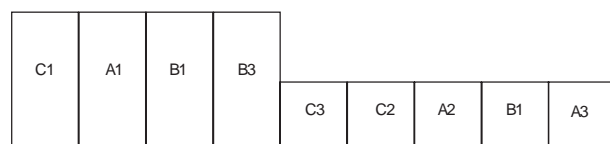
La siembra de la semilla y desarrollo de las plantas se realizó en una charola de poliestireno de 128 cavidades, utilizando como sustrato peat moss, el cual se humedeció con agua de la llave. Una vez que la semilla fue depositada, la charola se cubrió con un plástico color negro y se colocó a una temperatura templada; los días posteriores a la siembra y después de que la planta emergió, se regó diariamente sólo con agua hasta el momento del trasplante.

El trasplante se realizó 30 días después, cuando las plantas ya habían crecido lo suficiente (aproximadamente de 15 a 20 cm). Para este procedimiento se rellenaron bolsas negras de plástico de 40x40 cm utilizando arena de río como sustrato; luego estas bolsas fueron acomodadas en dos filas dentro del invernadero, la arena se remojó por completo y al centro se hizo un pequeño agujero donde se colocó la planta (es importante que ésta tenga el cepellón). Se recomienda que este paso se haga por la tarde, para que la planta pueda reposar y goce de un ambiente húmedo para reponerse. Al día siguiente, estas plantas se comenzaron a regar diariamente con la solución de crecimiento.

A los 15 días del trasplante se comenzó con el tutorado, que consiste en dirigir las plantas hacia arriba, utilizando para ello un cordón de rafia que tiene en su extremo un gancho que se utiliza para colgar la planta a la línea de alambre que se encuentra aproximadamente a dos metros de altura, con el objeto de que el crecimiento siempre sea hacia arriba y se les deja un solo tallo; durante este proceso se comenzaron a eliminar los tallos axilares, los cuales crecen entre el tallo principal y las ramas primarias, éstos se eliminan cuando miden de 2 a 5 cm, para que la planta no pierda vigor y nutrientes; también se desechan las hojas secas o marchitas permitiendo así una mayor ventilación al cultivo.

Las plantas fueron seleccionadas al azar, se incorporaron en tres lotes (A, B y C) y a su vez cada uno de estos se subdividieron en tres sublotes de 12 plantas cada uno, acomodándolos también al azar dentro del invernadero; posteriormente, cada lote fue regado con las diferentes soluciones nutritivas preparadas (Figura 1).

**Figura 1.** Disposición de los lotes.



Las plantas fueron regadas según el diseño experimental, es decir, los lotes marcados con la letra A fueron regados con la solución A y así de igual manera con los otros lotes.

**Cuadro 1.** Composición de las soluciones nutritivas en ppm.

Macro elementos	Solución A	Solución B	Solución C
N	200	200	133
K	200	300	200
P	60	60	60
Ca	150	150	117
Mg	40	40	40
S	52	52	52
Micro elementos			
Fe	1	1	1
Mn	0.5	0.5	0.5
B	0.5	0.5	0.5
Cu	0.05	0.05	0.05
Zn	0.05	0.05	0.05

Durante la etapa de producción se realizaron once cortes, comenzando el día 29 de junio del 2007 y terminando el día 7 de septiembre del mismo año; la etapa de cosecha abarcó un total de 72 días. Estos cortes se realizaron manualmente y la producción fue registrada según los lotes correspondientes.

Los tomates se cortaron en rebanadas, se distribuyeron en un plato extendido, y se les rotuló según el lote a que pertenecían; luego se pusieron a secar dentro de una estufa durante 24 horas a 60°C. Una vez secos, la muestra se pulverizó y colocó en una bolsa de papel (no plástico) y se envió al laboratorio.

## Resultados y discusión

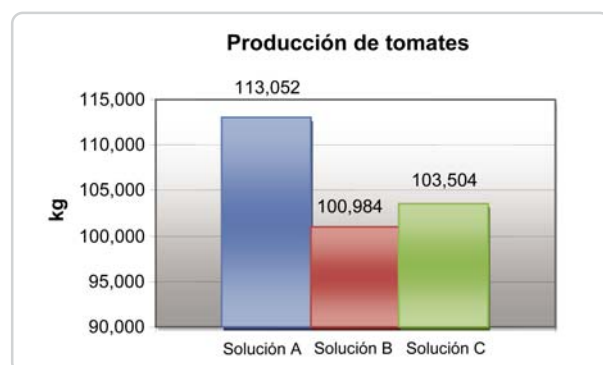
La bibliografía analizada menciona que una relación potasio-nitrógeno de 1.5 en época de producción incrementa la productividad, debido a esto se prepararon tres soluciones distintas, una de ellas, la solución A, representa la que se utiliza solo para crecimiento, y la relación potasio-nitrógeno es igual a 1; las otras dos soluciones muestran variación en estos compuestos, y anteriormente ya se probaron en otros cultivos aumentando positivamente la producción.

**Cuadro 2.** Producción total de tomate según la solución empleada.

Solución A		Solución B		Solución C	
Lote A	Producción (kg)	Lote B	Producción (kg)	Lote A	Producción (kg)
A1L1	11,795	B1L1	9,700	C1L1	8,555
A1L2	12,080	B1L2	11,740	C1L2	9,440
A1L3	10,520	B1L3	12,925	C1L3	10,135
A2L1	13,180	B2L1	11,630	C2L1	12,490
A2L2	13,577	B2L2	12,280	C2L2	12,585
A2L3	9,915	B2L3	11,515	C2L3	12,470
A3L1	11,215	B3L1	9,690	C3L1	13,999
A3L2	11,910	B3L2	12,755	C3L2	11,870
A3L3	18,860	B3L3	8,749	C3L3	11,960
Total kg	113,052	100,984	103,504		

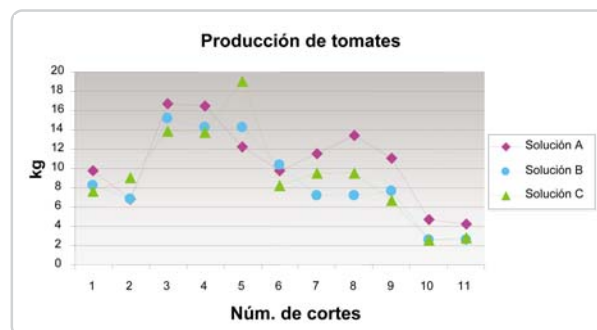
En el proyecto que nos ocupa, los mejores resultados se obtuvieron en la solución A, lo cual se explica si se considera que la planta de tomate entra a estado de productividad cuando florece y sigue creciendo de modo que se puede observar la aparición de 8 a 14 racimos. Dependiendo del tiempo que permanezca en producción y después de la aparición de cada racimo, siempre se podrá observar una etapa de crecimiento, por lo que se afirma que la planta de tomate siempre está en crecimiento, sin embargo, la mayoría de las plantas interrumpen su crecimiento al entrar en la etapa productiva, tal es el caso de los cultivos de chile y fresa. Por tal motivo, de manera general se emplean soluciones nutritivas con una relación K/N = 1 para la etapa de crecimiento y la relación K/N = 1.5 para la etapa de producción.

**Gráfica 1.** Producción total de tomate según la solución empleada.



En la Gráfica 2 se representa la producción obtenida de las tres diferentes soluciones nutritivas utilizadas, respecto a los tiempos de los cortes realizados, y aún cuando se pueden ver ligeros aumentos en algunos puntos, estos aumentos no son significativos, pues en su mayoría todos siguen un mismo patrón de comportamiento.

**Gráfica 2.** Producción de tomate respecto al tiempo de corte.



En los Cuadros 3 y 4 se observa que las plantas de tomate que fueron tratadas con la solución A (relación K-N 1:1) muestran en sus frutos una mayor cantidad de Ca, lo que muestra un comportamiento poco usual, puesto que comúnmente en tiempo de verano, en donde las temperaturas suelen alcanzar arriba de los 38°C, es necesario asperjar una solución de calcio sobre el cultivo para evitar la deficiencia antes descrita; lo anterior representa un beneficio adicional al utilizar la solución A.

**Cuadro 3.** Condensado de resultados de los elementos determinados.

Resultados en ppm del Ca analizado		Resultados en ppm del K analizado		Resultados en % del N analizado	
Muestras	Resultados	Muestras	Resultados	Muestras	Resultados
A1	4,985	A1	11,659	A1	2,011
A2	3,230	A2	12,956	A2	2,032
A3	5,465	A3	12,626	A3	2,111
B1	3,224	B1	12,948	B1	2,661
B2	3,488	B2	12,628	B2	2,174
B3	4,087	B3	15,856	B3	2,245
C1	4,734	C1	12,726	C1	2,126
C2	3,509	C2	14,134	C2	2,355
C3	3,374	C3	14,056	C3	2,256

**Cuadro 4.** Promedio de resultados de los elementos determinados.

	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
Lote A	4,56	12,41	2,05
Lote B	3,59	13,81	2,36
Lote C	3,87	13,63	2,24

Tomando en consideración que las plantas de tomate de los diferentes tratamientos requirieron de un espacio de 12 m<sup>2</sup> por tratamiento, y las diferencias encontradas, no obstante que no son significativas estadísticamente hablando, sí son de interés para los productores, puesto que se incrementa la producción de un 8.44% a un 10.67% en base a 1 ha (Cuadro 5). Si se toma en consideración que un invernadero hidropónico, para que sea rentable y exporte su producto, debe de tener mínimo una superficie de 4 hectáreas, la diferencia sería de 31,826 kg a 40,226 kg, que en pesos, tomando en cuenta que le precio mínimo de exportación es de \$10 pesos por kg de tomate, la diferencia es de \$318,260 y \$ 402,260 pesos.

**Cuadro 5.** Anova para los tres tipos de soluciones.

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.1593	0.0797	2.15	0.139
Error	24	0.8906	0.0371		
Total	26	1.0499			

S = 0.1926 R-Sq = 15.18% R-Sq(adj) = 8.11%


Nota: si  $P_v > 0.05$  (valor de alfa) (nivel de confianza del 95%) significa que no existe diferencia significativa, por lo que podemos afirmar que las soluciones tienen el mismo rendimiento.

De las plantas tratadas con la solución B (300ppm K y 200ppm N) y la solución C (200ppm K y 133ppm N) con una relación K-N 1.5, se observa que la mayor producción se obtuvo con la solución C; se ha reportado que la mayor productividad se obtiene cuando se emplea la relación 1.5 en la etapa de producción, sin especificar cómo lograr esta relación; de este resultado se desprende que la mejor relación 1.5 entre el K y el N es cuando el contenido de N empleado es menor, ya que de esta manera se aumenta la producción.

## Conclusiones

Se ha recomendado el tratamiento con una relación K/N = 1.5 pero no se especifican cantidades; sin embargo, a partir de esta experiencia se puede concluir que el empleo de la solución C aportó mejores resultados, e incluso representa una menor cantidad de fertilizante a utilizar, por lo que se recomienda utilizar 200 ppm de potasio y 133 para el cultivo hidropónico de tomate.

## Bibliografía

- ANUARIO ESTADÍSTICO DE CHIHUAHUA 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ESPINOSA, C. 2004, Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah. México. Octubre 13,14 y 15 del 2004 [http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort04/03Prod\\_tomate\\_invernadero.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort04/03Prod_tomate_invernadero.pdf). Pagina visitada el 10 diciembre 2009
- HERNÁNDEZ-DÍAZ, M. I., M. Chailloux-Laffita, V. Moreno-Placeres, A. Ojeda-Veloz, J. M. Salgado-Pulido y O. Bruzón-Guerrero. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo ferralítico rojo. *Pesq. agropec. bras.* 44(5) p.429-436
- FURLANI, P. 2003, Nutrición Mineral de Plantas en Sistemas Hidropónicos. Boletín informativo No. 21 Instituto Agronómico de Campinas, Sao Paolo, Brasil.
- JENSEN, M. 2002, Agricultura en ambiente controlado en desiertos, trópicos y regiones templadas-una revisión mundial, curso internacional de invernaderos 2002, Universidad Autónoma Chapingo.
- MANRIQUEZ, A, 2004. Tesis "Efecto del ácido giberelico y la relación potasio-nitrógeno en fresas de la variedad Camarrosa. Cultivadas por hidroponía". Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- NUEZ, F, 2001, El cultivo del tomate. Ediciones mundi-prensa, primera edición. 1995, reimpresión 2001, Madrid España.
- PAPADOPOULOS, T. 2004. "Manejo del ambiente y los factores nutricionales para la producción de tomate de alta calidad en invernaderos". Memorias del Congreso Internacional de Hidroponía 2004. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chih., México.
- RODRÍGUEZ, S. 2003. Forraje verde hidropónico. Memorias del Congreso Internacional de Hidroponía 2003. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. 

Este artículo es citado así:

López-Acosta, P. P., A. Cano-Montes, G. S. Rodríguez-De la Rocha, N. Torres-Flores, S. M. Rodríguez-Rodríguez y R. Rodríguez-Rodríguez. 2011: *Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 98-104.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**GUADALUPE SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA.** Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura. Obtuvo su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara recibiendo el título de Químico su maestría en la Facultad de Zootecnia de Universidad Autónoma de Chihuahua título Maestro en Ciencias área menor nutrición. Su investigación se centra principalmente en la aplicación de la Química a la producción alimentaria utilizando el método hidropónico así como en los nutrientes que dichos productos pueden aportar en la nutrición animal y de humanos. Ha impartido más de 60 cursos a la población sobre hidroponía en los estados de Chihuahua, Durango, y Sonora, a participado como organizador de 2 congresos en el área de hidroponía como maestro ponente. Es fundadora y presidente de la Sociedad Chihuahuense de Hidroponía, ha dirigido las brigadas de Servicio Social denominadas hidroponía y conservación de alimentos, que han llegado a un mínimo de 24 comunidades del estado de Chihuahua a lo largo de 14 años. Ha escrito libros, folletos y artículos así como material didáctico en el área.