

*Artículo de Revisión*

## **REQUERIMIENTO MACRONUTRIMENTAL EN PLANTAS DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)**

### **MACRONUTRIENT REQUIREMENT IN PEPPER PLANTS (*Capsicum annuum* L.)**

Salazar-Jara FI\*, Juárez-López P.

Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km 9. Apdo. Postal 49, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit, México.

Recibido: 20 de junio de 2012  
Aceptado: 23 de octubre de 2012

#### **Resumen**

La extracción nutrimental determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, puede cuantificarse en una etapa fenológica determinada o a través del ciclo de cultivo. Es una forma para establecer cuánto fertilizante se debe aplicar al cultivo de chile mediante el cálculo de la cantidad de nutrimento requerido por la planta para expresar un rendimiento esperado, por lo tanto, la cantidad necesaria de nutrimento para producir una tonelada de producto fresco debe ser un dato conocido. Se revisó literatura científica actualizada acerca de la cantidad de nutrimentos que extrae el cultivo de chile por tonelada de frutos frescos cosechados al igual que las partes vegetales no destinadas para consumo (follaje, tallos, raíces), es decir, el requerimiento nutrimental específico de chile; asimismo, se revisó la distribución de los nutrimentos en los órganos de las plantas, cómo es influenciada por las diferencias en tecnología de producción, rendimiento y las condiciones del suelo. Se encontró que la extracción y requerimientos nutrimentales en chile variaron por cultivares, tipos de chiles (jalapeño, dulce y pimiento), órgano muestreado y por sistemas

de producción. De acuerdo con los resultados encontrados en esta revisión, se puede asegurar que el requerimiento nutrimental específico del cultivo de chile que sirva de base para el cálculo de dosis de fertilización, es como se indica a continuación (en kg t<sup>-1</sup>): Nitrógeno (N), 2.4 - 4.0; Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0.4 - 1.0; Potasio (K<sub>2</sub>O), 3.4 - 5.29, Calcio (CaO): 0.55 - 1.80 y Magnesio (MgO), 0.28 - 0.49.

**Palabras clave:** extracción nutrimental, requerimiento nutrimental específico, contenido nutrimental.

#### **Abstract**

The nutrient removal determines the amount of nutrients extracted from a plant, it can be determined in a given phenological stage or through the growing season. This is a way to establish how much fertilizer should be applied to pepper crops by calculating the amount of nutrients required by the plant to express an expected yield, therefore, the required quantity of nutrients to produce a

**\*Autor Corresponsal:**

Salazar-Jara FI. Estudiante de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km 9, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit, México. Tel. +52 (311) 211 0128, Correo Electrónico: [lightningfreddy@hotmail.com](mailto:lightningfreddy@hotmail.com).

ton of fresh fruit should be a known fact. Current literature about the amount of nutrients removed pepper crop per ton of harvested fresh fruit was reviewed as well as plant parts not intended to be consumed (foliage, stems, roots), namely, the specific nutritional requirements of pepper, the distribution of nutrients in the plant organs was also reviewed, as well as how this is influenced by differences in production technology, yield level and soil conditions. It was found that the extraction and nutritional requirements in pepper varied by: varieties, types of peppers (jalapeño, sweet, bell pepper), organ sampled and production systems. According to the results found in this review, it can be ensured that the specific nutritional requirements of pepper cultivation as a basis for calculating rates of fertilization, is as it follows (in  $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ ): Nitrogen (N), 2.4 - 4.0; Phosphorus ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), 0.4 - 1.0; Potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ), 3.4 - 5.29, Calcium (CaO): 0.55 - 1.80 and Magnesium (MgO), 0.28 to 0.49.

**Key words:** nutrient removal, specific nutrient requirement, nutrient content.

## Introducción

El rendimiento y la calidad de los cultivos depende de varios factores, los internos de la planta que están determinados por el genotipo y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas, las características del suelo, las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, calidad del agua, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos. De éstos, algunos salen de manera absoluta del control humano (factores climáticos en los cultivos abiertos), otros en alguna medida pueden ser objeto de control (plagas y enfermedades), mientras que otros, como los factores nutrimentales, pueden ser controlados de manera precisa (Pineda-Pineda *et al.*, 2008; Alcántar *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2000; Marschner, 1995).

Para el manejo de las condiciones nutrimentales de los cultivos, el diagnóstico

nutrimental en materia seca es una herramienta útil para identificar concentraciones nutrimentales asociadas con deficiencias, toxicidades o desbalances nutrimentales en diferentes etapas fenológicas de la planta y su relación con su potencial de rendimiento (Medina, 2010; Munson y Nelson, 1986).

El cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, por su gran consumo en la población (Namesny, 2006); en México, la superficie cosechada es de 143,975 hectáreas y un rendimiento promedio de  $16.22 \text{ t ha}^{-1}$  (SIAP, 2012).

Existe escasa información básica y aplicada relacionada con el manejo de las condiciones nutrimentales de la planta y su relación con su rendimiento. En la medida de lo posible que se cuente con esta información, será viable adecuar las prácticas de fertilización que favorezcan la expresión de rendimiento del cultivo y que permita, a la vez, hacer más eficiente el uso de los recursos suelo, planta, fertilizante y ambiente de que se dispone (Pineda-Pineda *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2000; Galvis *et al.*, 1998).

En este sentido, resulta indispensable generar conocimiento sobre cómo hacer más eficaces las agro técnicas de producción, haciendo énfasis en la optimización del aporte de fertilizantes con el propósito de disminuir costos de producción y reducir el impacto negativo sobre el ambiente, pero que al mismo tiempo se propicie una óptima calidad y cantidad de los productos cosechados (Azofeifa y Moreira, 2005; Azofeifa y Moreira, 2004; Galvis *et al.*, 1998). Una forma de abordar lo anterior es el desarrollo de técnicas de diagnóstico que permitan relacionar la demanda nutrimental del cultivo con la oferta nutrimental del suelo (Bar-Tal, 2001; Galvis *et al.*, 1998). La demanda es función de la biomasa total que se acumula durante el ciclo del cultivo y del requerimiento interno nutrimental. Este último parámetro se refiere a la concentración del nutrimento de interés en la biomasa aérea total, obtenido al momento de

la cosecha bajo una nutrición óptima y es independiente del rendimiento (Escalona y Pire, 2008; Castro *et al.*, 2004, Castro *et al.*, 2000; Galvis *et al.*, 1998).

En este contexto, para calcular la demanda total del nutriente de interés se requiere conocer la extracción del elemento en cuestión, por tonelada de producto cosechado y este resultado multiplicarlo por la cantidad de toneladas que se pueden producir, considerando su potencial productivo y las condiciones del cultivo (Castro-Brindis *et al.*, 2004; Galvis, 1998).

Por lo anteriormente expuesto, se conoce que el requerimiento nutricional de los cultivos puede presentar amplia variabilidad, lo cual puede deberse a las condiciones de crecimiento y desarrollo, los genotipos, el potencial de rendimiento, entre otros factores. Es importante estudiar detalladamente estas interrelaciones para que las recomendaciones de fertilización, sean las óptimas para el cultivo en cuestión. El objetivo del presente artículo es presentar una revisión actualizada de investigaciones realizadas acerca del requerimiento nutricional (N, P, K, Ca y Mg) del cultivo de Chile.

## Discusión

### Factores que afectan el potencial de rendimiento

Los cultivos hortícolas, entre ellos el Chile, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son de los factores de crecimiento más importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Medina, 2010; Reta *et al.*, 2007; Willcutts *et al.*, 1998).

### Dosis de fertilización

El modelo para calcular la dosis de fertilización fue propuesto en la década de los años

setentas por Stanford (1973), que posteriormente desarrolló Rodríguez (1990) en la República de Chile y que Galvis (1998) desarrolló en México para cereales. Este modelo está expresado de la siguiente manera:

$$\text{Dosis} = (\text{Dem} - \text{Sum})/\text{ERF}$$

Donde la dosis de un nutriente puede estimarse a partir del conocimiento de la demanda del cultivo (Dem), la cual está en función del rendimiento esperado en un agro ambiente específico; de la cantidad de nutriente que el suelo puede suministrar durante el ciclo de cultivo (Sum), y de la eficiencia con la que el cultivo puede aprovechar el nutriente que se aplica al suelo como fertilizante (ERF). Esta última es afectada por las características del sistema radical de la planta, por la técnica de manejo del cultivo y la de aplicación del fertilizante. A pesar de que la expresión anterior aparentemente es sencilla, su empleo no se ha generalizado en el cálculo de dosis de fertilización, ello se debe a que no se cuenta con información que permita dar valor a sus componentes.

A manera de ejemplo, en trabajos realizados sobre el uso de modelos para la aplicación de fertilizante nitrogenado en apio (*Apium graveolens*) y brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), Kuz'yacov *et al.*, (1996) mencionaron que uno de los parámetros que se puede utilizar para estimar el consumo de nitrógeno por el cultivo, es la tasa relativa de crecimiento de la planta, la cual está relacionada con las tasas de acumulación de materia seca y de nitrógeno. Señalaron además, que el empleo de modelos podría mejorar los pronósticos de la dinámica del nitrógeno en el suelo, la calidad de las recomendaciones de fertilización y disminuir el riesgo de lixiviación de nitratos. Esta última parte es especialmente importante en la producción de hortalizas debido a la gran cantidad de fertilizante nitrogenado que se aplica.

### Extracción nutricional y requerimiento nutricional en Chile

La extracción nutricional determina la cantidad de nutrientes extraída por una planta, puede determinarse en una etapa fenológica de-

terminada o a través del ciclo de cultivo, con las que se obtienen las curvas de extracción. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutriente y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el cual se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Pineda-Pineda *et al.*, 2008; Azofeifa y Moreira, 2004; Azofeifa y Moreira, 2005). La extracción nutricional por la planta es variable dentro de una misma especie, y esta depende del cultivar, el órgano muestreado, la tecnología de producción y el nutriente (Tablas 1, 2, 3 y 4), (Bugarín *et al.*, 2011; Pineda-Pineda *et al.*, 2008, Terbe *et al.*, 2006, Azofeifa y Moreira, 2005).

Ante el aumento en el precio de los fertilizantes y el efecto de su uso excesivo sobre la contaminación del ambiente, la salinidad de suelos, pérdida de biodiversidad en la actualidad, se hace más evidente la necesidad de aplicar los nutrientes de manera más racional (Ramos, 2002).

Una forma para establecer cuánto fertilizante debe aplicarse a los cultivos es mediante el cálculo de la cantidad de nutriente requerido por la planta para expresar un rendimiento esperado, por lo tanto, la cantidad necesaria de nutriente para producir una tonelada de producto debe ser un dato conocido (Bugarín *et al.*, 2011; Amberger, 1993). Esta información se encuentra para muchas variedades de Chile (Tabla 1). Sin embargo, la cantidad de nutriente extraído por el cultivo muestra diferencias (Terbe *et al.*, 2006), que se deben a las condiciones de desarrollo, rendimiento, órgano de la planta y genotipo empleado (Tablas 2, 3 y 4).

Como puede apreciarse en las tablas anteriores, hubo diferencias en los niveles nutricionales para raíz, tallo, hojas y frutos de Chile. Para nitrógeno, los valores más altos y la mayor fluctuación se encontraron en las hojas, mientras que el contenido de nitrógeno en los frutos puede considerarse uniforme. Para el fósforo la concentraciones más altas se mi-

**Tabla 1.**  
Cantidad de macronutrientes acumulados en plantas de Chile (*Capsicum annuum*), considerando toda la planta.

Autor	Genotipo empleado	Rend·ha <sup>-1</sup>	Extracción de nutriente (kg·ha <sup>-1</sup> )					Cantidad de nutriente en una tonelada de fruto cosechado (kg)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Charlo <i>et al.</i> , 2012	Chile Dulce	97.3	205.5	28.5	195	81.3	33.5	2.11	0.29	2.00	0.84	0.34
Terbe <i>et al.</i> , (2006)	Chile Pimiento	---	---	---	---	---	---	3.00	0.40	4.70	---	---
Azofeifa y Moreira (2005)	Chile Dulce	46.3	139	26	180	38	13	3.00	0.56	3.89	0.82	0.28
Fontes <i>et al.</i> , 2005	Chile Pimiento	51.9	193	23	247	114	42	3.72	0.44	4.76	2.20	0.81
Gyúrós (2005)	Chile Pimiento	20	48	18	68	---	---	2.40	0.90	3.40	---	---
Péti Nitrokomplex y (2004)	Chile Pimiento	---	---	---	---	---	---	2.40	1.00	3.50	1.80	0.30
Noronha (2004)	Chile Dulce	80.12	211.5	22.4	205	83.3	41.6	2.64	0.28	2.56	1.04	0.52
Csathó (2004)	Chile Pimiento	---	---	---	---	---	---	2.40	0.90	3.50	---	---
Azofeifa y Moreira (2004)	Chile Jalapeño	15	60	7.6	79.3	8.2	7.3	4.00	0.51	5.29	0.55	0.49
Agrolinz (2003)	Chile Pimiento	---	---	---	---	---	---	2.40	0.90	3.50	---	---

Rend: rendimiento

**Tabla 2.**  
Requerimiento nutrimental específico en plantas de chile influenciadas por la variedad y el rendimiento (Adaptado de Terbe *et al.*, 2006).

Rendimiento t·ha <sup>-1</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- kg·t <sup>-1</sup> -----		
Debajo de 10	6 - 12.6	4.0 - 6.8	4.8 - 17.7
Entre 10 y 50	2.8 - 9.0	0.4 - 1.2	3.3 - 11.7
Por arriba de 50	2.4 - 4.6	0.4 - 0.9	3.3 - 6.1
Variedades blocky por encima de 50	2.4 - 4.6	0.5 - 0.9	3.4 - 6.1
Variedades blancas por encima de 50	2.4 - 3.5	0.4 - 0.8	3.3 - 4.8

**Tabla 3**  
Contenido nutrimental en órganos individuales de plantas de chile pimiento durante el desarrollo del fruto (Adaptado de Terbe *et al.*, 2006).

Órgano de la planta	Valores mínimos y máximos de concentración de nutrientes en la materia seca (mg·g <sup>-1</sup> )		
	N	P	K
Raíz	18.3 - 34.2	2.2 - 4.2	9.9 - 26.9
Tallo	7.7 - 29.3	1.4 - 3.7	10.8 - 45.2
Hoja	16.9 - 46.0	2.0 - 7.3	26.2 - 59.2
Fruto	23.3 - 29.9	4.2 - 5.6	19.0 - 31.8

**Tabla 4.**  
Requerimiento nutrimental específico (kg t<sup>-1</sup>) de chile pimiento, influenciado por la tecnología de producción (en el promedio de tres años), (Adaptado de Terbe *et al.*, 2006).

Condición	Método de producción	N		P		K	
		HRF F <sub>1</sub>	Duna F <sub>1</sub>	HRF F <sub>1</sub>	Duna F <sub>1</sub>	HRF F <sub>1</sub>	Duna F <sub>1</sub>
H	T <sub>2</sub>	2.5	3	0.4	0.5	4.7	4.1
	B	3.2	3.8	0.5	0.4	5.8	3.8
C	T <sub>2</sub>	2.8	3.4	0.3	0.4	4.2	4.5
	B	2.7	3.1	0.3	0.4	4.2	5.5
S	T <sub>2</sub>	2.4	3.3	0.3	0.4	4.5	5.2
	B	2.7	3.2	0.4	0.4	4.8	4.9
Promedio		2.7	3.3	0.4	0.4	4.7	4.7

H: hidroponía, C: contenedor, S: suelo, T<sub>2</sub>: plantas con espalderas desarrolladas a dos tallos, B: plantas desarrolladas libremente.

dieron en los frutos y en los órganos muestreados la fluctuación fue mayor que en el nitrógeno. El contenido de fósforo en los frutos resultó ser el más uniforme. Para el potasio, los valores más al-

tos se alcanzaron en la hoja, seguido de los frutos y en los cuatro órganos el intervalo de fluctuación fue mayor que en los otros dos elementos (N y P), en algunos casos más de tres o cuatro veces.

La composición nutrimental de los órganos de la planta de chile depende de varios factores ambientales, pero en primer lugar debido al suministro de nutrimentos, ya que en este sentido se muestra una amplia variación. La variación más pequeña fue medida en los frutos.

En investigaciones donde determinaron la extracción nutrimental en la parte aérea (hojas y tallos) y en frutos (Azofeira y Moreina, 2005; Azofeira y Moreina, 2004), los valores nutrimentales variaron de acuerdo a la edad de la planta. Al final del ciclo, el K, Ca y Mg se acumularon principalmente en la parte aérea, el P y S en los frutos, y el N en los frutos y en la parte aérea. Los mismos autores encontraron variación de los valores nutrimentales en las etapas de desarrollo. Al final del ciclo, las plantas acumularon mayor cantidad de N, P, Mg, K y S en los frutos, y el Ca en la parte aérea.

La extracción y requerimientos nutrimentales en chile (*Capsicum annuum* L.) variaron por tipos de chiles (jalapeño, dulce y pimiento), órganos muestreados y sistemas de producción por lo que se sugiere realizar investigaciones del requerimiento nutrimental en el cultivo de chile, en nuevas variedades y en otros tipos de chile (por ejemplo, tipo húngaro y tipo caribe), tomando en cuenta las condiciones bióticas y abióticas del cultivo.

### Conclusiones

De acuerdo con los resultados encontrados en esta revisión, se puede asegurar que el requerimiento macronutrimental del cultivo de chile como base para el cálculo de dosis de fertilización, es como se indica a continuación (en kg t<sup>-1</sup>): Nitrógeno (N), 2.4 - 4.0; Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0.4 - 1.0; Potasio (K<sub>2</sub>O), 3.4 - 5.29; Calcio (CaO): 0.55 - 1.80 y Magnesio (MgO), 0.28 - 0.49.

### Literatura citada

- Agrolinz. Műtrágyázási kézikönyv. Agrolinz Magyarország Kft. 2003. Budapest.
- Alcántar GG, Trejo-Téllez LI, Fernández P, Rodríguez-Mendoza MN. Elementos Esenciales. In: Nutrición de Cultivos. Alcántar GG, Trejo-Téllez L. (eds). México, D.F.: Editorial Mundi-Prensa, 2007. 7-48.
- Amberger A. Efficient management of nitrogen fertilization in modern cropping systems, In: Optimization of Plant Nutrition. Frago MAC, van Busichem ML. (eds.). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. 619-622.
- Azofeifa A, Moreira M. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot) en Alajuela, Costa Rica, Agronomía Costarricense 2004; 32: 19-29.
- Azofeifa A, Moreira M. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica Agronomía Costarricense 2005; 29: 77-84.
- Bar-Tal A, Aloni B, Karni L, Rosenberg R. Nitrogen Nutrition of Greenhouse Pepper. II. Effects of Nitrogen Concentration and NO<sub>3</sub>: NH<sub>4</sub> Ratio on Growth, Transpiration, and Nutrient Uptake. Hortscience 2001; 36(7): 1252-1259.
- Bugarín MB, Virgen PM, Galvis SA, García PD, Hernández MT, Bojorquez SI, et al. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. Bioagro 2011; 23(2): 93-98.

- Castro BR, Galvis SA, Sánchez GP, Peña LA, Sandoval VM, Alcántar GG. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo Serie Horticultura 2004; 10: 147-152.
- Castro BR, Sánchez GP, Peña LA, Alcántar GG, Baca CG, López RRM. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo de tomate de cáscara. Terra Latinoamericana 2000; 18: 141-145.
- Charlo H, Oliveira SF, Vargas PF, Castoldi R, Barbosa JC, Braz LT. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. Horticultura Brasileira 2012; 30:125-131.
- Escalona A, Pire R. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 2008; 25: 243-260.
- Fontes PCR, Dias EN, Graça RN. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. Horticultura Brasileira 2005; 23: 275-280.
- Galvis SA. Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. (Tesis de Doctor en Ciencias). Especialidad en Edafología. Montecillo, Estado de México, México: Colegio de Postgraduados, 1998.
- Gyúró J, Öntözés. In (szerk). Terbe I, Hodossi S, Kovács A.: Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben. Mezőgazda Kiadó. 2005. Budapest.
- Kuzyacov Y, Rühlmann J, Gutezeit B, Séller B. Modelling on the growth and N uptake of leek and broccoli. Acta Horticulturae 1996; 428: 181-191.
- Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press, Inc. 1995. 889. San Diego, CA, USA.
- Medina N, Borges GJ, Soria FL. Composición nutricional de biomasa y tejidos conductores en Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Tropical and Subtropical Agroecosystems 2010; 219-228.
- Munson RD, Nelson WL. Principles and Practices in Plant Analysis. En: Walsh L.M. y J.D. Beaton (Eds.). Soil Testing and Plant Analysis. 6th Ed. SSSAJ. Madison, Wisconsin, USA, 1986. 223-248.
- Namesny A. Pimientos. Compendios de Horticultura 16. 2da Ed. De Horticultura, Barcelona, España. 2006. 167.
- Noronha MF, Villas BR, Grava de GL, Goto R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 2004; 61(1): 62-68.
- Péti Nitrokomplex Kft Műtrágyázási tanácsadója. 2004. Pétfürdő.
- Pineda-Pineda J, Avitia-García E, Castillo-González AM, Corona-Torres T, Valdez-Aguilar LA, Gómez-Hernández J. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. Terra Latinoamericana 2008; 26: 333-340.

- Ramos LC, Alcántar GG, Galvis SA, Peña LA, Martínez GA. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana* 2002; 20: 465-469.
- Reta-Sánchez DG, Cueto-Wong JA, Gaytán-Mascorro, Cesar Jesús-Santamaría. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2007; 33: 145-151.
- Rodríguez SJ. Fertilización de los Cultivos. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1990. Santiago de Chile. 117.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 20 de Julio de 2012.
- Stanford G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in crop production. *Journal of Environmental Quality* 1973; 2(2): 159-166.
- Terbe I, Szabó ZS, Kappel N. Macronutrient accumulation in green pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by different production Technologies. *International Journal of Horticultural Science* 2006; 12: 13-19.
- Willcutts JF, Overman AR, Hochmuth GJ, Cantliffe DJ, Soudy PA. Comparison of three mathematical models of response to applied nitrogen: A case study using lettuce. *HortScience* 1998; 33(5): 833-836.