

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**Instituto de Ciencias Agrícolas**  
**Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias**



**Efecto de la Fertilización Nitrogenada sobre el  
Rendimiento y Calidad en Chile Habanero (*Capsicum  
chinense* Jacq.)**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA**

**FIDEL NÚÑEZ RAMIREZ**

**DIRECTORES**

**ONECIMO GRIMALDO JUAREZ**

**DANIEL GONZALEZ MENDOZA**

“EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.), TESIS PRESENTADA POR FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS. ESTA TESIS HA SIDO APROBADA Y ACEPTADA POR EL COMITÉ PARTICULAR:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ PARTICULAR:

DIRECTOR \_\_\_\_\_  
Dr. Onésimo Grimaldo Juárez

DIRECTOR \_\_\_\_\_  
Dr. Daniel González Mendoza

ASESOR \_\_\_\_\_  
PhD. Roberto Soto Ortiz

ASESOR \_\_\_\_\_  
Dra. Lourdes Cervantes Díaz

ASESOR \_\_\_\_\_  
Dr. Jesús López Elías

## **AGRADECIMIENTOS:**

- A Dios... que me dio esta oportunidad de nuevo... Gracias!!!...
- A mi hermano Richardin, pilar fundamental en el desarrollo moral y económico de mi programa doctoral.
- A mi hermano Pedro,... tanta experiencia agrícola... si no es por tu confianza, ¿de dónde la habría tomado Yo?.
- Juan Carlos Vásquez y Poncho,... colegas escolares.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento económico para la realización de mis estudios doctorales, CVU 254141/213512

## DEDICATORIA:

Como un pequeño homenaje...a mis tres grandes amores...

*Uno más uno no son dos  
uno más uno es el placer de ti  
es cada canto de miradas sin fin  
es contemplar juntos el siguiente minuto  
uno más uno es lo contrario de estar sin ti  
uno más uno es sumar, besar y amar.*

## ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general: .....	4
Objetivos específicos:.....	4
Hipótesis general.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Generalidades .....	5
Fertirrigación de los cultivos .....	5
Monitoreo de la nutrición a través del extracto celular de peciolo .....	6
Calidad bioquímica del fruto de chile.....	7
Actividad antioxidante.....	8
Polifenoles.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
Experimento fase I. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum         chinense</i> Jacq.).....	11
Ubicación.....	11
Preparación del suelo.....	12
Trasplante y topología del cultivo .....	12

Logística del experimento.....	12
Muestras de peciolo .....	13
Análisis químico.....	13
Determinación del rendimiento y calidad .....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
Experimento fase I. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	16
Nitratos en extracto celular de peciolo y dosis aplicadas .....	16
Nitratos en extracto celular de peciolo y rendimiento. ....	16
Rendimientos.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
Experimento fase II. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre compuestos bioquímicos en frutos del cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	24
Ubicación.....	24
Preparación del suelo.....	24
Trasplante y topología del cultivo .....	24
Logística del experimento.....	25
Determinación de parámetros físico-químicos.....	25
Determinación de fenoles totales .....	26
Determinación de actividad antioxidante .....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29

Experimento fase II.....	29
Análisis químicos.....	29
Actividad antioxidante.....	30
Polifenoles totales .....	32
CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
APÉNDICE I .....	39
Núñez-Ramírez, F., D. González-Mendoza, O. Grimaldo-Juárez and L.C. Díaz, 2011. Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper ( <i>Capsicum chinense</i> ). Int. J. Agric. Biol., 13: 827–830.....	39
APÉNDICE II .....	40
Núñez-Ramírez, F., Grimaldo-Juárez, O., González-Mendoza, D. y Vázquez-Angulo, J.C. 2010. Effect of Nitrogen Fertilization on Physiochemical Parameters in Habanero Chili Pepper Fruit. Hortscience. 45(8):S172 .....	40
APÉNDICE III .....	41
Núñez-Ramírez, F., Grimaldo-Juárez, O., González-Mendoza, D. y Vazquez-Angulo, J.C. 2010. Nitrogen Fertigation on Habanero Chili Pepper ( <i>Capsicum chinnense</i> Jacq.) Hortscience. 45(8):S173.....	41
APÉNDICE IV.....	42
Nitratos en Extracto Celular de Peciolo en el Cultivo de Chile Habanero. Articulo enviado a la Revista Chapingo Serie Horticultura.....	42



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo experimental (2008). .....	11
Cuadro 2. Designación de la calidad del chile habanero .....	14
Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) durante tres cortes.....	22
Cuadro 4. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad expresada en tamaños y en forma porcentual del cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	22
Cuadro 5. Características físicas y químicas del suelo experimental (2009) .....	25
Cuadro 6. Fertilización nitrogenada y su efecto sobre las propiedades químicas de chile habanero. ....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle del muestreo, etiquetado, de muestras para la obtención del extracto celular de pecíolo en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> jacq.).....	13
Figura 2. Detalle la extracción y análisis de nitratos en el extracto celular de pecíolo en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> jacq.). ....	14
Figura 3. Detalle de fruta cosechable en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	15
Figura 4. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 60 ddt en chile habanero .....	17
Figura 5. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en chile habanero .....	17
Figura 6. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en chile habanero .....	18
Figura 7. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 60 ddt en chile habanero (n=16). ....	19
Figura 8. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en chile habanero (n=16). ....	20
Figura 9. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en chile habanero (n=16). ....	20
Figura 10. Frutos de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) cosechados	

a los 50 ddt.....	26
Figura 11. Extractos de fruta para la determinación de fenoles totales en el cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.). .....	27
Figura 12. Detalle de muestreo de tejido de fruto e incubación de tejido para la determinación de la actividad antioxidante en fruta del cultivo de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	28
Figura 13. Fertilización nitrogenada sobre la capacidad antioxidante en frutos de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	31
Figura 14. Fertilización nitrogenada sobre la concentración de polifenoles en frutos de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.).....	32

## RESUMEN

Actualmente la información disponible referente la respuesta del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en rendimiento, calidad y compuestos bioquímicos en relación a la fertirrigación nitrogenada es limitada. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) identificar la concentración de nitratos en extracto celular de peciolo en el cultivo de chile habanero en función de la fertilización nitrogenada, 2) identificar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el nivel de compuestos físico-químicos y bioquímicos antioxidantes del fruto de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Para lograr el primer objetivo, se llevo a cabo un experimento en el que se exploró la respuesta del cultivo a la aplicación de cuatro dosis crecientes de fertilización nitrogenada (35, 70, 105 y 140kg N ha<sup>-1</sup>). Se realizaron mediciones periódicas de los contenidos de NO<sub>3</sub> en extracto celular de peciolo (ECP) y se relacionaron con las dosis de nitrógeno aplicadas y con los máximos rendimientos obtenidos. Los resultados indicaron una respuesta lineal positiva del rendimiento del cultivo en relación a los tratamientos aplicados (P<0.01). Los mayores rendimientos total y comercial (3,285.2 y 2,945.7 kg ha<sup>-1</sup>) se obtuvieron al aplicar la dosis de 140 kg de N ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, la calidad expresada como tamaño de fruta, no resultó ser afectada por la aplicación de los tratamientos indicando que la misma es un factor independiente del manejo de la fertilización con nitrógeno. Los contenidos de NO<sub>3</sub> en ECP, se incrementaron de acuerdo a las dosis de fertilizante nitrogenado aplicado. Adicionalmente, se encontró una relación positiva (R<sup>2</sup>= 0.83-0.66; P<0.05) entre las concentraciones de NO<sub>3</sub> en ECP y el rendimiento del cultivo.

En el año 2009, se obtuvo información acerca del segundo objetivo. Los tratamientos estudiados fueron dosis nitrógeno con valores de 35, 80, 160 y 320 kg ha<sup>-1</sup>; a frutas de cada tratamiento se les midió las características como: pH, acidez titulable (AT), sólidos solubles (SST), relación AT/SST, actividad antioxidante y polifenoles totales. Los resultados mostraron que el pH del fruto no es afectado por las diferentes dosis de fertirrigación nitrogenada (P>0.05), lo mismo que la variable de SST (P>0.05). En contraste, para la variable AT se

encontró una respuesta positiva y altamente significativa ( $P < 0.01$ ) al encontrar el doble del valor ( $0.2285 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ) al aplicar la dosis mayor de fertilizante nitrogenado ( $320 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en relación a la dosis menor ( $32 \text{ kg ha}^{-1}$ ;  $0.1170 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ). Al evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada con la relación SST/AT, se encontró una relación negativa entre ambas variables ( $P < 0.01$ ; valores de 165.4 a 85.7 con dosis de 32 a  $320 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ). Para el caso de la aplicación de los tratamientos nitrogenados en relación con la actividad antioxidante y polifenoles totales, no se encontró significancia alguna ( $P > 0.05$ ) al aplicar los tratamientos nitrogenados. Los valores de actividad antioxidante fluctuaron entre los 6.9 y 8.1 mg de GAE/g PF, mientras que los polifenoles totales, los valores fluctuaron en el rango de 798 y 650 mg/100gr GAE PF.

Al final de este estudio se concluyó la posibilidad de obtener mayores rendimientos de fruta de chile habanero al aplicar mayores dosis de fertilización nitrogenada. También, es posible la utilización de la técnica del análisis de  $\text{NO}_3$  en ECP, como una herramienta en el manejo de la nutrición nitrogenada del cultivo, debido a que los contenidos de  $\text{NO}_3$  responden a la aplicación de fertilizante y debido también a la alta correlación encontrada entre las concentraciones de  $\text{NO}_3$  y el rendimiento obtenido. Así mismo este estudio confirmó la posibilidad de obtener aceptable calidad nutricional tal como la actividad antioxidante y los polifenoles totales en frutos de chile habanero independientemente de la dosis de fertilización nitrogenada utilizada.

## ABSTRACT

Recently, available information on habanero chili pepper yield, quality and bio-compounds in response of nitrogen fertilization is scarce. The objectives of the present research were: 1) to identify of nitrate concentration in cellular extract of petiole according to different nitrogen fertilization levels, 2) to identify quality-related biocompounds habanero chili pepper fruits in relation to nitrogen fertilization. To reach the first objective, an experiment was conducted to evaluate four nitrogen fertilization doses (35, 70, 105 & 140kg N ha<sup>-1</sup>). Systematic samples of plant petioles were taken and identification of NO<sub>3</sub> concentration was realized to compare the relationship to nitrogen doses and maximum yield. Results showed a linear positive response in yield according to the treatments evaluated (P<0.01). Higher yield (total and marketable) was that of 140 kg of N ha<sup>-1</sup>. In addition, fruit quality expressed as fruit size, did not result affected by application of any nitrogen doses. This is indicative that fruit size is an independent variable regardless nitrogen management of pepper crop. Nitrate contents in cellular extract of petiole showed increments according to nitrogen doses applied. Additionally, a positive relationship (R<sup>2</sup>= 0.83-0.66; P<0.05) was found among nitrate concentrations and crop yield.

During 2009, research was done with the aim of obtaining information about the second objective. Four nitrogen fertilization treatments were evaluated including the highest nitrogen doses from previous experiment. Those values were 35, 80, 160 & 320 kg N ha<sup>-1</sup>; titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), relation between TA/TSS, antioxidant activity and total phenols, were estimated in fruits for each treatment. Results showed that fruit pH was not affected by any nitrogen doses (P>0.05), the same was for TSS (P>0.05). In contrast, AT values were significantly affected (P<0.01) by nitrogen doses as noticed by a two-fold increase in the 320 kg N ha<sup>-1</sup> dose (0.2285 g 100g<sup>-1</sup>) as compared to the 32 kg N ha<sup>-1</sup> dose (0.1170 g 100g<sup>-1</sup>). In evaluating AT/TSS pepper crop ratios as to nitrogen fertilization doses, results showed a significant and negative response (P<0.01). Lower AT/TSS values were found at lower nitrogen doses. As far as nitrogen

fertilization doses and its relationship to the antioxidant activity and total phenols, a non significant response was found ( $P>0.05$ ). Values of antioxidant activity varied between 6.9 and 8.1 mg of GAE/g FW. In the case of the total phenols variable, values varied between 798 and 650 mg/100g GAE FW.

In conclusion, it is possible to increase habanero pepper fruit yield, as a function of increasing nitrogen doses. Also it was found that the use of the extract cellular of petiole nitrate test is a valuable making-decision tool for management of nitrogen fertilization in the habanero pepper crop. This is based in the fact that nitrate concentration in petiole was a function of nitrogen dose applied, and also because nitrate concentrations increased as the habanero fruit yield increased. Likewise, this research confirmed the fact of appreciable nutritional quality values (antioxidant activity and total phenols) in the habanero fruit, regardless of nitrogen doses applied.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en México, el fruto de chile habanero tiene gran demanda por los consumidores debido a la especial característica de pungencia que posee. Dicha pungencia se debe al contenido del alcaloide capsaicina, el cual se reporta en concentraciones de  $8.4 \text{ g Kg}^{-1}$ , valores superiores a cualquier otra especie de chile (Borguez-Gómez *et al.*, 2010). Adicionalmente contiene una gran actividad antioxidante debido a altas concentraciones de vitamina C,  $\beta$ -caroteno y compuestos fenólicos (Navarro *et al.*, 2006), todos de importancia nutrimental en la medicina preventiva (Ferruzzi and Blakeslee, 2007).

El cultivo del chile habanero en México, se concentra principalmente en regiones de clima tropical en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, aunque también se inicia su cultivo en regiones áridas como los estados de Sonora y Sinaloa en el noroeste México (Conaproch, 2009). Los rendimientos de fruto por hectárea en el país, varían desde 2 hasta 40 toneladas, obteniéndose los más elevados volúmenes en cultivos establecidos en condiciones de invernadero en la región de la Yucatán. Los márgenes tan amplios en productividad, están asociados en parte a las condiciones ambientales y de manejo cultural durante el desarrollo del cultivo (Conaproch, 2009).

Referente a este último aspecto relacionado al uso de los fertilizantes y dosis de aplicación adecuadas, no se dispone de suficientes estudios que demuestren las dosis óptimas de producción. En este sentido, algunos estudios han sido realizados con el fin de conocer los requerimientos nutrimentales y de riego de los diversos tipos de chile entre los que destacan chile jalapeño (Alonso-

Baez *et al.*, 2002), chile verde (Haynes, 1988), chile pepper (Kirnak *et al.*, 2003) entre otros.

Además de conocer la dosis óptima para altos rendimientos se requiere contar con tecnología de diagnóstico nutrimental durante el crecimiento del cultivo, a fin de corregir la dosis originalmente planteada y hacer aún más eficiente la aplicación de nutrientes. De esta manera, los análisis de nitratos en extracto celular han demostrado ser una alternativa efectiva, rápida, económica y sencilla de realizar (Castellanos *et al.*, 2000; Olsen y Lyons, 1994). Investigaciones realizadas por Hartz, *et al.* (1993) en California cultivando chile dulce, lechuga, brócoli y tomate encontraron considerable relación entre nitratos del extracto celular de pecíolo y el análisis tradicional de nitratos en tejido seco ( $R^2=0.77-0.89$ ), lo que demuestra la efectividad de su uso.

En el caso específico del chile habanero no existen reportes que contengan datos sobre el manejo óptimo de la fertilización nitrogenada en relación al rendimiento y calidad obtenida, ni de la relación entre el contenido de nitratos en savia y el rendimiento; la escasa literatura referente a nutrición del cultivo, menciona estudios realizados bajo condiciones controladas de invernadero. Así por ejemplo, Medina-Lara *et al.* (2008) evaluaron dosis de 1 a 30 mM de N en solución nutritiva, e indicaron que la formación de flores y frutos se incrementa hasta una dosis de 15 mM de N y entonces decae con la aplicación de 22 y 30 mM de N, así mismo plantea la necesidad de desarrollar tecnología de diagnóstico nutrimental para potasio y nitrógeno en apoyo a obtener altos rendimientos.

Además de asegurar obtener de altos rendimientos, se requiere determinar la calidad nutricional de los frutos de chile habanero. Se ha establecido que algunos de los compuestos bioquímicos importantes afines a la calidad nutricional de la fruta son los relacionados a la pigmentación tales como los compuestos fenólicos y carotenoides, los cuales le confieren efectos antioxidantes y sirven como preventivos a enfermedades crónicas o degenerativas (Paiva y Russell, 1999).

Los compuestos fenólicos son productos secundarios creados por los vegetales los cuales son indispensables para sus funciones fisiológicas además de ser utilizados como una condición de defensa ante situaciones de estrés hídrico o de luminosidad (Proestos *et al.*, 2005). Además la actividad antioxidante que estos compuestos poseen es variable de acuerdo al estado de madurez de la fruta o de las condiciones agronómicas donde se desarrolle el cultivo. Por ejemplo, reportes realizados por Howard *et al.* (2000) mencionan que los contenidos de compuestos antioxidantes en diversos tipos de chiles, aumentan conforme avanza su estado de madurez, incluso refiere que el ácido L-ascórbico y algunos carotenoides sobrepasan hasta el doble y triple, las cantidades de ingesta recomendadas diariamente. Por su parte Marin *et al.* (2009), explica que la frecuencia de riego y la fertilización con altas dosis de potasio y bajas dosis de calcio aplicadas a chile bell, incrementan la cantidad de compuestos bioactivos como vitaminas A y C así como compuestos fenólicos y carotenoides.

Actualmente investigación referente al tema de incrementar la calidad bioquímica en chile habanero no existe, de ahí la posibilidad de explorar el efecto que la nutrición mineral tiene en este cultivo sobre compuestos bioactivos,

sobretudo el nitrógeno el cual es utilizado en grandes cantidades en la horticultura por ser uno de los factores que más limita los rendimientos (Mengel y Kirkby, 1982).

Objetivo general:

Evaluar la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad del cultivo de chile habanero

*Objetivos específicos:*

- Identificar el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).
- Cuantificar la concentración de  $\text{NO}_3$  en extracto celular de peciolo en chile habanero y su relación con el rendimiento.
- Cuantificar las propiedades físico-químicas en frutas de chile habanero en respuesta a la fertilización con nitrógeno
- Identificar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre compuestos bioactivos en frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Hipótesis general

- La fertilización con nitrógeno afecta los rendimientos y la calidad del cultivo de chile habanero.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

El chile es uno de los frutos alimenticios más populares que han sido utilizados desde tiempos muy remotos. El chile es un fruto originario de la región Central de América y México (Andrews, 1984), las plantas son generalmente cultivadas en regiones tropicales del sur de México, aunque la superficie actual se ha extendido a otras regiones del país con diferente condición climática (Conaproch, 2009).

La adaptación de este cultivo a condiciones diversas de suelo y ambiente, se ha visto favorecida por la implementación de prácticas de manejo de fertirrigación a través de los sistemas de riego presurizado. En este sentido la optimización en la utilización de nutrientes resulta de gran importancia ya que es posible alcanzar altos rendimientos por unidad de fertilizante aplicado (Papadopoulos, 1998).

### Fertirrigación de los cultivos

Para realizar un plan de fertilización en cualquier cultivo es necesario conocer el aporte nutrimental del suelo a ser cultivado, la demanda de nutrientes del cultivo de acuerdo a sus etapas fenológicas y el ajuste de las dosis aplicadas mediante el análisis de tejido vegetal (Castellanos, 1997). Las cantidades de nutrimentos aportados por el suelo se identifican antes del establecimiento del cultivo realizando un análisis de fertilidad; del mismo modo, la demanda nutrimental se obtiene previamente obteniendo el peso seco de plantas completas y determinándoles la concentración de elementos minerales. Respecto al monitoreo del estado nutrimental de los cultivos, es una técnica que se utiliza y ha

sido probada desde hace tiempo (Dow y Roberts, 1982) y en el que regularmente se muestrea la hoja más recientemente madura, se somete a secado y se le realizan análisis de nutrientes (Campbell, 2000). El procedimiento funciona aunque se consume tiempo en el envío de la muestra al laboratorio y posterior análisis (Alcántar y Sandoval, 1999).

#### Monitoreo de la nutrición a través del extracto celular de peciolo

Recientemente, una técnica rápida de análisis del extracto celular en peciolo ha sido introducida en diferentes cultivos con el fin de monitorear la nutrición mineral obteniendo resultados satisfactorios con su utilización (Badillo-Tovar *et al.*, 2001; Matthäus y Gysi, 2001; Taber, 2000; Fontes *et al.*, 2003). Al igual que el análisis de tejido seco, la técnica se basa en la relación existente entre la concentración de cierto elemento en cierto órgano de referencia con el rendimiento del cultivo.

Este análisis de tejido fresco ha mostrado buena relación con el análisis de tejido seco especialmente en nutrientes como nitrógeno y potasio. Por ejemplo, Kubota *et al.* (1996) encontraron con una  $R^2 = 0.77-0.76$ , al comparar concentraciones de  $N-NO_3$  en tejidos de peciolo seco y  $N-NO_3$  contenido en extracto celular tejidos de peciolo fresco de plantas de coliflor. De igual forma, Kallenbach (1997) evaluó la confiabilidad de medidores portátiles al analizar en tallos de alfalfa, los contenidos de potasio en relación a métodos tradicionales de laboratorio, encontrando  $R^2 = 0.68$ , e indicando que este método de análisis es una buena herramienta en el monitoreo de concentraciones de potasio en campo.

El análisis de extracto celular se realiza en campo con equipo portátil y es de fácil uso, así mismo, las decisiones de modificar el plan de fertilización se realizan al instante antes de que exista alguna reducción en el rendimiento (Hochmuth, 1994a). Según Castellanos *et al.* (2000), se requiere suficiente tejido fresco para obtener tres gotas del líquido citoplasmático que cubra el sensor del medidor para obtener la lectura del mineral analizado. En el caso de chile bell, Hartz *et al.* (1993) mencionan que treinta peciolo frescos son necesarios para obtener una lectura confiable.

Actualmente se han realizado determinaciones de nitratos para varios cultivos hortícolas incluyendo papa, tomate, sandía, melón, calabaza y chile entre otros (Hochmut, 1994b). Sin embargo para este último cultivo, por ser un cultivo con gran diversidad de géneros, los valores identificados como rangos de suficiencia y su relación con el rendimiento difieren considerablemente (Brizuela-Amador, 2005). Por ejemplo, Hartz *et al.* (1993) al analizar peciolo en plantas de chile bell de alto rendimiento en la fase de fructificación, encontraron valores del orden de los 5000 mg L<sup>-1</sup> de N, mientras que Hochmuth (1994a) reportó valores de 1200-1400 mg L<sup>-1</sup> de N en el mismo tipo de chile y en la misma fase fenológica. Los resultados tan variados hacen limitativo el uso de esta técnica en este cultivo, por tal motivo deben ser obtenidos para cada tipo de chile y cada condición edafoclimática en particular.

#### Calidad bioquímica del fruto de chile

Varias especies del género *Capsicum* han sido cultivadas significando un importante papel en el comercio y la agricultura (Smith *et al.*, 1987). Por su nivel

de consumo *C. annum* figura como el más importante, integrado por frutos de muchas formas colores y tamaños, así como diversas maneras de consumo (fresco, seco, molido y salsa). Otras especies de mediano consumo son *C. frutense* y *C. chinense*, los cuales son frutos pequeños caracterizados por su pungencia y con utilización principal como salsas. Por otro lado, *C. baccatum* y *C. pubenses*, son frutos de variadas formas, y de menor consumo no grandemente distribuidos (Andrews, 1984).

Además de su característico sabor pungente el fruto de chile es de importancia nutricional en la dieta humana, ya que contiene diversas propiedades alimenticias precursoras de la salud preventiva, entre las que destacan su gran contenido de carotenoides, su riqueza en ácido ascórbico (Vitamina C) y capsaicinoides (Jarret *et al.*, 2009). Recientemente existe interés en cuantificar algunos constituyentes antioxidantes de frutas y vegetales por su potencial de funcionalidad contra varias enfermedades entre las que destacan la diabetes, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas como el alzhéimer (Kaur y Kapoor, 2001). Entre estos constituyentes se encuentran principalmente el contenido total de fenoles, así como la actividad antioxidante del fruto.

#### Actividad antioxidante

La excesiva oxidación de biomoléculas da lugar a diversos daños en el organismo. Así, un exceso de radicales libres se ha relacionado con una mayor incidencia de diversas enfermedades degenerativas (Pratico y Delanty, 2000) como cáncer, enfermedades cardíacas, inflamación, artritis, disfunción cerebral,

aceleración del envejecimiento (Finkel y Holbrook, 2000), entre otros. El mecanismo por el que los radicales libres producen sus efectos transcurre mediante una reacción en la que se forman especies reactivas oxigenadas, que son las que producen los efectos nocivos. Este proceso se ve favorecido por la presencia de oxígeno y de luz ultravioleta, que inicia la formación de radicales libres. La utilización de antirradicales permite que no se produzcan las especies reactivas oxigenadas (por esto también se les suele llamar antioxidantes), de forma que se impiden las consecuencias de su actividad (Visioli *et al.*, 2000; Kris-Etherton *et al.*, 2002). Estos antirradicales actúan principalmente en reacciones de terminación de cadenas de radicales libres. Impidiendo la oxidación de lípidos y otras moléculas cediendo átomos de hidrógeno de forma que se neutralizan los radicales libres.

### Polifenoles

El fruto de chile en sus diversas especies ofrece una oportunidad de descubrimiento de compuestos fenólicos. Los polifenoles son compuestos provenientes del metabolismo secundario de las plantas (Apak *et al.*, 2007). Las principales funciones de estos compuestos en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, y como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa (Martínez *et al.*, 2000). Además, participan en la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales y alelopatía (Robbins, 2003). Los compuestos fenólicos están relacionados a las características sensoriales

como el sabor, astringencia, dureza y a las propiedades nutritivas (Robles *et al.*, 2007). Además, la reacción de oxidación de los compuestos fenólicos hacia la formación de quinonas, catalizada por las enzimas polifenol oxidasas, produce un pardeamiento enzimático en los alimentos, fenómeno de vital importancia para asegurar la calidad de frutas y verduras durante el procesado (Finkel y Holbrook, 2000).

Los polifenoles pueden ser divididos en varios subgrupos atendiendo a su estructura básica. Los flavonoides, con estructura básica C6-C3-C6, incluyen a las antocianinas, los flavonoles (como es el caso de quercetina, miricetina y kampferol) y flaonas (apigenina, luteolina y diosmetina); las flavanonas, charconas y dihidrochalconas, las isoflavonas y los flava-3-oles (Hertog *et al.*, 1993). Tienen más relevancia desde el punto de vista de su actividad biológica y/o contenido en la dieta son los flavonoles, flavan-3-oles, I-isoflavonas, estilbenoides, hidroxitirosol y ácido elágico. La principal función que poseen los polifenoles en los humanos es la actividad antioxidante (Moraes de Souza *et al.*, 2008), esta característica se debe a la reactividad del grupo fenol (Kähkönen *et al.*, 2001).

Los frutos de *Capsicum* se caracterizan por ser una fuente rica de compuestos fenólicos. Estudios realizados por Howard y Wildman (2007) analizando un total de 31 frutos de *C. annuum* señalan que los principales flavonoides encontrados son la quercetina seguida de la luteolina, además se determinó que el principal aporte de quercetina lo constituye la variedad Yellow wax con valores que van desde los 78.4 mg 100 g<sup>-1</sup> a 4.3 mg 100 g<sup>-1</sup> en base a peso fresco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento fase I. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

### Ubicación.

La presente investigación se realizó durante la estación otoño invierno en el año 2008. Durante este año, se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo, se utilizaron plántulas de chile habanero de la variedad naranja<sup>®</sup>, la cual es considerada una planta de polinización abierta y ciclo de producción mediano a tardío. El experimento se estableció en terrenos de un agricultor cooperante, al norte de la Región de Caborca Sonora, donde prevalece clima seco o desértico, semiárido, con inviernos frescos (BMW [x']["e"]; INIFAP, 1985), a una altura media de 487 msnm. La duración del estudio fue del 4 de julio al 20 de diciembre. Las características físicas y químicas del suelo donde se desarrolló el experimento son presentadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo experimental (2008).

Características físicas		Características químicas	
Textura: Areno franco	Punto de saturación: 24%	pH (1:2 agua) 8.32	Materia orgánica: 0.47 %
Arena: 80%	Capacidad de campo: 12.6 %	Carbonatos totales: 0.97%	Nitrógeno inorgánico: 26.1 mg kg <sup>-1</sup>
Arcilla: 8%	Punto de marchitamiento permanente: 7.47 %	Conductividad eléctrica: 0.21 dS/m	Fósforo-Bray: 29.2 mg kg <sup>-1</sup>
Limo: 12%	Conductividad hidráulica: 1.31 cm/hr	Capacidad de intercambio catiónico 8.73 meq/100g	Potasio: 258 mg kg <sup>-1</sup>

### *Preparación del suelo*

La preparación de suelo consistió en la realización de un subsuelo profundo, paso de rastra doble y escrepa. Posteriormente, se levantaron camas a una altura de 0.25 m separadas entre centro y centro a una distancia de 1.80 m. Se colocó una cintilla sub-superficial para riego (0.05 m de profundidad) con goteros separados a 0.30 m y con un gasto de  $4.0\text{L m}^{-1}\text{ hora}^{-1}$ .

### *Trasplante y topología del cultivo*

El trasplante se realizó después de aplicar un riego de una lámina de 0.1 m para llevar el suelo a capacidad de campo y facilitar esta labor. La superficie del experimento fue de  $1,036.80\text{ m}^2$  (24.0m de ancho x 43.2 m de largo), la cual se dividió en dieciséis parcelas con tres camas de siembra cada una, orientadas de este a oeste. Las plántulas se colocaron a doble hilera en forma alternada, a una distancia de 0.33m entre ellas a lo ancho y 0.35m a lo largo, para lograr una densidad de población de  $18,333\text{ plantas ha}^{-1}$ .

### *Logística del experimento*

Los tratamientos evaluados fueron cuatro dosis crecientes de nitrógeno: 35, 70, 105 y  $140\text{ kg N ha}^{-1}$ , identificados como:  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  respectivamente, los cuales se aplicaron en forma fraccionada en el agua de riego durante el crecimiento del cultivo, y se distribuyeron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, adicionalmente se aplicó una dosis de  $150$  y  $80\text{ kg ha}^{-1}$  de potasio y fósforo a todos los tratamientos.

### *Muestras de peciolo*

Se realizaron tres muestreos distribuidos en las fases fenológicas del cultivo: desarrollo, inicio de floración y precosecha justo a los 60, 88 y 123 días después del trasplante (DDT); estos se realizaron de la hoja más recientemente madura (HMRM cuarta o quinta) ubicadas en plantas situadas en cada parcela del experimento (15 a 20 plantas; Castellanos *et al.*, 2000). Se desprendió la hoja y el peciolo resultante se guardó en frascos esterilizados y etiquetados (fecha, parcela, tratamiento) y se mantuvieron en congelación para posterior análisis (Hochmuth, 1994a; Figura 1). Los muestreos se realizaron en horario de 8:00 a 10:00 am a fin de evitar variaciones en el contenido de nitratos a lo largo del día, según Hochmout (1994b).



Figura 1. Detalle del muestreo, etiquetado, de muestras para la obtención del extracto celular de peciolo en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.).

### *Análisis químico*

Al final del experimento las muestras de peciolo, se descongelaron a temperatura ambiental (20-25 °C) y mediante prensa manual de ajos, se les extrajo el extracto celular para posteriormente realizar un análisis utilizando un

medidor portátil de iones (Cardy Nitrate Meter-HORIBA, Inc<sup>®</sup>; Figura 2). A través de técnicas de regresión se identificó la relación entre concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo y el rendimiento expresado en forma relativa (Dow y Roberts, 1982).



Figura 2. Detalle la extracción y análisis de nitratos en el extracto celular de peciolo en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.).

Cuadro 2. Designación de la calidad del chile habanero<sup>1</sup>

Clasificación	Largo (cm)	Diámetro (cm)
Chico	2.0-2.5	1.3-2.0
Grande	≥ 2.6	≥ 2.2
Rezaga	NA*	NA

\*No aplica el tamaño y diámetro de fruto. Se consideran frutas con defectos entomológicos, quemado de sol, etc.

#### *Determinación del rendimiento y calidad*

Los rendimientos se determinaron en frutos a madurez fisiológica (3/4 de coloración naranja aproximadamente a los 50 días después de floración) en la cama o surco central de las parcelas experimentales y se expresaron en ton ha<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> Burnand & Co. 17 Bravo Ln Nogales, AZ 85621. <http://www.yellowpages.com/nogales-az/mip/burnand-co-inc-produce-3816333>

El rendimiento comercial fue considerado como aquel que mantuvo frutos sanos y de características deseables con tamaños referentes a los del Cuadro 2, mientras que el rendimiento total incluyó frutos malformados, con defectos de pudrición, malformación o dañados por insectos. Los valores de los rendimientos obtenidos se les aplicó la técnica de regresión a través del programa MINITAB, y se escogió el modelo que mejor se ajustó según a la ecuación resultante para escoger la dosis óptima para altos rendimientos (Figura 3).



Figura 3. Detalle de fruta cosechable en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento fase I. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

### *Nitratos en extracto celular de pecíolo y dosis aplicadas*

Las figuras 4, 5 y 6, muestran la respuesta del cultivo en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a la aplicación de nitrógeno a los 60, 88 y 123 ddt. Durante las tres fechas evaluadas, los nitratos se acumularon en forma lineal a la dosis de nitrógeno aplicada ( $P < 0.05$ ). Esto significa que el incrementar la aplicación de nitrógeno, el cultivo responde acumulando nitratos en el extracto celular. Sin embargo, es evidente que la respuesta de acumulación de nitratos en el extracto celular es menor al ser evaluada a un mayor tiempo de días transcurridos del trasplante, lo cual podría estar relacionado a las variaciones de demanda de nutrientes durante las fases fenológicas del cultivo (Badillo-Tovar *et al.*, 2001).

### *Nitratos en extracto celular de pecíolo y rendimiento.*

El contar con índices de referencia para cultivos desarrollados bajo condiciones específicas de clima y suelo resultan ser una herramienta valiosa para monitorear la nutrición de los mismos (Etchevers, 1999). Las figuras 7, 8 y 9, muestran la relación entre las concentraciones de nitratos del extracto celular y los rendimientos expresados en forma relativa. Se identificó una relación positiva lineal entre ambos parámetros ( $P < 0.05$ ) alcanzando coeficientes de  $R^2$  de 0.83 a los 60, y una  $R^2$  de 0.86 a los 88 ddt; Para el muestreo de los 123 ddt, resultó una relación cuadrática con un  $R^2$  de 0.66. Así mismo, las concentraciones de nitratos

identificadas variaron entre los 375-620 mg L<sup>-1</sup> a los 60 ddt, 350-700 a los 88 ddt y 210-270 mg L<sup>-1</sup> a los 123 ddt.

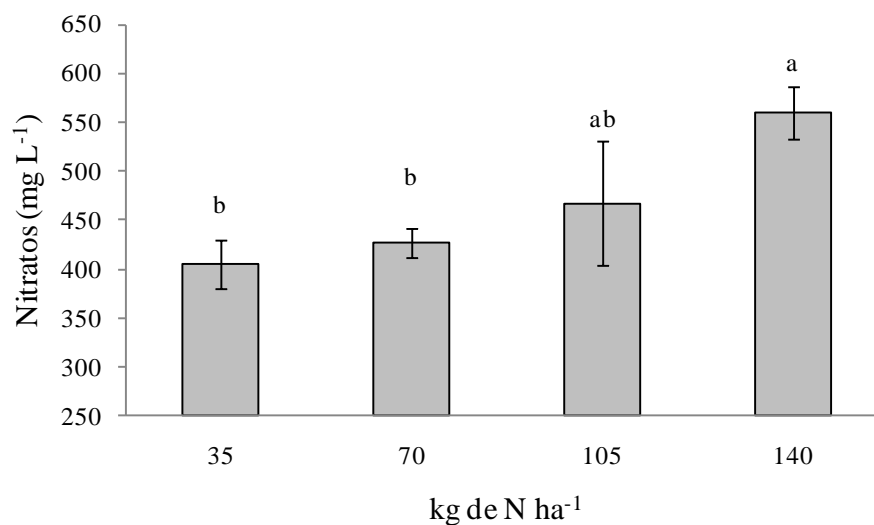


Figura 4. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 60 ddt en chile habanero

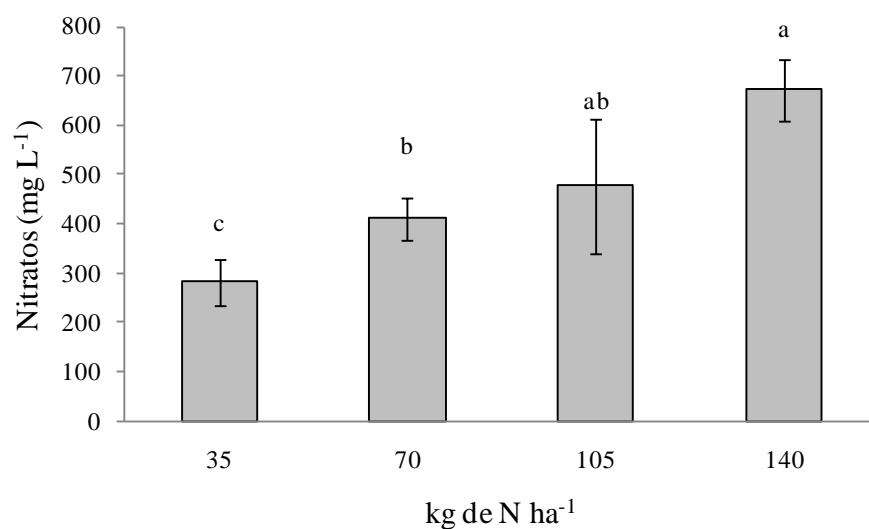


Figura 5. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en chile habanero

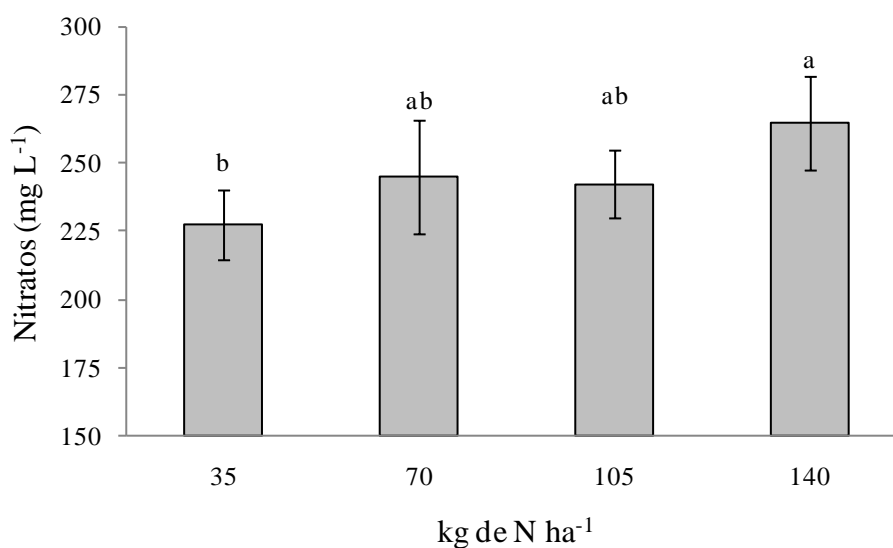


Figura 6. Efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a los 123 ddt en chile habanero

Las concentraciones de nitratos encontradas en el extracto celular de peciolo en chile habanero en las tres fechas evaluadas resultaron ser muy inferiores a las encontradas por otros autores para otro tipo de chiles. Por ejemplo, Hartz *et al.*, (1993) identificaron valores mayores a los 5000 mg L<sup>-1</sup> de nitratos en extracto celular de peciolo en chile pimiento bell cultivado en el estado de California USA y obtuvo rendimientos de ahí la importancia de generar investigación para cada cultivo y condiciones edafoclimáticas en particular. A la fecha no existe información referente al tópico de monitoreo nutrimental en el cultivo chile habanero a través del análisis del extracto celular de peciolo, solo existen reportes que mencionan la relación entre nitratos en el extracto celular de peciolo y nitrógeno total en peciolo seco. Por ejemplo, un estudio reciente referente nutrición realizado por Noh-Medina *et al.*, (2010) reportan haber encontrado una relación lineal negativa ( $R = -0.92$ ) entre el contenido de nitratos en peciolo y la

concentración de nitrógeno en tejido de la planta completa, sin embargo no mencionan que las concentraciones de nitratos en el extracto celular tengan relación con el rendimiento del cultivo, siendo un punto importante a considerar la utilización de este tipo de técnicas.

Fue imposible identificar rangos de suficiencia para nitratos en el extracto celular de peciolo debido a que las concentraciones de nitrato en el extracto celular de peciolo no disminuyeron en relación a los rendimientos obtenidos, por lo tanto no fue posible inferir que las concentraciones encontradas no alcanzan el nivel de “consumo de lujo”, tal como lo sugiere la metodología propuesta por Dow y Roberts (1982).

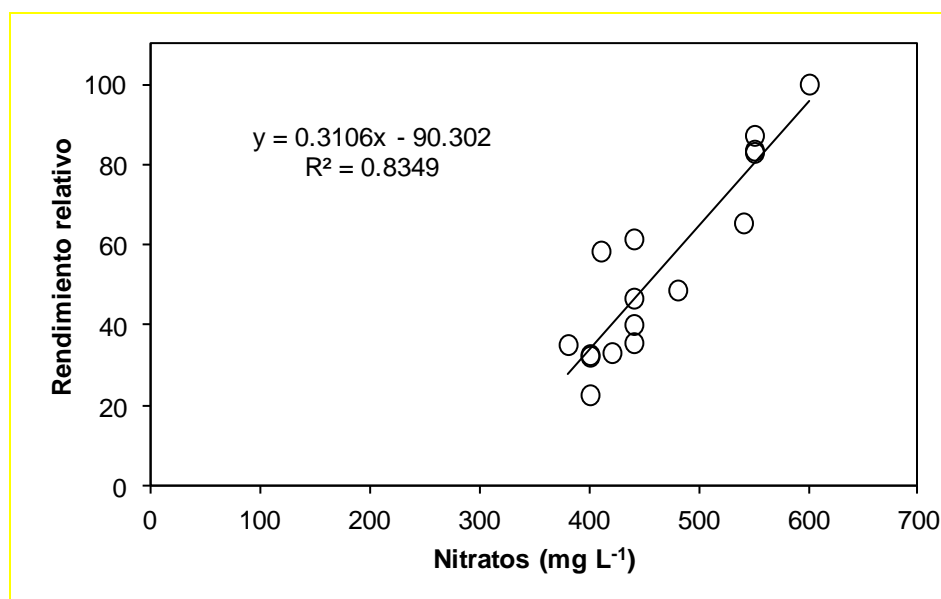


Figura 7. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a los 60 ddt en chile habanero (n=16).

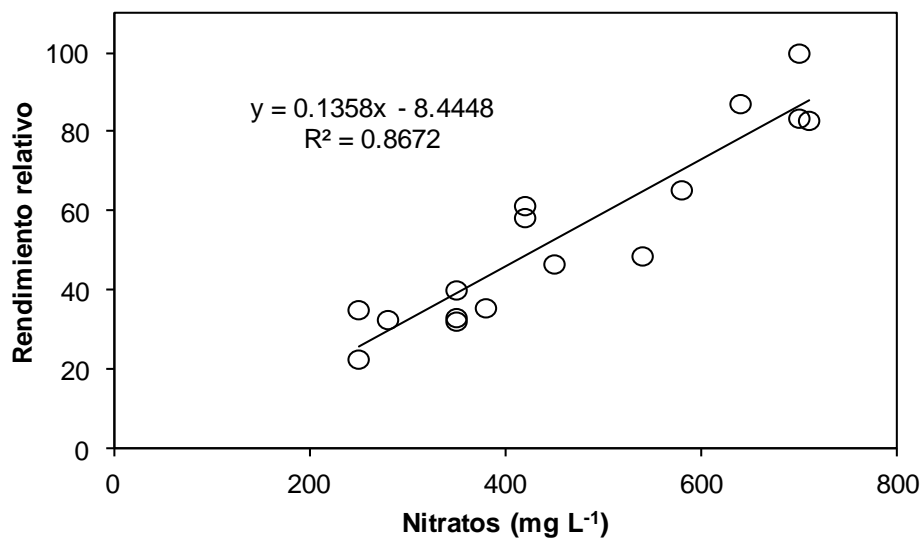


Figura 8. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en chile habanero (n=16).

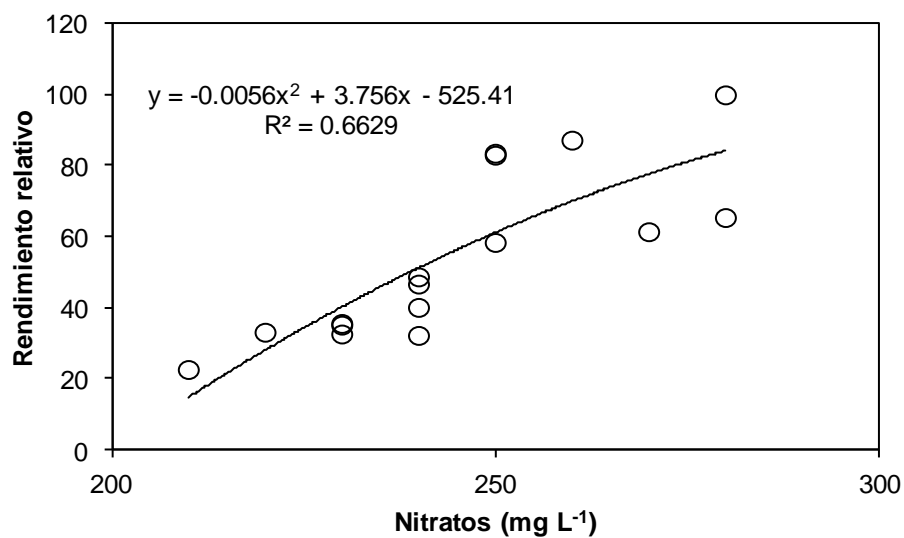


Figura 9. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en chile habanero (n=16).

### *Rendimientos*

Uno de los nutrientes que mayormente afecta el rendimiento de los cultivos es el nitrógeno (Mengel y Kirby, 1982; Hartz *et al.*, 1993; Brizuela-Amador *et al.*, 2005). En estudios realizados por Salvador-Morales *et al.* (2009) se encontró que dosis de nitrógeno mayores a los 115 kg ha<sup>-1</sup> aplicados al cultivo de chile habanero, no incrementaban los rendimientos ni se aumentaba el uso eficiente del nitrógeno por parte de la planta. Los resultados encontrados en el presente experimento contrastan con lo reportado por estos autores y sugieren la necesidad de incrementar las dosis a aplicar para aumentar el rendimiento. El cuadro 3 muestra el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre los rendimientos obtenidos en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) durante los tres cortes realizados. En ambas determinaciones de rendimientos (total y comercial), el cultivo respondió de forma lineal a los tratamientos aplicados ( $P < 0.01$ ). El mayor de los rendimientos se obtuvo al aplicar la dosis de 140 kg de N ha<sup>-1</sup>. Se aprecia también que durante el primer corte se cosecha la menor cantidad de fruta con respecto a los dos cortes restantes. El obtener una respuesta lineal a la aplicación de los tratamientos sugiere la necesidad de incrementar las dosis de fertilización nitrogenada hasta encontrar una respuesta cuadrática y obtener una dosis óptima. Los valores de cosecha obtenidos en el presente estudio resultaron ser muy inferiores a los de otras investigaciones; por ejemplo Ramírez-Luna *et al.* (2005) mencionan que en el estado de Campeche los rendimientos fluctúan entre los 23,000 y los 45,000 kg ha<sup>-1</sup>. Es posible inferir que tales rendimientos obedecen a las condiciones tropicales a las cuales se encuentra habituado este tipo de cultivo.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) durante tres cortes.

Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	-----rendimiento total (kg ha <sup>-1</sup> )-----				-----rendimiento comercial por corte (kg ha <sup>-1</sup> )-----			
	1er corte	2º corte	3er corte	global	1er corte	2º corte	3er corte	total
35	151.0	600.7	540.4	1291.7	144.1	557.3	442.7	1144.1
70	325.6	847.8	803.8	1976.2	314.2	798.6	657.9	1770.7
105	497.8	746.5	772.5	2016.8	474.1	697.4	691.0	1862.4
140	825.9	1203.6	1255.7	3285.2	802.1	1075.9	1067.7	2945.7
Significancia	L**	L*	L*	L**	L**	L**	L**	L**

L\*, \*\*: Lineal (0.05), (0.01)

Cuadro 4. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad expresada en tamaños y en forma porcentual del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	-----rendimiento total (kg ha <sup>-1</sup> )-----			-----distribución porcentual -----			
	chicos	grandes	rezaga	chicos	grandes	rezaga	total
35	335.1	809.0	147.67	25.9	62.6	11.4	100
70	365.8	1405.0	205.4	18.5	71.7	10.4	100
105	290.8	1571.3	154.4	14.4	77.9	7.7	100
140	645.9	2299.7	339.5	19.7	70.0	10.3	100
Significancia	L*	L*	L*	NS	NS	NS	

L\*: Lineal (0.05)

Por otro lado, el cuadro 4 muestra el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre la calidad expresada en tamaños y el componente rezaga, así como su distribución porcentual. Para el caso de los tamaños (chico y grande) y el componente rezaga la aplicación de los tratamientos resultó ser en forma lineal positiva ( $P < 0.05$ ); Sin embargo al analizarlos en forma porcentual, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en ningún de estas variables de calidad, significando que estos parámetros son independientes de la aplicación de las dosis evaluadas. Se aprecia también que los tamaños evaluados como calidad

comercial representaron alrededor del 90% de la cosecha total y tan solo un 10% estuvo conformado por la rezaga. Así mismo, los tamaños chico y grande fluctuaron entre el 20 y el 70% respectivamente, del total de la cosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento fase II. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre compuestos bioquímicos en frutos del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

### *Ubicación.*

La presente investigación se realizó durante la estación otoño invierno en el año 2009. Se evaluó la respuesta de la fertilización nitrogenada sobre la calidad bioquímica antioxidante de frutos del cultivo de chile habanero. Se utilizaron plántulas de chile habanero de la variedad naranja (Seminis®) considerada una planta de polinización abierta y ciclo de producción mediano a tardío. El cultivo se plantó en las instalaciones del Sitio Experimental del INIFAP, ubicado en la Carretera Caborca al Desemboque km 22, coordenadas 30°42'55" latitud norte y 112°21'28" longitud oeste, a una altitud promedio de 200 msnm.

### *Preparación del suelo*

La preparación de suelo consistió en la realización de un subsuelo profundo, paso de rastra doble y escrepa. Posteriormente se levantaron surcos a una altura de 0.30 m separados a 1.0 m entre centro y centro. Adicionalmente se colocó una cintilla sub-superficial para riego (0.05 m de profundidad) con goteros separados a 0.30 m y con un gasto de 4.0L m<sup>-1</sup> hora<sup>-1</sup>; las características del suelo donde se llevo a cabo el estudio, se presentan en el cuadro 5.

### *Trasplante y topología del cultivo*

El trasplante se realizó durante el mes de junio, y un día antes del trasplante, se aplicó un riego de una lámina de 0.1 m para llevar el suelo a capacidad de campo y facilitar esta labor. La superficie del experimento consistió en 576.0m<sup>2</sup> (24.0m de ancho x 24.0m de largo) dividida en doce parcelas de tres

surcos de siembra cada una orientados de este a oeste. Las plántulas colocaron al centro de cada surco y estuvieron separadas a 40cm para obtener una población de 25,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 5. Características físicas y químicas del suelo experimental (2009)

Características físicas		Características químicas	
Textura: Areno franco	Punto de saturación: 24%	pH (1:2 agua) 8.32	Materia orgánica: 0.47 %
Arena: 80%	Capacidad de campo: 12.6 %	Carbonatos totales: 0.97%	Nitrógeno inorgánico: 26.1 mg kg <sup>-1</sup>
Arcilla: 8%	Punto de marchitamiento permanente: 7.47 %	Conductividad eléctrica: 0.21 dS/m	Fósforo-Bray: 29.2 mg kg <sup>-1</sup>
Limo: 12%	Conductividad hidráulica: 1.31 cm/hr	Capacidad de intercambio catiónico 8.73 meq/100g	Potasio: 258 mg kg <sup>-1</sup>

#### *Logística del experimento*

En relación al experimento anterior (2008), las dosis de nitrógeno se incrementaron sustancialmente a fin de encontrar un decremento en los rendimientos, por tanto las dosis evaluadas durante este experimento fueron: 32, 80, 160 y 320 kg ha<sup>-1</sup>, los cuales se distribuyeron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, adicionalmente se aplicó en ambos años una dosis de 150 y 80 kg ha<sup>-1</sup> de potasio y fósforo a todos los tratamientos.

#### *Determinación de parámetros físico-químicos*

Se cosecharon frutos de aproximadamente 50 días de edad de cada parcela, se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, en donde se congelaron a temperatura de -80 °C hasta posterior análisis. A estos frutos, se les determinaron

las variables de calidad físico-químicas denominados pH, acidez titulable (AT), sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix;SST) y la relación AT/SST. En un mortero se depositaron muestras de 30 g de pulpa de fruto de chile sin semillas ni nervaduras y se maceraron. Una muestra de jugo de 10 mL se mezcló con 10 mL de agua destilada y se determinó el pH con medidor digital Hanna HI 9813, de igual forma los SST con refractómetro manual (ATAGO 2211-W04). Además una alícuota de 20 mL de la mezcla, se le determinó la acidez titulable con NaOH (0.1 N) y fenolftaleína a pH 8.7. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 1990)



Figura 10. Frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cosechados a los 50 ddt

#### *Determinación de fenoles totales*

Se pesaron 0.2 g de cada muestra y se adicionaron 1.5 ml de metanol al 80%. Después, se centrifugaron a 14,000 rpm por 15 minutos a 2°C. Luego, en tubos eppendorff se puso una alícuota de 120  $\mu$ l del extracto metanólico de cada

una de las muestras y se adicionaron 600  $\mu\text{l}$  del reactivo Folin-Ciocalteu a una concentración de 0.25N (Singelton et al. 1999), se dió un vortex y después se dejaron reaccionar por 1 hora a temperatura ambiente en oscuridad; después se adicionaron 360  $\mu\text{l}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1N y se leyó a una absorbancia a 725 nm. El contenido total de los fenoles totales fue estimado como equivalentes de ácido gálico, para ello se realizó una curva de calibración con ácido gálico.

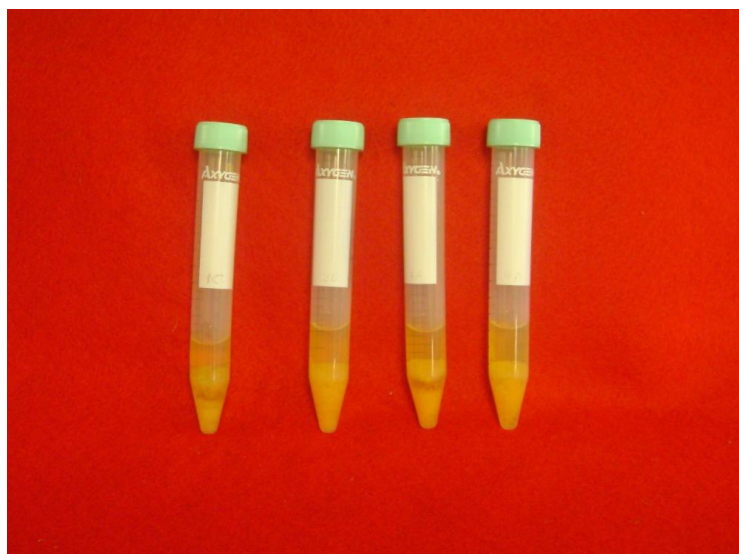


Figura 11. Extractos de fruta para la determinación de fenoles totales en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

#### *Determinación de actividad antioxidante*

El análisis se basó en la reducción de Mo (VI) a Mo (V) por el extracto y subsecuente formación de un complejo fosfato verde/Mo (V) a pH ácido (Prieto et al., 1999) Una muestra de fruta (0.3 g) fue mezclada con 1.5 mL de etanol al 80% y macerada en un mortero a la sombra. Después se centrifugó a 14,000 rpm durante 15 min. Una alícuota de 0.1 mL del extracto de fruta fue combinado con una solución reactiva la cual contenía 0.6 M de ácido sulfúrico, 28 mM de fosfato

de sodio y 4 mM de molibdato de amonio. La mezcla fue incubada en block térmico a temperatura de 95 C durante 90 minutos. Después, se dejó enfriar a temperatura ambiente para posteriormente diluir las muestras en agua destilada (1:9) y leídas a una absorbancia de 695 nm en espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 20. La misma solución fue preparada como blanco pero sin incluir la muestra. La capacidad antioxidante fue expresada como mg de ácido gallico equivalentes por gramo de fruto.



Figura 12. Detalle de muestreo de tejido de fruto e incubación de tejido para la determinación de la actividad antioxidante en fruta del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento fase II.

### *Análisis químicos*

De acuerdo con Pieternel *et al.*, (1994) los compuestos que afectan el sabor de la fruta son los azúcares libres y los ácidos orgánicos así mismo, el análisis de pH, Sólidos solubles y acidez titulable son una forma rápida de conocer la calidad de la fruta. Actualmente existe investigación respecto al factor calidad en relación al estado de madurez de frutos de Chile (Antoniali *et al.*, 2007), pero para el caso de Chile habanero, la información es escasa. En este estudio de fertilización nitrogenada, los resultados mostraron que incrementando las dosis de nitrógeno no existe un incremento significativo en la calidad de la fruta (pH y TSS). Los valores encontrados para pH fueron relativamente ácidos y fluctuaron entre 5.72 y 6.41, mientras que para TSS fueron entre 8.73 y 10.16 °Brix (Cuadro 6).

En especies *capsicum*, el ácido cítrico es reportado como el mayor ácido en relación con otros como el ácido málico, fumárico y succínico. En este aspecto y según estudios llevados a cabo por Jarret *et al.* (2009), el ácido cítrico está presente en frutos de Chile habanero en el orden de los 0 a 0.2443 g 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco (PF). Para el caso de la acidez titulada, expresada como ácido cítrico los valores incrementaron en acuerdo a las dosis de nitrógeno, comenzando con 0.1170 g 100 g<sup>-1</sup> a los 32 Kg N y finalizando con valores de 0.2285 g 100 g<sup>-1</sup> PF a los 320 Kg N. Similares tendencias con el manejo de la fertilización con nitrógeno, fueron encontrados en frutos de tomate (Bernard *et al.*, 2009). Basado en los valores de TSS, y la relación TSS/AT, los resultados obtenidos mostraron un

comportamiento contrario, significando una relación inversa en los valores en acuerdo al incremento en las dosis de nitrógeno (Cuadro 6).

Cuadro 6. Fertilización nitrogenada y su efecto sobre las propiedades químicas de chile habanero.

Nitrógeno (Kg ha <sup>-1</sup> )	pH	SST (Brix)	AT (g 100g <sup>-1</sup> )	SST/AT (g 100g <sup>-1</sup> )
32	5.76 ± 0.099 a <sup>z</sup>	10.03 ± 0.636 a	0.1170 ± 0.020 a	88.555 ± 23.55 b
80	6.41 ± 0.184 a	8.73 ± 0.707 a	0.1436 ± 0.042 a	65.823 ± 21.24 ab
160	6.15 ± 0.064 a	9.92 ± 0.354 a	0.1877 ± 0.040 ab	53.812 ± 9.516 a
320	5.72 ± 0.092 a	10.16 ± 0.141 a	0.2285 ± 0.020 b	45.222 ± 7.829 a

<sup>z</sup>Desviación estándar; SST: Sólidos soluble totales; AT: Acidez titulable; Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes estadísticamente a P=0.05.

Recientemente Jarret *et al.*, (2009) estudiaron varios tipos de chile habanero adquiridos de diversos orígenes de América del Sur, Norte y Central, en su investigación ellos reportaron una alta variabilidad para los azúcares libres y ácidos orgánicos de esta especie de capsicum (*chinense*), a la vez sugirieron que moderados niveles de azúcares y altos niveles de ácidos orgánicos contribuyen al sabor no dulce y típico de este tipo de frutas.

#### *Actividad antioxidante*

La actividad antioxidante es la capacidad para prevenir la auto-oxidación de radicales libres, mediante la oxidación de el sustrato cuando están presentes en bajas concentraciones (Halliwell, 1992). En el presente estudio, el promedio de actividad antioxidante de frutos de chile habanero en función de la fertilización nitrogenada se presenta en la figura 13. La actividad antioxidante encontrada estuvo en el rango de 6.9 mg de GAE/g PF a la dosis intermedia de 80 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que al a dosis de 320 kg N ha<sup>-1</sup>, fue de 8.1 mg de GAE/g PF, sin

diferencias entre tratamientos. Actualmente, los investigadores reportan relación entre la actividad antioxidante y el estado de madurez de frutos de diversos tipos de chile (Conforti, *et al.*, 2007) y a su color (Zhang and Hamauzu, 2003). Sin embargo este es el primer reporte que menciona el efecto de la práctica de fertilización nitrogenada sobre la actividad antioxidante de fruto de chile habanero. Otros estudios han mencionado el efecto del nitrógeno sobre parámetros de calidad en melón (Ferrante, 2008) y vegetales de hoja (Kopsell *et al.*, 2007). En vegetales se ha encontrado respuesta a la fertilización nitrogenada pero no en frutas.

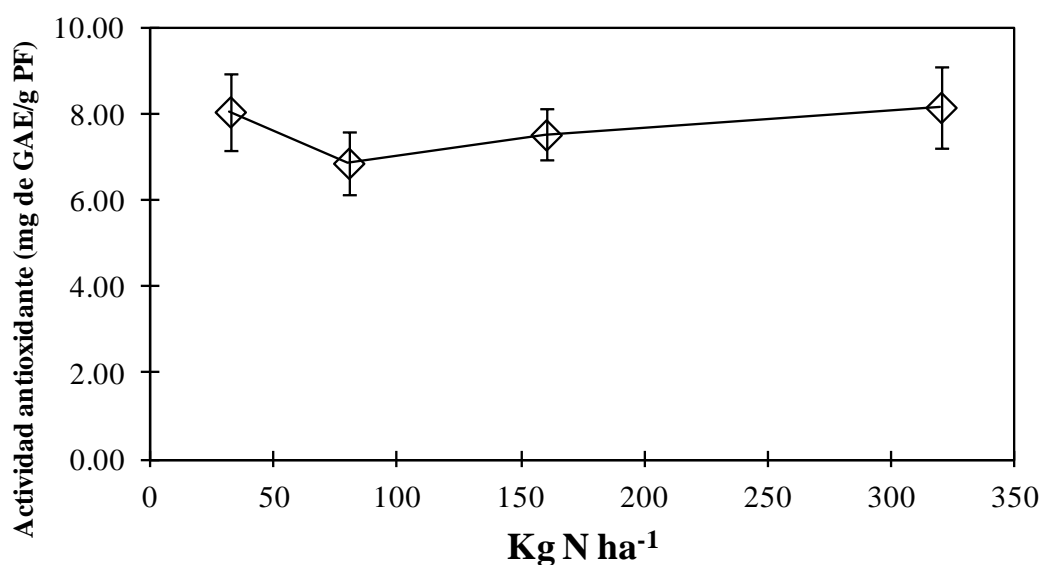


Figura 13. Fertilización nitrogenada sobre la capacidad antioxidante en frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

### Polifenoles totales

El chile es uno de los frutos considerados con mayor contenido de nutrientes bioactivos como carotenoides, vitamina C y compuestos fenólicos (Navarro *et al.*, 2006). En esta investigación, los valores de polifenoles totales estuvieron dentro del rango de 798 y 650 mg/100gr GAE, no encontrando una respuesta significativa a la aplicación de los tratamientos nitrogenados (Figura 14). Recientes estudios sobre la nutrición mineral en chile pimiento rojo crecido sobre hidroponía, convencional y sistema orgánico, Flores *et al.* (2009) encontraron diferencia entre los tratamientos, siendo en sistema hidropónico el más conveniente para obtener altas concentraciones de fenoles en fruta. Por otro lado, recientes estudios sobre la limitación de nitrógeno en el cultivo de tomate, causó incrementos en polifenoles en la fruta (Bernad *et al.*, 2009).

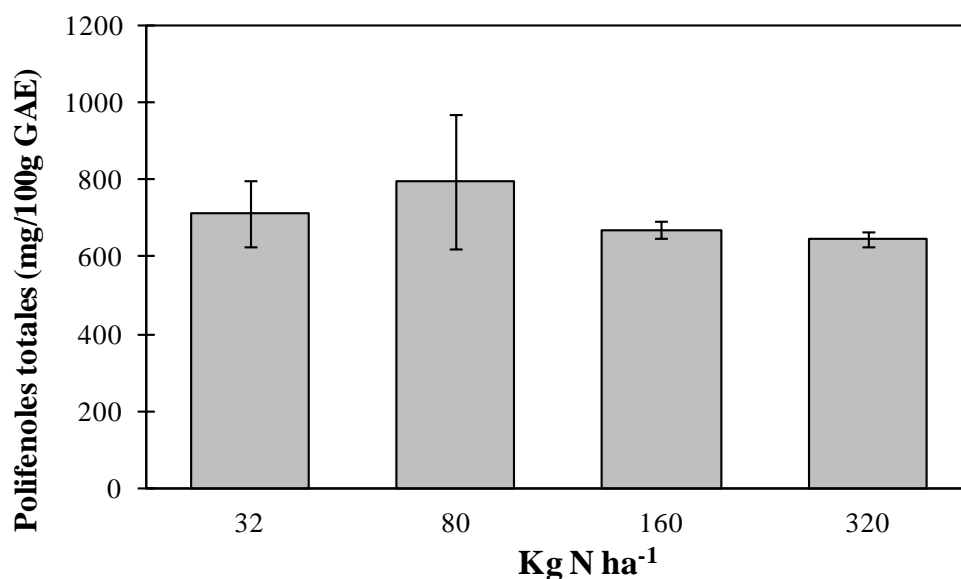


Figura 14. Fertilización nitrogenada sobre la concentración de polifenoles en frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, el rendimiento de fruto del chile habanero se correlacionó positivamente con las dosis de nitrógeno aplicadas, mientras que los parámetros de calidad evaluados (tamaño chico, grande y componente rezaga) no mostraron relación con las dosis de nitrógeno, lo que sugiere ser componentes independientes de las dosis aplicadas.

Se sugiere realizar investigaciones posteriores, donde se incrementen las dosis de fertilizante nitrogenado hasta encontrar un descenso en la respuesta al rendimiento y los contenidos de nitratos en el extracto celular de peciolo, a fin de encontrar un punto de inflexión en el cual se identifique una dosis óptima y poder desarrollar rangos de suficiencia.

Por otro lado, durante el segundo estudio referente al nitrógeno aplicado *versus* la calidad física y química de las frutas, solo AT y relación SST/AT resultaron afectados por la aplicación de los tratamientos. La AT incrementó de acuerdo a la dosis de nitrógeno aplicado, mientras que la relación SS/AT disminuyó según la dosis de nitrógeno se incrementó. Por otro lado, la actividad antioxidante y el total de los polifenoles se mantuvieron constantes sin ser afectados por la dosis de nitrógeno aplicado. Debido a los resultados encontrados, se concluye que la calidad antioxidante de la fruta del cultivo de chile habanero es independiente de la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántar, G. G., V. M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo México. p. 156.
- Alonso-Báez, M., L. Tijerina-Chávez, P. Sánchez-García, L. Aceves-Navarro, A. Escalante-Estrada y A. Martínez-Garza. 2002. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. *Terra* 20: 209-215
- Andrews, J. 1984. Peppers, the Domesticated Capsicums. University of Texas Press, Austin.
- Antoniali, S., M. L. P. Ademar, A. Magalhães, R.F.Tsuyoshi, and J. Sanchez. 2007. Physico-chemical characterization of 'Zarco HS' yellow bell pepper for different ripeness stages. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 64:19-22.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Official Methods of Analysis. Washington, DC
- Apak, R., K. Güçlü, B. Demirata, M. Özyürek, S. Çelik, B. Bektaşoğlu, K. Berker, and D. Özyurt. 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC Assay. *Molecules* 12:1496-1547.
- Badillo-Tovar, V, J. Z. Castellanos, P. Sanchez-Garcia, A. Galvis-Spinola, E. Alvarez-Sanchez, J. X. Uvalle-Bueno, D. Gonzalez-Eguiarte, y S. A. Enriquez-Reyes. 2001. Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa var. Alpha. *Agrociencia* 35: 615-623.
- Bernard, C., H. Gautier, F. Bourgaud, D. Grasselly, V. Navez, C. Cariz-Veyrat, M. Weiss and M. Genard. 2009. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57:4112-4123.
- Borges-Gómez, L., Cervantes-Cárdenas, L., Ruiz-Novelo, J., Soria-Fregoso, M., Reyes-Orege, V. y E. Villanueva-Couoh. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana* 28: 35-41.
- Brizuela-Amador, B., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Castellanos-Ramos, J.Z. y Maldonado-Torres, R. 2005. Nitratos en Soluciones Nutritivas en el Extracto Celular de Pecíolo de Chile. *Terra Latinoamericana*, 23(4):469-476

- Campbell, C. R. 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin. [Http://www.ncarg.com/agronomi/saaesd/authors.htm#crc](http://www.ncarg.com/agronomi/saaesd/authors.htm#crc)
- Castellanos, J. Z. J. X. Uvalle-Bueno, A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. INTAGRI, Mexico.
- Castellanos, J.Z. 1997. Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación Memorias. 2º Simposium Internacional de Ferti-irrigacion. Querétaro, Querétaro, México. pp. 73-82.
- Conaproch 2009. Comité Nacional Sistema Producto Chile, A.C. Un panorama del cultivo de chile. 2009. <http://www.conaproch.org/cp.htm> Consultado el 29 de junio de 2009
- Conforti, F., A.S. Giancarlo and F. Menichini. 2007. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. Food Chemistry. 102:1096-1104.
- Dow, A. I. y S. Roberts. 1982. Proposal: Critical Nutrient Ranges for Crop Diagnosis. Agronomy Journal 74:401-403.
- Etchevers, B. J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra. 17:209-219.
- Ferrante, A., A. Spinardi, T. Maggiore, A. Testoni, and P.M. Gallina. 2008. Effect of nitrogen fertilisation levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88:707-713
- Ferruzzi, M.G. and J. Blakeslee. 2007. Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. Nutrition Research 27: 1–12
- Finkel T., Holbrook N.J. 2000 Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. Nature 408:239-247
- Flores, P., P. Hellin, A. Lacasa, A. Lopez, and J. Fenoll. 2009. Pepper antioxidant composition as affected by organic, low-input and soilless cultivation. J Sci Food Agric. 89: 2267–2274
- Fontes, P. C. R., E. L. Coehlo y A. A. Cardoso. 2003. Petiole Sap Nitrate and leaf Nitrogen Critical Values in Melon Plants Grown in Unheated Greenhouse and Field Conditions. Journal of Plant Nutrition. 26(7), 1403-1411
- Halliwell, B., 1992. How to characterize biological antioxidants? Free Radical Research Communication. 9, 32.

- Hartz, T.K., M. LeStrange, y D. M. May. 1993. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *Hortscience* 28: 1097-1099.
- Haynes, R.J. 1988. Comparison of fertigation with broadcast applications of urea-N on levels of available soil nutrient sand on growth and yield of trickle irri-gated peppers. *Scientia Horticulturae* 35: 189-198.
- Hochmuth, G. J. 1994a. Plant petiole sap-testing guide for vegetable crops. Florida Cooperative Extension Service. Special Series. Circular 1144. p 21.
- Hochmuth, G. J. 1994b. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology* 4(3):218-222.
- Howard, L., and R. Wildman. 2007. Antioxidant vitamin and phytochemical content of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annuum*). 165-194. Ed. Wildman, R. Nutraceutical and funcionals foods. 562 p. Second edicion. Taylor & Francis Group, Boca Raton, United States.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Región de Caborca. Caborca, Sonora, México. p.10
- Jarret, R., T. Berke, E. Baldwin and G. Antonious. 2009. Variability for Free Sugars and Organic Acids in *Capsicum chinense*. *Chemistry & Biodiversity*, 6: 138–145
- Kähkönen, M., A.I. Hopia, and M. Heinonen. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49:4076-4082.
- Kaur, C. and H.C. Kapoor 2001. Antioxidants in fruits and vegetables. The millenniums healt. *International Journal of Food Science and Technology*. 36:703-725.
- Kirnak, K., C. Kaya, D. Higgs, y Tas, I. 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. *J. Plant Nutr.* 26: 263-277.
- Kopsell, D.A., T.B. Casey, C.E. Sams and J.M. Scott. 2007. Influence of nitrogen and sulfur on biomass production and carotenoid and glucosinate concentrations in watercress (*Nasturtion officinale* R. Br.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55:10628-10634
- Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F., Griel A.E., Etherton T.D. 2002 Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer
- Kubota, A. T.L. Thompson, T.A. Doerge, y R.E. Godin. 1996. A petiole sap nitrate test for cauliflower. *Hortscience* 31(6):934–937.

- Marín, A., Rubio, J.S., Martínez, V. y M.I. Gil. 2009. Antioxidant compounds in green and red pepper as affected by irrigation frequency, salinity and nutrient solution composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89 (8):1352-1359
- Martínez, I., M. Periago, y G. Ros. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 5-18.
- Matthäus D. y C. Gysi. 2001. Plant-Sap analysis in vegetables – a tool decide on nitrogen top dressing. *Acta Horticulturae*. 563:93-102.
- Medina-Lara, F., Echevarría-Machado, I., Pacheco-Arjona, R., Ruiz-Lau, N., Guzmán-Antonio, A. y M. Martínez-Estevez. 2008. Influence of Nitrogen and Potassium Fertilization on Fruiting and Capsaicin Content in Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Hortscience* 43:1549-1554.
- Mengel, K y Kirkby, E. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. Ed. International Potash Institute. 687 pp.
- Moraes de Souza, R., T.L.C. Oldoni, M.A.B. Regitano-D´Arce, and S.M. Alencar. 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 6( 1 ): 4 1 -4 7.
- Navarro, J.M., P. Flores, C. Garrido and V. Martínez. 2006. Changes in the contents of antioxidants compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem*. 96:66-73.
- Noh-Medina, J., Borges-Gómez, L. y M. Soria-Fregoso. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12: 219 - 228
- Olsen JK, Lyons DJ.1994. Petiole sap nitrate is better than total nitrogen in dried leaf for indicating nitrogen status and yield responsiveness of Capsicum in subtropical Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 835–843.
- Paiva, S.A.R, Russel, R.M. 1999. B-Carotene and other carotenoids as antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*. 18: 426-433.
- Papadopoulos A. P. 1998. Seasonal fertigation schedules for greenhouse tomatoes- concepts and delivery systems. *Acta Horticulturae*., 458:123-140.
- Pieterneel A., R.V. Luning, Y. Dogan, E. Truke, J.W. Harry and P.R. Jacques. 1994. Combined Instrumental and Sensory Evaluation of Flavor of Fresh Bell Peppers (*Capsicum annuum*) harvested at Three Maturation Stages. *J. Agric. Food Chem.*, 1994, 42 (12), pp 2855–2861
- Pratico D., Delanty N. 2000 Oxidative injury in diseases of the central nervous system: focus on Alzheimer’s disease. *Am. J. Med*. 109: 577-585

- Prieto, P., M. Pineda and M. Aguilar. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry* 269, 337–341.
- Proestos, C., Chorianopoulos. N., Nychas, G.J., Komaitis, M. 2005. RP-HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.*, 53(4): 1190-5.
- Ramírez-Luna, E.; Castillo-Aguilar, C. de la C.; Aceves-Navarro, E.; Carrillo-Avila, E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile habanero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 93-98, 2005
- Robbins, R. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal Agriculture. Food Chemistry* 51:2866-2887.
- Robles, M., S. Gorinstein, O. Martín, H. Astiazarán, G. González, y R. Cruz. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32(4): 227-232.
- Salvador-Morales, P., Borgues-Gomez, L. y L. Pinzon-Lopez. 2009. Demanda de nitrógeno por el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). [http://somech.com.mx/ponencias/ponencias\\_2009/hortalizas/SOMECH-HORTALIZAS%2061.pdf](http://somech.com.mx/ponencias/ponencias_2009/hortalizas/SOMECH-HORTALIZAS%2061.pdf) (consultado el 20 de junio del 2010)
- Smith, P.G., Villalon, B., Villa, P.L. 1987. Horticultural classification of peppers grown in the United States. *Hortscience*. 22:11-13
- Taber, H. G. 2000. Petiole Nitrate Sufficiency Values for Fresh Market Tomato Production. *J. Plant Nutr.* 24:945-959.
- Visioli F., Borsani L. y Galli C. 2000 Diet prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovasc. Res.* 47: 419-425
- Zhang, D. and Y. Hamazu. 2003. Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. *Food, Agriculture & Environment*. 1:22-27.

## APÉNDICE I

Núñez-Ramírez, F., D. González-Mendoza, O. Grimaldo-Juárez and L.C. Díaz, 2011. Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). *Int. J. Agric. Biol.*, 13: 827–830

INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY  
ISSN Print: 1560-8530; ISSN Online: 1814-9596  
11-145/AWB/2011/13-5-827-830  
<http://www.fspublishers.org>



### Short Communication

## Nitrogen Fertilization Effect on Antioxidants Compounds in Fruits of Habanero Chili Pepper (*Capsicum chinense*)

FIDEL NÚÑEZ-RAMÍREZ, DANIEL GONZÁLEZ-MENDOZA<sup>1</sup>, ONÉSIMO GRIMALDO-JUÁREZ AND LOURDES CERVANTES DÍAZ

*Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC), Carretera a Delta s/n Ejido Nuevo León, 21705, Baja California, México*

<sup>1</sup>Corresponding author's e-mail: [daniassaf@gmail.com](mailto:daniassaf@gmail.com)

### ABSTRACT

Habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) was cropped in an open field. Fruit quality was evaluated in relation to four nitrogen fertilization doses (32, 80, 160 & 320 kg N ha<sup>-1</sup>), with the objective to identify their effect on several chemical and biochemical compounds. Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, antioxidant activity, and total phenols were determined. TA increase twice as high nitrogen dose was applied, but bioactive compounds as antioxidant activity and total phenols were not affected significantly with any nitrogen dose applied. In conclusion it is possible to obtain appreciable nutritional quality on habanero chili pepper fruit, independently of nitrogen management fertilization. © 2011 Friends Science Publishers

**Key Word:** *Capsicum chinense*; Nutrients; Phenolics compounds; Nitrogen; Antioxidants

### INTRODUCCION

Pepper is an important agricultural crop, not only because of its economic importance, but also for the nutritional values of its fruits, mainly due to the fact that they are an excellent source of natural colors and antioxidant compounds (Howard *et al.*, 2000). Ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds are its main antioxidants constituents (Marin *et al.*, 2004; Gil-Guerrero *et al.*, 2006). The intake of these compounds in foods is an important health protecting factor. They have been recognized as being beneficial for prevention of widespread human diseases, including cancer and cardiovascular diseases, when taken daily in adequate amounts (Kaur & Kapoor, 2001; Sardas, 2003). It is generally assumed that environmental factors and agricultural techniques have an effect on vegetables and fruits quality (Wang, 2006; Bafeel & Ibrahim, 2008). In particular, mineral fertilization influences antioxidant composition in some fruit and vegetables (Jeppsson, 2000; Kaur & Kapoor, 2001; Kopsell & Kopsell, 2006; Kemal *et al.*, 2007).

Some studies are available on the identification of antioxidant properties according ripening (Howard *et al.*, 2000; Menichini *et al.*, 2009; Navarro *et al.*, 2006), genetic-environmental conditions (Lee *et al.*, 2005) and postharvest life (González *et al.*, 2005). However, information on the effect of mineral fertilization on nutritional quality of this kind of chili pepper is scarce. The aim of the present work was to evaluate the effect of four nitrogen doses of

fertilization in habanero chili pepper (*C. chinense*) on their bio-compounds antioxidant content.

Additionally, any information on the physicochemical properties and bioactive compounds of fruit of this cultivar will provide a knowledge base that may be of some benefit to the developing fruit processing industry in Mexico and Latin America.

### MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Forestry Research Institute of Agricultural and Livestock, research field center located at Caborca, Sonora, Mexico (30°42'55" N, 112°21'18" W), during period of July-November 2009. Seedlings of habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) "Naranja" were transplanted in randomized complete block design with three replications per treatment. Phosphorus and potassium were not applied because soil test indicated sufficient quantities (53 & 474 mg kg<sup>-1</sup>; Castellanos *et al.*, 2000). Nitrogen treatments applied in this trial, were 32, 80, 160 and 320 kg ha<sup>-1</sup> in form of Urea-Nitrate-Ammonium Solution (8-8-16) applied in split doses during complete season following guidelines of previous trial developed under similar soil and environment conditions. Irrigation was done when soil reached a tension of 30 kPa, according to tensiometer inserted 30 cm of profundity. Harvest was done when fruits were fully matured (50 days of age). The fruits were transported at laboratory and frozen at -80°C for analysis.

To cite this paper: Núñez-Ramírez, F., D. González-Mendoza, O. Grimaldo-Juárez and L.C. Díaz, 2011. Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). *Int. J. Agric. Biol.*, 13: 827–830

## APÉNDICE II

Núñez-Ramírez, F., Grimaldo-Juárez, O., González-Mendoza, D. y Vázquez-Angulo, J.C. 2010. Effect of Nitrogen Fertilization on Physiochemical Parameters in Habanero Chili Pepper Fruit. Hortscience. 45(8):S172

Monday, August 2, 2010 Plant Nutrition 1

Springs F & G

in Rockwool than Oasis™ cubes. These observations suggests that Rockwool substrate provided a better root environment for optimum yield of Swiss chard in NFT culture at both nutrient solution concentrations under the conditions of this experiment.

*Specified Source(s) of Funding:* This study was supported by USDA-CSREES GrantNo.MOX-HYDROPONICS-05.Lincoln Univ-Missouri.

**(171) 'Hass' Avocado Fruit Nutrient Removal as Affected by Production Conditions**

Samuel Salazar-Garcia\*

INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit; samuelsalazar@prodigy.net.mx

Isidro J.L. González-Durán

INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit; gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx

Luis E. Cossio-Vargas

INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit; cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

Luis M. Tapia-Vargas

INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit; tapia.luismario@inifap.gob.mx

Ricardo Goenaga

USDA-ARS, Mayaguez, PR; ricardo.goenaga@ars.usda.gov

This research was conducted during 2007 and 2008 to improve nutrition practices in 'Hass' avocado orchards in Michoacan, Mexico. The objective was to assess the influence of climate (semiwarm semihumid, semiwarm humid, and temperate subhumid), irrigation (irrigated vs rainfed), and period of bloom and fruit set: crazy (Aug.–Sept.), normal (Dec.–Feb.), and marceña (Feb.–Mar) on the amount of nutrients removed by 'Hass' avocado fruit. A total of 864 fruit samples were analyzed, obtained from six orchards and six trees per orchard, considering three flowering periods: four fruit parts (skin, pulp, seed coat, and cotyledons).

**(172) Effect of Nitrogen Fertilization on Physiochemical Parameters in Habanero Chili Pepper Fruit**

Fidel Nuñez Ramirez\*

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC; kbork2@yahoo.com

Onésimo Grimaldo-Juárez

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC; ogrimaldoj@hotmail.com

Daniel González-Mendoza

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC; daniasaf@gmail.com

Juan Carlos Vazquez-Angulo

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC; jcvaangulo@yahoo.com.mx

An experiment was conducted with habanero chili pepper during the autumn-winter season in 2009, in order for investigate the effect of nitrogen fertigation in relation with the quality of fruits expressed as physiochemical parameters. Four split doses of nitrogen fertilizer were applied throughout drip irrigation (32, 80, 160, 320 kg-ha<sup>-1</sup>) under a random block plot design with four replicates. Ten fruits per plot were harvested at 150 days after transplant. The juice of fruits were extracted by maceration and the pH, titratable acidity (TA: % ascorbic acid), total soluble solids (TSS), and the relationship among TSS/TA were evaluated. The results showed that values of pH were highest (6.4) at 80 kg-ha<sup>-1</sup> and then declined as the nitrogen doses increased. In contrast the TSS no significant response ( $P=0.405$ ) was founded. On the other hand, a positive linear response of AT ( $P=0.003$ ) was identified with values increasing two times according doses evaluated (0.62-0.12% ascorbic acid). Nitrogen doses and TSS/TA shown a negative linear response ( $P=0.006$ ) lowering since 165.4 at 85.7 units. Finally this study confirmed the effect that nitrogen fertigation has on some physiochemical parameters as pH, TA and TSS/TA of habanero chili pepper.

## APÉNDICE III

Núñez-Ramírez, F., Grimaldo-Juárez, O., González-Mendoza, D. y Vazquez-Angulo, J.C. 2010. Nitrogen Fertigation on Habanero Chili Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) Hortscience. 45(8):S173

(semwaiin semnumu, semwaiin numu, and temperate suunmid), irrigation (irrigated vs rainfed), and period of bloom and fruit set: crazy (Aug.–Sept.), normal (Dec.–Feb.), and marceña (Feb.–Mar) on the amount of nutrients removed by 'Hass' avocado fruit. A total of 864 fruit samples were analyzed, obtained from six orchards and six trees per orchard, considering three flowering periods, four fruit parts (skin, pulp, seed coat, and cotyledons) and two replicates per tree. Dry matter content of N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl<sup>-</sup>, Fe, Cu, Mn, B and Zn was determined. Nutrient removal was calculated based on the sum of the contents of each nutrient in the different fruit parts, considering their fresh and dry weight. Only N, Ca and Cl<sup>-</sup> removal was affected by the climate in the fruit-producing area. With exception of Cu, the amount of nutrients removed showed no differences between irrigated and rainfed orchards. For most of the analyzed nutrients (N, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Cu, and Mn), fruit set during the "marceña" bloom (harvested in January) had the greatest removal, compared to that of the "crazy" (harvested in July) and "normal" blooms (harvested in October).

*Specified Source(s) of Funding:* Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Project 2005-12086), Fundación Produce Michoacán, Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán, Comisión Michoacana del Aguacate and Consejo Nacional de Productores de Aguacate.

TA ( $r=0.000$ ) was determined with values increasing two times according doses evaluated (0.62-0.12% ascorbic acid). Nitrogen doses and TSS/TA shown a negative linear response ( $P=0.006$ ) lowering since 165.4 at 85.7 units. Finally this study confirmed the effect that nitrogen fertigation has on some physiochemical parameters as pH, TA and TSS/TA of habanero chili pepper.

*Specified Source(s) of Funding:* ICA-UABC, INIFAP

### (173) Nitrogen Fertigation in Habanero Chili Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.)

Fidel Nuñez Ramirez\*

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC;  
kbork2@yahoo.com

Onésimo Grimaldo-Juárez

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC;  
ogrimaldoj@hotmail.com

Daniel González-Mendoza

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC;  
danasaf@gmail.com

Juan Carlos Vazquez-Angulo

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC;  
jvaangulo@yahoo.com.mx

Monday, August 2, 2010 Postharvest 1

Springs F & G

Under open field conditions and throughout drip irrigation, the response of habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq. 'Naranja') at four doses of nitrogen fertigation was evaluated. The treatments compared (35, 70, 105, and 140 kg ha<sup>-1</sup>) were applied under a random design with four replicates. Total and marketable yield were obtained at 120 days after transplant and

### (175) Nitrates in Celular Extract of Petiole in Greenhouse Tomato

Fidel Nuñez Ramirez\*

Universidad Autonoma de Baja California, Mexicali BC;  
kbork2@yahoo.com

## APÉNDICE IV

Nitratos en Extracto Celular de Peciolo en el Cultivo de Chile Habanero. Artículo enviado a la Revista Chapingo Serie Horticultura

1 **NITRATOS EN EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO EN EL CULTIVO DE**  
 2 **CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.)**  
 3

4  
 5 **F. Núñez-Ramírez<sup>1</sup>; O. Grimaldo-Juarez<sup>2</sup>; D. González Mendoza<sup>2</sup>**  
 6

7 <sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali Baja  
 8 California México. E-mail: kbork2@yahoo.com  
 9

10 **RESUMEN**

11 El contenido de nitratos en el extracto celular del peciolo de hoja en diversas especies  
 12 hortícolas, representa una técnica útil para determinar la condición nutrimental de las  
 13 plantas y con ello el potencial de rendimiento, particularmente en especies donde el  
 14 rendimiento esta correlacionado positivamente con el contenido de nitratos. En el presente  
 15 estudio se investigó el efecto de la concentración de nitratos en el extracto celular del  
 16 peciolo de hojas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq. "Naranja") al aplicar  
 17 diferentes dosis de nitrógeno (35, 70, 105 y 140 kg ha<sup>-1</sup>), sobre la calidad y rendimiento de  
 18 fruto. El cultivo del chile se realizó a campo abierto con riego por goteo, estableciendo los  
 19 tratamientos de fertilización en un diseño experimental en bloques al azar. Los resultados  
 20 indicaron que el cultivo respondió significativamente (P<0.05) a la acumulación de nitratos  
 21 en el extracto celular por la adición de las dosis de nitrógeno aplicados. De la misma forma,  
 22 se encontró una relación lineal positiva entre el contenido de nitratos en extracto celular de  
 23 peciolo y el rendimiento relativo en tres fechas evaluadas (R<sup>2</sup>=0.66-0.86). Por otro lado, los  
 24 rendimientos se incrementaron en forma lineal a las dosis aplicadas, alcanzando los valores  
 25 máximos (3.0 ton ha<sup>-1</sup>) al aplicar 140 kg de N ha<sup>-1</sup>. En contraste, la calidad no fue afectada  
 26 por las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas. Se concluye que el análisis de nitratos en  
 27 extracto celular resulta útil como una técnica de diagnostico nutrimental en chile habanero  
 28 al relacionarse con el rendimiento; así mismo para las condiciones en las que se realizo este  
 29 estudio, es posible obtener mayores rendimientos aplicando dosis mayores de fertilizante  
 30 nitrogenado, independientemente de la calidad obtenida.  
 31

32 **Palabras clave:** *Capsicum chinense*, nutrientes, nutrición mineral, nitrógeno

---