

## E D I T O R I A L

Desde su fundación en 1993, la revista “CIENCIAS AGRÍCOLAS INFORMA” de la Facultad de Ciencias Agrícolas de nuestra Universidad, ha sido el espacio empleado por los investigadores interesados en las ciencias biológicas y agropecuarias para difundir en extenso sus trabajos científicos de calidad, debidamente editados para darles un mayor valor curricular, después de aprobar el obligado y riguroso proceso editorial, sin distinciones ni preferencias de ninguna especie y con una ética a toda prueba. El hacerlo así es la mejor garantía para lograr el registro de nuestra revista en el “Índice de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología” del CONACYT en el mediano plazo.

En esta ocasión, en el número 18 de nuestra revista (marzo-diciembre, 2008) se presentan a consideración de los productores agropecuarios, técnicos, profesionales y público en general, seis artículos derivados de investigaciones inéditas, inscritas en las líneas de Genética Vegetal y Fisiología y de Recursos Naturales y Protección Vegetal, así como uno de la línea de Manejo del Suelo y Mecanización Agrícola abordando temas como el incremento de la vida en florero de *Lilium* mediante aplicaciones de calcio en el cultivo; el rendimiento de materia seca y calidad nutricional de forraje en líneas de triticale de ciclo largo, para condiciones de temporal en Toluca, México; el análisis del rendimiento y sus componentes en 17 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), así como un ensayo sobre el manejo de delfinio como flor de corte y de maceta y un experimento de lombricultivo para la producción de bulbos de *Lilium*, como alternativas para conservar el suelo y mejorar la calidad de bulbos reproductivos sin el uso de fertilizantes, respectivamente. El sexto artículo incluye un estudio sobre el impacto de la maquinaria agrícola sobre la compactación del suelo

A nombre de la Facultad de Ciencias Agrícolas, hacemos propicia la oportunidad para continuar invitando a todos los investigadores dentro y fuera de nuestra Universidad para que contribuyan con sus valiosas aportaciones a incrementar la difusión de trabajos científicos de calidad y, asimismo, agradecer a los autores el haber depositado su confianza para la publicación de sus artículos, a los árbitros participantes en la revisión cuidadosa y oportuna de estos trabajos y al Comité Editorial, quienes debieron revisar y corregir dos o más veces el mismo escrito, antes de emitir su dictamen final.

*José Ramón Franco Martínez*

Director

## **DIRECTORIO**

### **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**Dr. en A. P José Martínez Vilchis**

Rector

**M. en Com. Luis Alfonso Guadarrama Rico**

Secretario de Docencia

**Dr. Carlos Arriaga Jordán**

Secretario de Investigación y Estudios Avanzados

**M. en C. Eduardo Gasca Pliego**

Secretario de Rectoría

**Dra. En Ed. Lucila Cárdenas Becerril**

Secretaria de Difusión Cultural

**M. en E. I. Román López Flores**

Secretario de extensión y Vinculación

**Ing. Manuel Becerril Colín**

Secretario de Administración

**M. A. S. S. Felipe González Solano**

Secretario de Planeación y Desarrollo Institucional

**Lic. Francisco Márquez Vázquez**

Director General de Educación Continua y a Distancia

**M. en D. Jorge Olvera García**

Abogado General

**L. C. C. Ricardo Joya Cepeda**

Director General de Comunicación Universitaria

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**M. en C. José Ramón Franco Martínez**

Director

**Ing. Rodolfo Serrato Cuevas**

Subdirector Académico

**M. en C. Antonio Díaz Víquez**

Subdirector Administrativo

**Dr. Edgar Jesús Morales Rosales**

Coordinador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento

**M. en Ed. Alfredo Medina García**

Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

### COMITÉ EDITORIAL

**Dr. Antonio Laguna Cerda**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Jaime Sahagún Castellanos**

Universidad Autónoma de Chapingo

*Genética Vegetal y Fisiología*

**Dr. Luis Miguel Vázquez García**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Luis Isaac Aguilera Gómez**

Facultad de Ciencias, UAEM

*Recursos Naturales y Protección Ambiental*

**Dr. José Francisco Ramírez Dávila**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Daniel Ochoa Martínez**

Colegio de Posgraduados

*Sanidad Vegetal*

**Dr. Amaury Martín Arzate Fernández**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Héctor González Rosas**

Colegio de Posgraduados

*Biotecnología*

**Dr. Edgar Jesús Morales Rosales**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Armando Juárez Guani**

Universidad Autónoma de Guanajuato

*Manejo del Suelo y Mecanización Agrícola*

**Dr. Aurelio Domínguez López**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. César Pérez Alonso**

Facultad de Química, UAEM

*Agroindustrias*

**M. en C. José Ramón Franco Martínez**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Carlos Arriaga Jordán**

Investigación y Estudios Avanzados, UAEM

*Producción Animal*

**M. en A. H. Jesús Hernández Ávila**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dra. Laura Elena del Moral Barrera**

Facultad de Economía, UAEM

*Administración y Economía Agrícola*

**M. en F. Thomas H. Norman Mondragón**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

**Dr. Carlos Gustavo Martínez Rueda**

Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM

*Correctores de Redacción y Estilo*

**M. en F. María del Carmen Corona Rodríguez**

*Coordinadora Editorial*

## Sumario

### *Línea de investigación de Genética Vegetal y Fisiología*

Vida en florero de *lilium* 'Brindisi' y 'Menorca' fertilizados con nitrato y óxido de calcio

Rendimiento de materia seca y calidad nutricional de forraje en líneas de triticale de ciclo largo para condiciones de temporal en Toluca, México

Análisis del rendimiento y sus componentes en diecisiete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.)

### *Línea de investigación de Recursos Naturales y Protección Ambiental*

El cultivo de delfinio (*Delphinium* sp.) en el Estado de México

Formación de bulbos en *Lilium* sp, a partir de bulbillos hipógeos crecidos en diferentes proporciones de lumbrihumus

### *Línea de investigación de Manejo del Suelo y Mecanización Agropecuaria*

Compactación inducida por el tráfico de un tractor agrícola de destinación universal sobre suelo vertisol

---

## CIENCIAS AGRÍCOLAS INFORMA

Es una publicación anual de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM. Cada autor es responsable del contenido de su texto. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite el crédito literario de la fuente. Esta revista no responde por artículos no solicitados. Reserva de derechos al uso exclusivo del título 042006-102710130900-102. Coordinadora editorial M. en F. María del Carmen Corona Rodríguez ([mc\\_corona97@yahoo.com.mx](mailto:mc_corona97@yahoo.com.mx)). Oficinas: El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, Méx. Km 12.5, carretera Toluca-Ixtlahuaca, desviación a Tlachaloya, Apartado Postal 435. Teléfono (fax): (01722) 296-55-29, 296-5531 y 296 55-18, Ext. 155. Diseño, formato y corrección de estilo: Programa Editorial de la UAEM, Francisco de P. Castañeda 105. Col. Universidad, Toluca, Méx., Tels. (10722) 277-38-35 y 277-38-36.

**VIDA EN FLORERO DE *Lilium* ‘BRINDISI’ Y ‘MENORCA’ FERTILIZADOS  
CON NITRATO Y OXIDO DE CALCIO**

*Franco Mora, Omar*<sup>1</sup>  
*Torres Miranda, Eder*<sup>3</sup>  
*Morales Rosales, Edgar Jesús*<sup>2</sup>  
*Pérez López, Delfina de Jesús*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Autor responsable, correo-electrónico: ofrancom@uaemex.mx; Tel/Fax: 01 (722) 2965518 Ext. 153.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo, Toluca, México.

<sup>3</sup>Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrícolas

**RESUMEN**

Para mejorar la calidad comercial y vida postcosecha de flores de corte, entre ellas *Lilium*, es necesario determinar sus requerimientos nutrimentales. A pesar de que se sabe que N y Ca son nutrimentos importantes y que tienen particular influencia en la calidad comercial de esta especie, no existen trabajos suficientes en donde se haya estudiado su efecto en diversos cultivares. El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto en algunos parámetros de calidad de corte (número y tamaño de botones, y longitud del tallo) y el número de días en florero en *Lilium*: ‘Brindisi’ y ‘Menorca’ fertilizados con CaNO<sub>3</sub> al sustrato y CaO vía foliar. Se emplearon tres dosis de fertilización con diferentes ppm de N al sustrato, Ca al sustrato y CaO foliar: sin fertilizar (0-0-0), fertilización media (1200-380-310) y fertilización alta (1800-1140-930). Sin importar la dosis de fertilización, en ambos cultivares se observó un crecimiento de tipo simple sigmoide; los tallos con la fertilización alta de ‘Menorca’

fueron entre 7 y 8 cm menos altos que los tratamientos restantes; mientras los de ‘Brindisi’ no presentaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de tallo. El número de botones por tallo y la longitud del botón central no presentaron diferencias estadísticas para ningún cultivar. La fertilización aumentó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el número de días en florero (DEF) en ambos cultivares: en ‘Menorca’ la dosis alta tuvo 3 y 5 DEF más que la fertilización media y alta, respectivamente; mientras que en ‘Brindisi’ la fertilización alta y media superaron al tratamiento sin fertilizar con 5 y 3 DEF, respectivamente. Aunque estadísticamente no hubo significancia ( $P \leq 0.05$ ), las hojas de los tallos que presentaron mayor DEF, al momento de corte presentaron, numéricamente, un mayor contenido de clorofila y azúcares totales. No se observó diferencias en la cantidad de agua que los tallos absorbieron durante la vida en florero.

**PALABRAS CLAVE:** Azúcares totales, clorofila, número de flores, altura del tallo.

## **SUMMARY**

One of the main goals in the ornamental industry is the determination of the nutritional necessities of the principal commodities, i.e. *Lilium*. N and Ca are important elements determining the market quality of this commodity, nevertheless information of their effects is not enough and sometimes contradictory. Present work was performed to determine the effect on some market qualities and days of vase life in both, *Lilium*: ‘Brindisi’ and ‘Menorca’. Three doses were used, each containing different ppm of dripping-N, dripping-Ca, and foliar-Ca: Non-fertilized (NF) (0-0-0); middle dose (MD)

(1200-380-310) and high dose (HD) (1800-1140-930). Both cultivars showed a simple sigmoid growth pattern; NF and MD 'Menorca' plants were 7 and 8 cm higher ( $P \leq 0.05$ ) than those from HD; whereas in 'Brindisi' non statistical significance was observed for this character. For the number of flowers and central flower's height there were not differences in both cultivars. N and Ca fertilization increased ( $P \leq 0.05$ ) the number of days of vase life (DVL) in both cultivars: in 'Menorca' HD showed 3 and 5 DVL more than MD and ND, respectively; in 'Brindisi' HD and MD showed 5 and 3 DVL more than ND, respectively. Although it was not statistically significant, it was noticed that those plants with higher values in DVL, at harvest-time presented higher contents of chlorophyll and total sugar contents in their leaves. No differences were observed in the amount of absorbed water during the period of vase life.

**KEY WORDS:** Chlorophyll, number of flowers, plant height, total sugar content.

## **INTRODUCCIÓN**

Para la industria florícola, una alta velocidad de la tasa de senescencia de las flores limita su almacenamiento, exhibición en anaquel y vida en florero; por ello, se realizan esfuerzos para retrasar dicho proceso fisiológico y así extender la vida útil del producto (Woodson y Jones, 2003). La aplicación de macro y micro-nutrientes es una de las líneas de investigación que han atraído recientemente la atención para mejorar la calidad de corte y vida en florero de diferentes especies ornamentales (Ortega-Blu *et al.*, 2006; Franco *et al.*, 2007; Ayala *et al.*, 2008). La producción de plantas del género *Lilium* es importante dentro de la industria de flores de corte; sin embargo se reportan pocos trabajos con recomendaciones de fertilización, e inclusive en algunas de ellos se han obtenido resultados contradictorios (Ortega-Blu *et al.*, 2006).



Se ha mencionado que las especies ornamentales que se propagan por medio de bulbos tienen pocos requerimientos nutrimentales (Ortega-Blu *et al.*, 2006); sin embargo, Ohyama *et al.* (1988) indicaron que el N presente en bulbos de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) no es suficiente para cubrir el periodo de crecimiento y asegurar una buena producción floral. Específicamente para *Lilium* × ‘Navona’, se recomendó la aplicación de N-P-K durante la elongación del tallo; mientras que para ‘Fangio’ y ‘Miami’ dicha fertilización debería de realizarse durante la iniciación floral (Ortega-Blu *et al.*, 2006). Por otro lado, el Ca ha demostrado ser un auxiliar en el aumento de la vida postcosecha de productos horto-frutícolas. Su acción benéfica se ha sugerido relacionándolo con un incremento en la integridad de la pared celular, vía su entrecruzamiento con las pectinas, mejorando con ello, la resistencia al maceramiento (Conway *et al.*, 1988). Aplicaciones foliares de CaO disminuyeron la tasa de clorosis en el cv. ‘Fangio’, pero no prolongaron su vida en maceta (Franco *et al.*, 2007).

Debido a la amplia variabilidad genética de los cultivares comerciales de *Lilium*, las recomendaciones de fertilización deben de realizarse en forma específica, tomando en cuenta el cultivar y su estado fenológico (Ortega-Blu *et al.*, 2006), por lo que existe la necesidad de incrementar el conocimiento en los efectos del uso de fertilizantes nitrogenados en combinación con Ca, con ello se podrán recomendar dosis de fertilización más adecuadas a los productores. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de CaNO<sub>3</sub> y CaO (Calbit C ®) en la vida en florero de dos cultivares de *Lilium*: ‘Brindisi’ y ‘Menorca’.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon dos cultivares de *Lilium*: ‘Menorca’ y ‘Brindisi’, cuyo material vegetativo se adquirió en una empresa comercial. El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero el 14 de febrero de 2008, empleando agrolita como sustrato en macetas de plástico, un bulbo por maceta. Los tratamientos se denominaron: sin fertilización, dosis intermedia y dosis alta (Cuadro 1); la distribución fue completamente al azar. La aplicación de los fertilizantes se realizó cada dos semanas, a partir del primer mes de crecimiento, durante todo el ciclo de cultivo.

**Cuadro 1.** Tratamientos de fertilización en *Lilium* ‘Menorca’ y ‘Brindisi’ establecidos bajo condiciones de invernadero en “El Cerrillo”, Toluca, México en 2008.

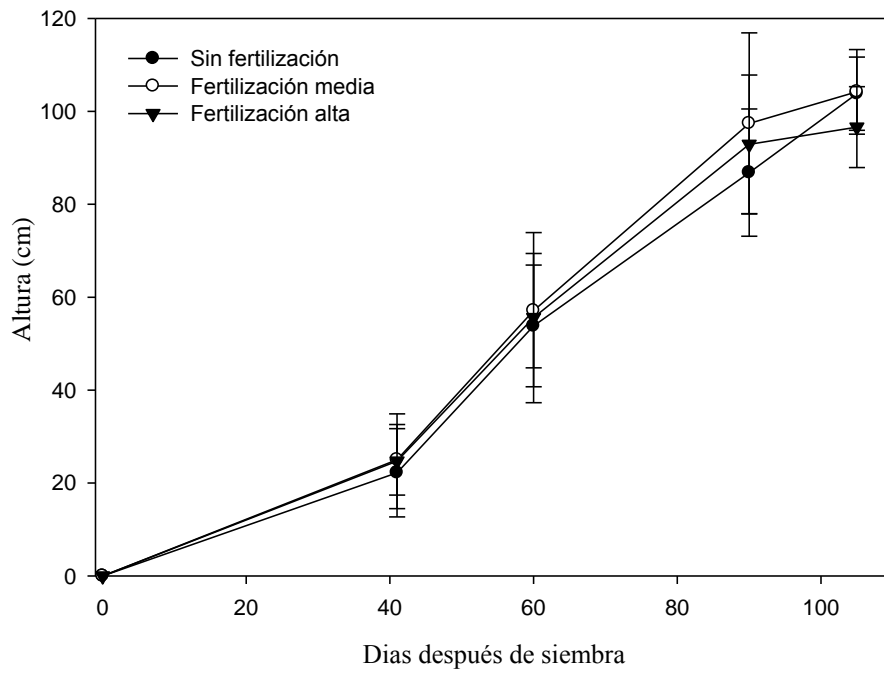
Fertilización	N al sustrato (ppm)	Ca al sustrato (ppm)	CaO foliar (ppm)
Sin fertilizar	0	0	0
Dosis media	1200	380	310
Dosis alta	1800	1140	930

La curva de crecimiento se determinó midiendo mensualmente la altura de la planta. El índice de cosecha empleado fue cuando el botón floral central estaba pigmentado pero permanecía cerrado (Bañon *et al.*, 1993). El día que se realizó el corte se determinó en una muestra de las primeras 10 hojas de la parte apical el contenido de clorofila (Arron,

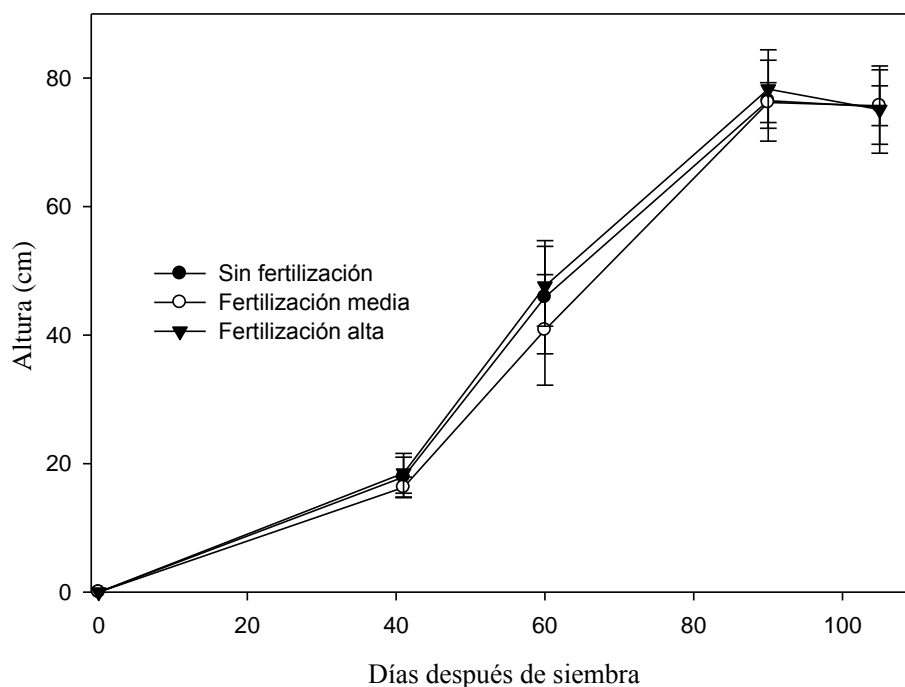
1949; citado por EPA, 1994) y el contenido de azúcares totales por el método de Antrona (Franco-Mora *et al.*, 2001); se midió la longitud del botón central y se contó el número de botones por planta. Previo a su almacenamiento en florero, los tallos fueron homogenizados a 50 cm de altura y se colocaron en recipientes conteniendo 200 ml de agua corriente; se contó el número de días que los tallos permanecieron con al menos una flor completa en florero (Jiménez, 2008). Durante el lapso en que permanecieron los tallos en el florero, se determinó la tasa de absorción de agua (Liao *et al.*, 2008). Los datos se analizaron, en forma separada para ambos cultivares, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones para azúcares y clorofila y al menos cinco para el resto de las variables; cuando el valor de F fue significativo las medias se compararon con la prueba de Tukey al 0.05.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo con los datos de altura de tallo, ambos cultivares presentaron una curva de crecimiento simple sigmoide (Figuras 1 y 2); similar a lo observado en tulipán (Artacho-Vargas y Pinochet-Tejos, 2008). Se observó que los tratamientos de fertilización no influenciaron la curva de crecimiento, exceptuando ‘Menorca’ a la fecha de corte; de forma similar, en tulipán la adición de cinco dosis de N tampoco influyó en la tasa de crecimiento determinada por el incremento en materia seca (Artacho-Vargas y Pinochet-Tejos, 2008). Es posible que debido a que el bulbo proporciona N a las hojas y tallos durante el crecimiento vegetativo no se hayan presentado diferencias en la tasa de crecimiento.



**Figura 1.** Curva de crecimiento de plantas de *Lilium* 'Menorca' tratado con tres dosis de fertilización a base de nitrógeno y calcio. Los datos son la media de diez tallos  $\pm$  D.E.



**Figura 2.** Curva de crecimiento de plantas de *Lilium* 'Brindisi' tratado con tres dosis de fertilización a base de nitrógeno y calcio. Los datos son la media de diez tallos  $\pm$  D.E.

El número de botones por tallo y la longitud de los mismos son considerados como factores de calidad en *Lilium* (Bañón *et al.*, 1993). Con la aplicación de los tres tratamientos de fertilización, en ambos cultivares, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para dichos factores (Cuadros 2 y 3). En un estudio previo, se observó que la aplicación de ácido giberélico 3 no influyó en el número de botones por tallo y la longitud del botón central en un cultivar que se adaptó al ambiente y expresó su potencial genético (basado en la información de la empresa vendedora del material); sin embargo, la aplicación de dicho regulador del crecimiento favoreció el número de flores por tallo en un cultivar que no expresó su potencial genético, posiblemente por no adaptarse al ambiente en donde se cultivó (Jiménez, 2008). De manera coincidente, Rivera y Franco (2006) indicaron que la aplicación de giberelinas y

la profundidad de siembra no afectaron el número de flores por tallo en *Lilium* ‘Menorca’. Los datos del presente trabajo indican que ambos cultivares generaron el número de flores por tallo que potencialmente se esperaba de ellos, independientemente de la dosis de fertilización con N y Ca.

A la fecha de corte, los cultivares se comportaron de manera diferente para las mismas dosis de fertilización: ‘Menorca’ presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) para el contenido de clorofila a, b y total, y altura de planta (Cuadro 2); por su parte ‘Brindisi’ no presentó diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables evaluadas (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Características de los tallos de *Lilium* ‘Menorca’ fertilizados con tres dosis en base a nitrógeno y calcio.

Fertilización	Altura del tallo (cm)	Número de botones	Longitud del botón central (cm)	Azúcares totales (mg g <sup>-1</sup> PF)	Clorofila (mg g <sup>-1</sup> PF)		
					a	b	Total
Sin fertilizar	103.8 a	5.1	7.5	207.8	4.3 a	1.8 a	6.1 a
Dosis media	104.2 a	5.3	7.0	249.6	3.8 b	1.5b	5.3 b
Dosis alta	96.6 b	5.1	6.9	250.2	4.7 a	1.8 a	6.5 a

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística con la prueba de Tukey al 0.05.

**Cuadro 3.** Características de los tallos de *Lilium* 'Brindisi' fertilizados con tres dosis en base a nitrógeno y calcio.

Fertilización	Altura del tallo (cm)	Número de botones	Longitud del botón central (cm)	Azúcares totales (mg g <sup>-1</sup> PF)	Clorofila (mg g <sup>-1</sup> PF)		
					a	b	Total
Sin fertilizar	75.5	3.3	7.1	199.4	5.7	2.0	7.6
Dosis media	75.7	2.6	7.4	217.6	6.1	2.3	8.4
Dosis alta	75.1	2.9	6.9	239.0	6.2	2.1	8.3

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística con la prueba de Tukey al 0.05.

Los días en florero (DEF) aumentaron con las dosis de fertilización (Cuadro 4), sin embargo, mientras para 'Menorca' la dosis alta superó a los tratamientos sin fertilización y dosis intermedia; en 'Brindisi' las dosis intermedia y alta no fueron estadísticamente diferentes, pero ambas superaron al tratamiento sin fertilización. Lo anterior apoya la idea de que debido a la variabilidad de cultivares del género *Lilium*, la determinación de dosis de fertilización debe de ser realizada específicamente para cada uno de ellos (Ortega-Blu *et al.*, 2006).

**Cuadro 4.** Días en florero de dos cultivares de *Lilium* tratados con tres dosis de fertilización en base a nitrógeno y calcio.

Fertilización	'Menorca'	'Brindisi'
Sin fertilizar	13.2 b	14.5 b
Dosis media	15.0 b	17.6 a
Dosis alta	18.0 a	19.0 a

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística con la prueba de Tukey al 0.05.

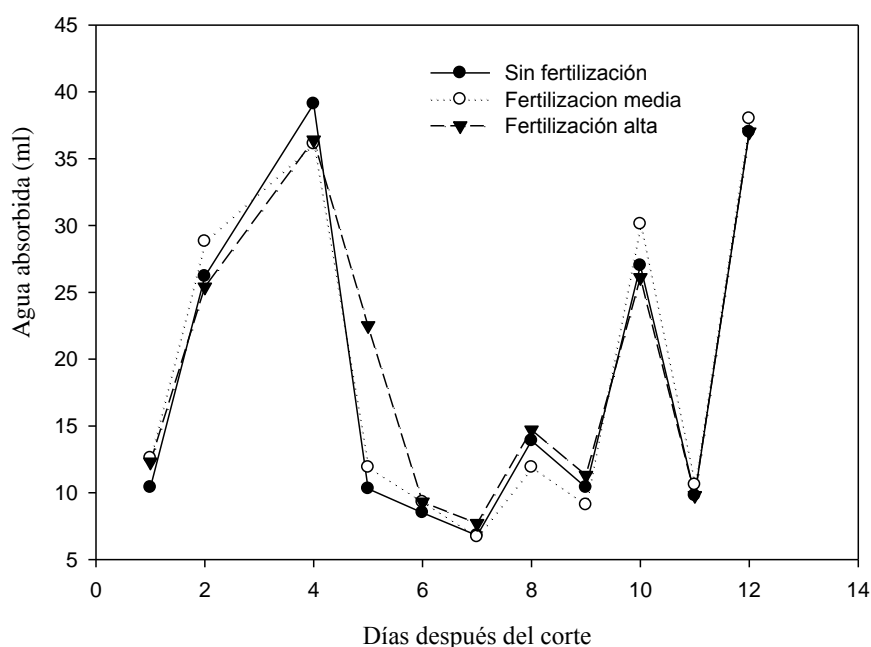
A pesar de que no fue estadísticamente significativo, se observó que, en ambos cultivares, las plantas que tuvieron un mayor número de DEF presentaron un mayor contenido de azúcares en las hojas al momento de corte. Durante la vida en florero, es de suma importancia el consumo de almidón y exportación de azúcares del tallo y las hojas hacia las flores. En *Lilium* se ha asociado la reducción de carbohidratos en las hojas con el inicio de la senescencia (Jiao *et al.*, 1986; Ranwala *et al.*, 2000). Por ello, la tendencia, aunque no estadísticamente significativa, indicando un mayor contenido de azúcares totales en las hojas de las plantas fertilizadas con la dosis alta podría explicar, al menos en parte, el aumento en el número de días en florero conseguida con dicha dosis de fertilización. Adicionalmente, se ha indicado que la aplicación de Ca acelera hasta un 100% la velocidad con que las plantas aprovechan el N, aumentando la actividad fotosintética y con ello la producción de azúcares (Feagley y Fenn, 1999; citados por Jiménez, 2008). La explicación previa apoya los datos del presente trabajo sugiriendo que la fertilización en base a N y Ca puede favorecer una mayor vida en florero de dos cultivares de *Lilium*, al propiciar una mayor acumulación de carbohidratos de reserva durante el crecimiento de cultivo; los cuales estarán disponibles para las flores en el periodo post-corte (O'Donoghue *et al.*, 2002).

En una misma condición estadística, no significativa, se observó una tendencia al aumento en el contenido de clorofila foliar con el incremento de la dosis de fertilización en 'Brindisi', pero no se observó una tendencia clara en 'Menorca'. Estos resultados tienen relación con lo obtenido por Franco *et al.* (2007), quien señala que la aplicación de CaO en *Lilium* 'Fangio' aumentó el contenido de clorofila medido en unidades SPAD (Special Products Analysis Division/Minolta, USA). En el referido estudio, la

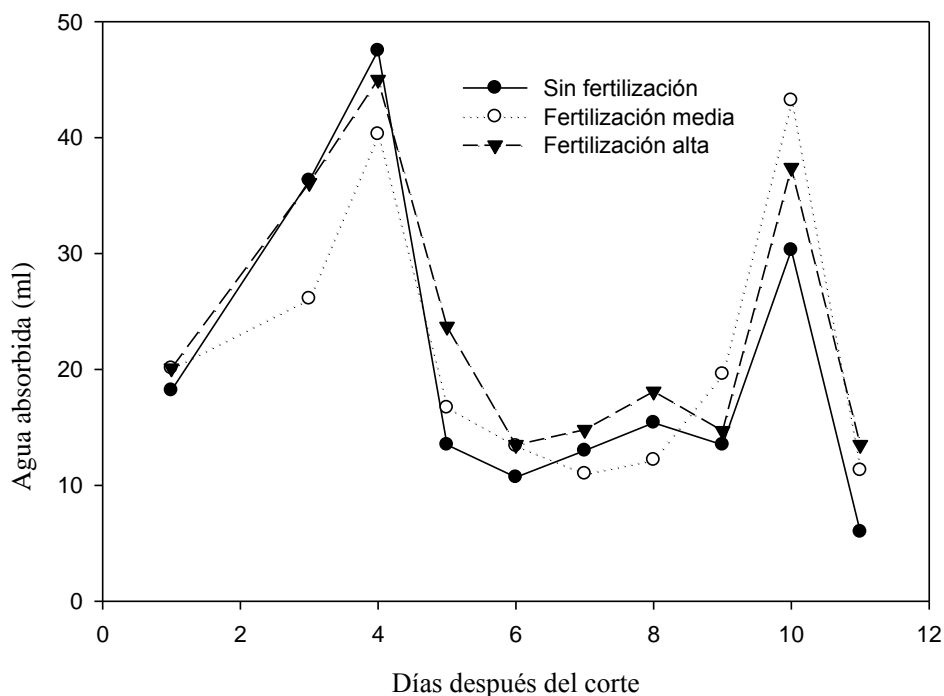


sola aplicación de CaO no aumentó la vida en maceta y dosis consideradas altas no aumentaron el nivel de las unidades SPAD, probablemente por un efecto antagónico del Ca con el Mg, microelemento que forma parte de la molécula de clorofila (Jones, 1998).

Ambos cultivares presentaron un máximo de consumo de agua a los cuatro días después del corte (DDC), sin embargo, para dicho día, no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ). Posteriormente, 'Brindisi' presentó dos máximos adicionales de absorción de agua, a los 10 y 12 DDC, sin diferencias estadísticas; y, 'Menorca' sólo lo presentó a los 10 DDC con diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ), específicamente ese día, entre los tratamientos dosis alta y dosis media, con el tratamiento sin fertilización (Figuras 3 y 4).



**Figura 3.** Absorción de agua durante la vida en florero de tallos de *Lilium* 'Brindisi'. Los datos son la media de al menos cinco repeticiones, un tallo por repetición.



**Figura 4.** Absorción de agua durante la vida en florero de tallos de *Lilium* ‘Menorca’. Los datos son la media de al menos cinco repeticiones, un tallo por repetición.

Se ha indicado que la capacidad de un tallo para absorber agua durante los primeros días de vida en florero es un índice de su potencial de almacenamiento (O’Donoghue *et al.*, 2002), sin embargo, en el presente trabajo esto no fue observado ya que no se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en los primeros DDC en ambos cultivares por efecto de la fertilización.

## CONCLUSIONES

La vida en florero de dos cultivares de *Lilium* aumentó con la fertilización a base de N y Ca; sin embargo, mientras la dosis alta fue la mejor para ‘Menorca’, para ‘Brindisi’ la dosis media tuvo resultados similares a la dosis alta, siendo ambas superiores al

tratamiento sin fertilización. La mayor vida en florero estuvo influenciada, al menos en parte, por un mayor contenido de azúcares totales en las hojas de las plantas fertilizadas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Artacho-Vargas, P. y D. Pinochet-Tejos. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia*. 42: 37-45.
- Ayala, A. J., A. M. Castillo G., L. A. Valdez A., M. T. Colinas L., J. Pineda P., E. Avitia G. 2008. Effect of calcium, boron and molybdenum on plant growth and bract pigmentation in poinsettia. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31: 165-172.
- Bañon, A. S., D. Cifuentes R., J. A. Fernández H. y A. González B. A. 1993. *Gerbera, Lilium, tulipan y rosa*. Mundi-Prensa. Madrid. 250 p.
- Conway, W. S., K. C. Gross, C. D. Boyer. 1988. Inhibition of *Penicillium expansum* polygalacturonase activity by increased apple cell wall calcium. *Phytopathology*. 78: 1052-1055.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1994. Chlorophyll determination. Standard Operating Procedure No. 2030. USA. 4 p.
- Franco, O., J. H. Jiménez M., J. R. Tobar R., D. J. Pérez L. 2007. Efecto de la aplicación precosecha de calcio y putrescina en el contenido de clorofila foliar durante la floración de *Lilium* ssp. 53ava Reunión Anual del I.S.T.H. Morelia, Mich. p. 185.
- Franco-Mora, O., J. Jasso-Mata, E. García-Villanueva, C. Saucedo-Veloz. 2001. Crecimiento y calidad de frutos de *Annona muricata* L. con diferente intensidad de polinización. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 24: 139-144.

- Jiao, J., M. J. Tsujita and D. P. Murr. 1986. Effects of paclobutrazol and A-Rest on growth, flowering, leaf carbohydrate and leaf senescence in 'Nellie White' Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). *Scientia Horticulturae*. 30: 135-141.
- Jiménez, M. J. H. 2008. Aplicación de giberelinas, calcio y autopolinización en *Lilium* ssp. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Agrohídrica. BUAP. Teziutlan, Puebla. 52 p.
- Jones Jr., J. B. 1998. Plant nutrition. CRC. Boca Raton, Florida. 149 p.
- Liao, L., J. Huang, W. S. Chen. 2008. Vase life of *Estoma grandiflorum* as affected by aluminum sulfate. *Botanical Bulletin Academia Sinica*. 42: 32-38
- O'Donoghue, E. M., S. D. Somerfield, and J. A. Heyes. 2002. Vase solutions containing sucrose result in changes to cell walls of sandersonia (*Sandersonia aurantiaca*) flowers. *Postharvest Biology & Technology*. 26: 285-294.
- Ohyama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1988. Effect of cold storage treatment for forcing bulbs on the C and N metabolism of tulip plants. *Soil Science & Plant Nutrition* 34: 519-533.
- Ortega-Blu, R., M. Correa-Benguria, E. Olate-Muñoz. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* ssp. *Agrociencia*. 40: 77-88.
- Ranwala, A. P., W. B. Miller, T. I. Kirk and P. A. Hammer. 2000. Ancymidol drenches, reversed greenhouse temperatures, postgreenhouse cold storage, and hormone sprays affect post-harvest leaf chlorosis in Eastern lily. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 125: 248-253.

- Rivera, R. B. y O. Franco M. 2006. Estudio sobre la profundidad de siembra y dosis de giberelinas en la producción de *Lilium* sp. cv. Menorca. La ciencia en tus manos VI. VIEP-BUAP. Puebla, México. (CD).
- Woodson, W. R. and M. L. Jones. 2003. In search of eternal youth: The delay of postharvest senescence in flowers. *Acta Horticulturae*. 624: 305-314.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CALIDAD NUTRICIONAL DE FORRAJE  
EN LÍNEAS DE TRITICALE DE CICLO LARGO PARA CONDICIONES DE  
TEMPORAL EN TOLUCA, MÉXICO.

DRY MATTER YIELD AND NUTRITIONAL QUALITY OF FORAGE OF LATER  
MATURITY LINES OF TRITICALE UNDER RAINFED CONDITIONS IN TOLUCA,  
MEXICO.

*Carlos Gustavo Martínez Rueda<sup>1</sup>*  
*Jorge Quiroz Mercado<sup>1</sup>*

**RESUMEN**

En los valles altos del estado de México, el triticale puede ser una opción viable para la producción de forraje bajo condiciones de temporal. Sin embargo, en esta región existen pocos estudios sobre su potencial productivo y calidad nutricional. Se condujo un experimento en el valle de Toluca durante el verano de 2005, estudiándose el efecto de dos etapas de corte (embuche, antesis) sobre el rendimiento de materia seca (**MS**) y algunos parámetros nutricionales en cinco líneas de triticale de ciclo largo, dos variedades de triticale (Supremo, Siglo 21) y una variedad de avena (Cevamex). El rendimiento de forraje y su contenido nutricional estuvieron determinados por el genotipo y la etapa de corte. En promedio las líneas de triticale tuvieron un ciclo de crecimiento más largo (70 días a embuche, 91 días a antesis). Los genotipos con mayores rendimientos de **MS** fueron las líneas L3 (8.7 t ha<sup>-1</sup>) en embuche y L1 (10.9 t ha<sup>-1</sup>) en antesis. La calidad nutricional disminuyó de embuche a antesis debido a una mayor concentración de fibras (FDN y FDA) y menor contenido de proteína cruda (**PC**). Las variedades Supremo y Siglo 21, promediaron mayor contenido de **PC** en embuche y antesis (127.3, 92.2 g kg<sup>-1</sup> MS), observándose en algunas líneas (L5, L4) promedios similares (135.1, 80.4 g kg<sup>-1</sup> MS). Los resultados obtenidos señalan que las nuevas líneas de triticale pueden ser utilizadas para elevar la producción y calidad de forraje en ambientes de temporal en el valle de Toluca, México.

**PALABRAS CLAVE:** Triticale, Avena, Producción de forraje, Calidad nutricional.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario el Cerrillo, Toluca, México, C.P. 56230. Tel (722) 2-96-5518

## **SUMMARY**

Triticale is a viable option as a forage crop under rainfed conditions in high valleys of central México. However, in this region there are few studies about its productive potential and nutritional quality. A field experiment was carried out in the Toluca valley during summer of 2005. The effect of two growing cut stage (boot and heading) on dry matter yield (**DM**) and some nutritional parameters were studied in five triticale lines, two triticale varieties (Supremo, Siglo 21) and one oat variety (Cevamex). Forage yield and nutritional quality were determined for growing stage and genotype. Lines of triticale shown later maturity (70 days to in heading, 91 days to boot). Triticale lines shown highest yields of **DM**, at heading growing stage L3 (8.7 t ha<sup>-1</sup>) and boot growing stage L1 (10.9 t ha<sup>-1</sup>). The nutritional quality of forage was reduced of heading growing stage to boot because higher concentrations of fractions fibers (NDF, ADF) and decrease of crude protein concentration (**CP**). Triticale varieties presented higher concentration of **CP** in heading and boot growing stages (127.3, 92.2 g kg<sup>-1</sup> MS), while some lines of triticale (L5, L4) show similar contents (135.05, 80.35 g kg<sup>-1</sup> MS). Results of this research work show that use of new triticale lines can increase forage production and quality under rainfed conditions in the high valleys of Mexico.

**KEY WORDS:** Triticale, Oats, Forage production, Nutritional quality.

## **INTRODUCCIÓN**

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack), se utiliza principalmente para consumo animal, ya sea en elaboración de alimentos balanceados, como forraje verde, henificado o ensilado (Oettler, 2005; Rojas *et al.*, 2002). Este cereal se destaca en comparación con trigo, avena y cebada, por tener ciclo de crecimiento más largo, mayor potencial de rendimiento y buena calidad nutricional de forraje y grano, además presenta mayor tolerancia a bajas temperaturas, suelos ácidos y alcalinos, baja fertilidad, sequía y es más resistente al ataque de plagas y enfermedades (Van-Barneveld, 2002; Francois *et al.*, 1988; Baier, 1991; Royo 1992.).

Su empleo en la alimentación de rumiantes se ha incrementado en los últimos años sobre todo en países en vías de desarrollo donde se padece una mayor escasez de alimentos para el ganado de carne y leche (Benbelkacem, 2002). En México el 90% del triticale que se produce se destina para alimentación animal, sobre todo en la zona norte del país (Lozano, 2004). Sin embargo, en la zona de valles altos se han realizado pocos trabajos para determinar su potencial como cultivo forrajero, mientras que en la región norte de México, se han obtenido resultados favorables en la generación de nuevas variedades para producción de forraje y grano con alto rendimiento y calidad nutricional (Zamora *et al.*, 2002; Ye-Che *et al.*, 2001), así como en mezclas interespecíficas con ballico anual o raígras entre otros, obteniendo mayor producción de forraje seco en comparación con otras alternativas de monocultivo (Lozano *et al.*, 2002).



Uno de los principales factores que influyen en la producción y la calidad de los cereales con usos forrajeros es la etapa fenológica del cultivo al momento del corte y se ha establecido que la producción de materia seca aumenta cuando se retrasa la cosecha a etapas de desarrollo más avanzadas (Fearon *et al.*, 1990), mientras que ciertas características nutricionales de suma importancia como digestibilidad y contenido proteínico disminuyen (Hadjichristodoulou, 1976). Sin embargo, para el caso de triticale los resultados de algunos estudios no son consistentes con relación a la etapa más apropiada de corte para uso forrajero en ciertas zonas del país (Royo *et al.*, 1998).

En años recientes, se han liberado variedades comerciales de triticale y se cuenta con una gran diversidad de líneas avanzadas con adaptación específica a las condiciones que imperan en el valle de Toluca, México, de las cuales, no se dispone de información sobre su potencial forrajero y no se ha determinado como puede influir la etapa de corte en la determinación de rendimiento de materia seca y contenido nutricional de forraje.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó el presente trabajo, con el objetivo de evaluar el comportamiento de cinco líneas avanzadas de triticale de ciclo largo y tres testigos comerciales (variedades de triticale Supremo y Siglo 21 y variedad de avena Cevamex) con relación a producción de materia seca y calidad nutricional de forraje en dos etapas de corte, bajo condiciones de temporal en el valle de Toluca, México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo experimental se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas ubicada en el municipio de Toluca, México entre las coordenadas 19° 17' latitud norte y 99° 39' longitud oeste, a una altitud de 2675 m.s.n.m. El clima predominante es de tipo C(w<sub>2</sub>)(w)b(i'), que de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (García, 1988) corresponde al clima templado subhúmedo con lluvias en verano y poca oscilación térmica. La precipitación media anual es de 900 mm, con una temperatura media anual de 14° C. El tipo de suelo predominante es vertisol pélico de origen volcánico, con bajos contenidos de nitrógeno y materia orgánica.

Se evaluaron cinco líneas de triticale primaveral de ciclo largo, proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); dos variedades comerciales de triticale (Supremo y Siglo XXI), proporcionadas por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) y una variedad de avena (Cevamex), proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La siembra se realizó el 15 de julio de 2005, utilizando una densidad de 120 kg de semilla por hectárea, depositando la semilla en dos hileras distanciadas a 0.20 m en la parte superior de cada surco. Los tratamientos (genotipos) se distribuyeron en las parcelas de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela estuvo conformada por cuatro surcos de 4 m de largo y 80 cm de ancho (16 m<sup>2</sup>). Se aplicó un tratamiento de fertilización de 120–60–30, utilizando como fuentes de N<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub> y K<sub>2</sub>:

Urea, Superfosfato de Calcio Triple y Cloruro de Potasio. Al momento de la siembra se suministró la mitad de nitrógeno, todo el fósforo y el potasio, y después en la etapa de amacollamiento de la planta el resto de nitrógeno. Para el control de maleza se aplicó el herbicida Gramoxone™ tres días antes de la siembra, posteriormente se realizó una segunda aplicación cuatro días después de sembrado el experimento, justo antes de que ocurriera la emergencia. Las dosis en ambos casos fue de 1.0 L de material comercial por hectárea. A los 45 días después de la siembra se realizó una escarda para eliminar las malezas presentes entre los surcos y facilitar el escurrimiento de agua superficial del suelo. El control de enfermedades fue nulo para todos los genotipos evaluados, donde solo las variedades de triticale fueron susceptibles a roya lineal durante el avance de su fenología, lo que provocó daños severos en el follaje de las variedades comerciales.

Se registraron los días transcurridos de la siembra a la ocurrencia de cada una de las dos etapas fenológicas. A partir de una muestra de 0.80 m<sup>2</sup> (1.0 m x 0.8 m) tomada al azar dentro de los 4 m interiores de los dos surcos centrales de cada parcela, se registró el número de tallos por m<sup>2</sup> (**NT**), longitud de tallos (**LT**) y materia seca del forraje (**MS**). La **MS** fue determinada mediante el secado de las muestras de forraje dentro de una estufa a una temperatura de 60° ± 5° C por un periodo de 72 horas. Para determinar la asignación de materia seca a los distintos órganos de la planta se separó una submuestra de 10 tallos en donde se registró el peso seco de tallos (**PST**), peso seco de hojas (**PSH**) y en la etapa de anthesis, también se consideró el peso seco de espigas o panículas (**PSE**), se registró la relación hoja-tallo (**RHT**) dividiendo **PSH/PST**. Para realizar los análisis químicos, las muestras de forraje seco de cada genotipo y etapa de corte fueron molidas

conjuntamente de manera preliminar, utilizando un molino de martillos tipo DPM-JUNIOR™, tomando una submuestra de 200 g de forraje molido, la cual recibió una segunda molienda con un molino electromecánico tipo Willey con malla del No. 20 para obtener un tamaño de partícula de 0.8-1.0 mm. Las muestras obtenidas de la segunda molienda se emplearon para realizar las siguientes determinaciones por duplicado: contenido de cenizas (**CZ**) por incineración en la mufla a 550° C durante tres horas, fibra detergente neutro (**FDN**) y fibra detergente ácido (**FDA**) utilizando un digestor de fibras Ankom™, proteína cruda (**PC**) por el método micro Kjeldahl (% N x 6.25), otras variables que se generaron fueron: total de nutrientes digestibles (**TND**), energía neta de lactancia (**ENL**), energía neta de ganancia (**ENG**) y valor alimenticio relativo (**VAR**), mediante las siguientes formulas: Total de nutrientes digestibles **TND** (%) = 81.38 + (**PC** x 0.36) – (**FDA** x 0.77); **ENL** (Mcal kg<sup>-1</sup>) = [(**TND** x 0.0245)-0.12]; **ENG** (Mcal kg<sup>-1</sup>) = [(0.029 x **TND**) -1.01]; **VAR** = [(88.9 – (0.779 x **FDA**)) x (120 / **FDN**)] / 1.29 (Zamora et al, 2002; Ferret, 2003).

Con los datos obtenidos sobre la producción de forraje y asignación de materia seca se realizaron los análisis de varianza individuales para cada etapa de corte bajo un modelo estadístico asociado a un diseño de bloques completos al azar y posteriormente los análisis combinados bajo un arreglo de parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a la fecha de corte y la parcela chica a los genotipos (Gomez y Gomez, 1984). Los datos obtenidos de los análisis químicos para determinar la calidad nutricional de forraje fueron analizados bajo un arreglo bifactorial completamente aleatorizado con dos repeticiones. Cuando los valores de F de los análisis de varianza

resultaron significativos, se procedió a realizar la comparación de medias mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) a un nivel de probabilidad de error del 0.05.

## **RESULTADOS**

### *Elementos del clima*

Durante la estación de crecimiento se registró del mes de junio a octubre una precipitación pluvial total de 458 mm, cantidad anormal con otros años por presentarse un retraso en el periodo de lluvias, las cuales iniciaron en el mes de julio. No obstante, las condiciones climatológicas ocurridas durante el experimento permitieron un desarrollo adecuado de los genotipos hasta la etapa de antesis, exceptuando la avena, que logró desarrollarse hasta la etapa de llenado de grano. En la segunda semana del mes de octubre (después de la etapa de antesis), se registraron las primeras heladas con temperaturas de hasta  $-2^{\circ}$  C, lo que puso fin al ciclo de cultivo e impidió evaluar la etapa de grano lechoso-masoso.

### **Producción de forraje y asignación de la materia seca**

Los análisis de varianza revelaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los genotipos para todas las variables de estudio; para las etapas de corte se presentaron efectos altamente significativos ( $P < 0.01$ ) en todas las variables, excepto en **PSH**. La interacción Genotipos x Etapas de corte (G x E), resultó significativa al menos al 0.05 en todas las variables, excepto en **PST** y **RHT** (Cuadro 1). Los efectos de la interacción

sobre la producción de **MS** fueron altamente significativos ( $P < 0.01$ ), en donde las líneas L2 y L3 resultaron más rendidores en la etapa de embuche y los líneas L1 y L2 en la etapa de antesis, mientras que las variedades: Supremo, Siglo 21 y Cevamex presentaron rendimientos menores en las dos etapa de corte (Cuadro 3). En etapa de embuche los genotipos Cevamex, L2 y L3 produjeron mayor **NT**, y para etapa de antesis se mostraron efectos no significativos en todos los genotipos. La variedad Cevamex mostró una mayor **LT** para etapa de embuche, mientras que L1, L2, L5 y Cevamex obtuvieron mayores promedios en etapa de antesis. Los genotipos L1, L2, L4 y supremo registraron mayor **PSH** en embuche y solo la línea L4 superó significativamente al resto de los genotipos en esta misma variable (Cuadro 3).

La etapa de embuche ocurrió en promedio a los 68 días después de la siembra, y la etapa de antesis a los 88 días. El **NT** y **RHT** se redujeron en promedio 11% y 26% respectivamente al pasar de la etapa de embuche a la etapa de antesis, mientras que en **LT**, **MS**, **PST** se incrementaron en un 75%, 29% y 37% respectivamente en esta última etapa, mientras que el **PSH** no se afectó significativamente por la etapa de corte (Cuadro 2).

En el Cuadro 3 se observa que para la etapa de embuche las líneas de triticale fueron las más tardías, requiriendo en promedio 70 días, mientras que las variedades de triticale y la avena requirieron en promedio 66 y 63 días respectivamente para alcanzar esta misma etapa. Para **NT** y **LT** la avena presentó los mayores promedios con 475 tallos por  $m^2$  y 74.1 cm respectivamente. Las líneas presentaron mayor **NT** que las variedades de

triticale, así como una mayor **LT**. La producción de forraje presentó una amplia variación entre los genotipos, destacando las líneas L2 y L3 con los mayores rendimientos de **MS** (8.1 y 8.7 t ha<sup>-1</sup> respectivamente), en comparación con las variedades comerciales de triticale y avena. Las diferencias en producción de **MS** entre genotipos, variedades de triticale vs. líneas de triticale y entre líneas de triticale, fueron significativas al 0.01 y en el caso de avena vs. triticale fueron significativas al 0.05 (Cuadro 3)

En la etapa de antesis, las líneas de triticale fueron las más tardías, requiriendo en promedio 91 días, seguidas por las variedades de triticale (86 días) y de la avena (75 días). Los genotipos con mayores rendimientos de forraje fueron las líneas de triticale, de las cuales sobresalieron las líneas L1 y L2 con rendimientos de 10.9 y 9.3 t ha<sup>-1</sup> de **MS** respectivamente, destacando esta última con mayores rendimientos para las dos etapas de corte (embuche y antesis). Las variedades de triticale tuvieron menores rendimientos de forraje, así como menor **NT** y **LT**. La avena presentó el más alto promedio para **NT** y **LT** con 371 tallos por m<sup>2</sup> y 117 cm de altura. Las diferencias en producción de **MS** entre genotipos y variedades de triticale vs. líneas de triticale, fueron significativas al 0.001 y entre líneas fueron significativas al 0.05, mientras que al comparar a la avena vs. triticale y Supremo vs. Siglo 21, no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 3).

*Composición química y contenido nutricional de forraje*

Los análisis de varianza para contenido nutricional de forraje mostraron efectos altamente significativos ( $P < 0.01$ ) para genotipos, etapas de corte e interacción Genotipos x Etapas de corte (G x E), en todas las variables de estudio (Cuadro 4). Los efectos de la interacción G x E en el contenido de **PC**, muestran que los genotipos L4, L5 y Siglo 21, tuvieron mayores contenidos en etapa de embuche, destacando que los dos últimos también mostraron los mayores contenidos en etapa de antesis. Las variedades Siglo 21 y Supremo registraron contenidos mayores de **CZ** en las dos etapas de corte (embuche y antesis). Para contenido de **FDN** y **FDA**, la variedad Cevamex acumuló mayor cantidad en etapa de embuche, destacando nuevamente con mayores contenidos la variedad Cevamex y la línea L4 en etapa de antesis. Respecto a **ENL** y **ENG**, las líneas L3 y L4 mostraron los mayores promedios en embuche, mientras que las líneas L1 y L5 superaron al resto de los genotipos en la etapa de antesis. Los datos obtenidos para **VAR** indican que todos los genotipos tuvieron valores aceptables en etapa de embuche, sin embargo, los genotipos L2, L4, Supremo y Cevamex registraron los valores mínimos en la etapa de antesis (Cuadro 6).

La etapa de corte tuvo una influencia muy marcada sobre la composición química y valor nutricional del forraje. Los contenidos de **CZ** y **PC** disminuyeron significativamente en la etapa de antesis, mientras que las fracciones de fibra (**FDN** y **FDA**) se incrementaron al pasar de la etapa de embuche a la de antesis, lo que se reflejó



un mayor contenido energético (**ENL**, **ENG**) y **VAR** en la etapa de embuche (Cuadro 5). En la etapa de embuche, las líneas tuvieron en promedio menor contenido de **FDN** y **FDA**, sobre todo las líneas L3 y L4, mientras que la avena presentó los mayores promedios en ambos atributos. El mayor contenido de **PC** lo obtuvo la variedad Siglo 21 (146.6 g kg<sup>-1</sup> de MS), siguiendo las líneas L5 (139.0 g kg<sup>-1</sup> de MS) y L4 (131.1 g kg<sup>-1</sup> de MS), mientras que los genotipos L1, L2 y Supremo tuvieron la menor concentración de éste componente. Las medias para **ENL** y **ENG** fueron mayores en las líneas, superando a las variedades de triticale y la avena. Esta misma tendencia se observó en el **VAR**, destacando de nueva cuenta las líneas L3 y L4 con promedios de 116 y 119 respectivamente. Las comparaciones planeadas entre genotipos muestran diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), para todas las variables de estudio, al igual que para avena vs triticale, exceptuando la variable **PC** la cual fue significativa al 0.05; para variedades de triticale vs líneas de triticale se observaron diferencias significativas al menos al 0.05 en todas variable, excepto en contenido de **PC** (Cuadro 6).

En la etapa de antesis las líneas de triticale tuvieron menores concentraciones de **FDN** y **FDA**, registrando un promedio general de 611.5 y 367.9 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente, y en consecuencia un mayor **VAR**, mientras que para **ENL** y **ENG** las líneas presentaron un comportamiento similar al de las variedades de triticale y ligeramente superior al de la avena. En las variedades de triticale se observaron los mayores contenidos de **CZ** (106.4 g kg<sup>-1</sup> MS) y **PC** (92.2 g kg<sup>-1</sup> MS), mientras que la avena registró los promedios más bajos para **ENL**, **ENG** y **VAR**; pero las concentraciones más altas de **FDN** y **FDA**.

La variación entre genotipos fue significativa al menos al 0.05 para todos los parámetros nutricionales; las diferencias entre variedades de triticale no fueron significativas en ninguna de las variables de estudio, excepto para **FDN** y **VAR**; al comparar a las variedades vs líneas de triticale no se detectaron diferencias significativas en todas las variables de estudio, excepto en **CZ** y **PC**. (Cuadro 6).

## **DISCUSIÓN**

Las condiciones climáticas ocurridas durante el experimento propiciaron un adecuado crecimiento y desarrollo para los genotipos de triticale hasta la etapa de antesis, siendo afectados en la etapa de llenado de grano por la presencia de heladas en la última semana del mes de octubre, y la avena por presentar un ciclo de cultivo más corto, logró desarrollarse hasta la etapa de llenado de grano. Lo anterior estuvo determinado por la fecha de siembra (15 de julio de 2006), la cual se retrasó, debido a que el inicio de lluvias ocurrió en el mes de julio, lo que permitió considerar para el caso del presente trabajo una siembra tardía para las condiciones que normalmente prevalecen en el valle de Toluca, México.

La etapa de madurez al momento del corte tuvo un efecto muy marcado sobre la producción de materia seca y la calidad nutricional del forraje en todos los genotipos. Las líneas de triticale fueron más tardías en comparación con las variedades de triticale y la avena, apreciándose que en función a los días de crecimiento y conforme se retrasó la madurez de las plantas, se obtuvo un incremento promedio en la producción de **MS**

de 6.4 t ha<sup>-1</sup> en la etapa de embuche a 8.3 t ha<sup>-1</sup> en la etapa de antesis, lo cual estuvo determinado principalmente por el incremento en el **PST** y **PSE** (Cuadros 3). Haciendo los cálculos respectivos, la tasa de crecimiento del cultivo de la siembra a embuche en las líneas de triticale fue de 10.4 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, para las variedades de triticale fue de 7.2 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> y para la avena fue de 9.2 gm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, mientras que para el periodo de embuche a antesis las tasas de crecimiento fueron de 10.0, 8.1 y 9.9 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> para las líneas de triticale, variedades de triticale y la avena, respectivamente. Estos resultados son comparables con los obtenidos en otros trabajos (Brignall, Ward y Whittington 1988; Cherney y Marten, 1982; Bocchi *et al.*, 1996), en donde se ha podido constatar que conforme se alarga el ciclo de crecimiento en los cereales de grano pequeño, se incrementa la producción de biomasa, pero en contraparte y como se discutirá posteriormente algunos parámetros nutricionales se ven afectados negativamente.

La elección de las variedades fue determinante para la producción y calidad de forraje. Las variedades comerciales (Supremo y Siglo 21) en comparación con las líneas de triticale y avena (Cevamex) presentaron bajos rendimientos de materia seca, debido a una mayor susceptibilidad de la roya lineal durante la etapa de antesis, lo que repercutió en una menor producción de biomasa (Cuadros 3).

En la etapa de antesis las concentraciones de **FDN** y **FDA** fueron significativamente mayores a la etapa de embuche (Cuadros 4 y 5), indicativo claro de que conforme avanzó el crecimiento de las plantas se obtuvo un forraje de menor calidad nutricional, ya que el contenido de **FDN** es una característica que determina y regula la

digestibilidad, mientras que el contenido de **FDA** es la que determina y regula la ingesta (Nelson y Moser 1994). El contenido de **PC** fue afectado por el crecimiento y desarrollo de las plantas, observándose que cuando se alcanzó la mayor producción de biomasa en la etapa de antesis se obtuvo una menor concentración de **PC**, lo cual se puede explicar por un incremento en la cantidad de carbohidratos solubles y estructurales en dicha etapa y por lo tanto se reduce la concentración de **PC** en los tejidos de la planta (Collar y Aksland, 2001).

El contenido energético de forraje medido a través de la **ENL** y **ENG** disminuyó significativamente de la etapa de embuche a la etapa de antesis. Para las líneas de triticale se presentaron mayores promedios de **ENL** y **ENG**, siguiendo las variedades de triticale y avena (Cuadro 6). Resultados similares se han obtenido en otros trabajos (Zamora et al., 2002; Royo et al., 1998), en donde se ha encontrado que para la **ENL** y **ENG** se presenta una disminución conforme avanza el desarrollo de la planta, aunado a una menor concentración en el total de nutrientes digestibles y en consecuencia un menor porcentaje de proteína cruda y alto contenido de fibras.

El **VAR** disminuyó conforme avanzó la madurez fisiológica de los genotipos (embuche a antesis). Las líneas de triticale registraron en promedio mayor **VAR** (113 en embuche y 92 en antesis), seguidas por las variedades comerciales de triticale (107 en embuche y 91 en antesis) y la avena (94 en embuche y 86 en antesis). Zamora *et al.*, 2002 y Juskiw *et al.*, 2000 mencionan que con base en el **VAR** se puede calificar la calidad de un forraje como “demasiado bueno” si es superior a 180 y de “mala calidad” si es inferior a 90, considerando que a medida que aumentan las concentraciones de **FDN** y **FDA** se

reduce el **VAR** de forraje, se puede deducir que el forraje obtenido con las líneas de triticale tendría un mayor consumo y digestibilidad en los rumiantes (Cuadros 6).

Con base en los registros de producción de materia seca y medición de parámetros nutricionales en los genotipos evaluados, se puede argumentar que la utilización del cultivo de triticale en valles altos logra presentar ciertas ventajas en comparación con las variedades comerciales de avena, por presentar mejores rendimientos de materia seca y una calidad nutricional igual o mejor en condiciones de temporal, además de una mayor resistencia al acame. Los datos generados en la comparación de líneas de triticale vs variedades de triticale, muestran que los nuevos materiales tuvieron mayor rendimiento de materia seca y en algunas líneas similares contenidos de **PC**.

Las líneas de triticale más sobresalientes para producción de materia seca en las dos etapas de corte (embuche y antesis) fueron: L2 (8.1 t ha<sup>-1</sup> en embuche y 9.3 t ha<sup>-1</sup> en antesis), L1 (6.4 t ha<sup>-1</sup> en embuche y 10.9 t ha<sup>-1</sup> en antesis) y L3 (8.7 t ha<sup>-1</sup> en embuche y 8.5 t ha<sup>-1</sup> en antesis), en comparación con las variedades comerciales de triticale y la avena. Para el contenido nutricional destacó la línea L5 mostrando mayor contenido de **CZ** y contenidos similares de **PC** en comparación con las variedades de triticale y avena, mientras que las líneas L1 y L3 mostraron los más bajos contenidos en fibras y en consecuencia un alto **VAR**.

Se ha demostrado que para cada tipo de planta forrajera y de acuerdo a sus características genéticas, las posibilidades de manifestar ciertos rasgos durante su

desarrollo están determinadas por las condiciones ambientales y en gran medida por la fecha de corte. En las dos etapas de corte, la interacción Genotipo x Etapa de corte (G x E) mostró efectos significativos al menos al 0.05 en la producción de **MS** y contenido de **PC**, observando en líneas de triticale un aumento mayor de forraje al pasar de embuche a antesis, pero una disminución en la calidad de forraje por presentar menor contenido de **PC** y un alto contenido de fibras en etapa de antesis.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo destacan los avances en el mejoramiento genético de triticale, lo cual permite considerar nuevas alternativas e incorporar nuevos genotipos con mayor adaptación a los ambientes de temporal en donde se cultivan otros cereales de grano pequeño como avena, trigo y cebada, pudiéndose obtener en un futuro nuevas variedades de triticale con características que permitan optimizar el proceso de producción de forraje a pequeña y gran escala. También, se ponen de manifiesto que las variedades comerciales de triticale han sido superadas por las nuevas líneas, cuyas características permiten obtener mayores rendimientos de materia seca y calidad nutricional similar a las variedades comerciales, cuando se cultivan en ambientes sin restricciones de humedad.

## **CONCLUSIONES**

El rendimiento y calidad de forraje estuvieron determinados principalmente por la etapa de corte, observándose mayor rendimiento de materia seca en etapa de antesis, pero mayor calidad nutricional en etapa de embuche. Las líneas de triticale tuvieron un ciclo de crecimiento más largo, mostrando en algunos casos rendimientos de forraje

superiores a las variedades de triticale y avena, así como contenidos similares de **PC** en comparación con las variedades comerciales. Los genotipos con mayores rendimientos de **MS** fueron las líneas de triticale, destacando L2 (8.1 t ha<sup>-1</sup>) y L3 (8.7 t ha<sup>-1</sup>) en etapa de embuche y líneas L1 (10.9 t ha<sup>-1</sup>) y L2 (9.3 t ha<sup>-1</sup>) en etapa de antesis. En contenido de **PC** destacaron las líneas L5 y L4 obteniendo promedios similares a las variedades de triticale en etapas de embuche y antesis (135.05 g kg<sup>-1</sup> MS y 80.35 g kg<sup>-1</sup> MS). La introducción de nuevos materiales de triticale representa una alternativa viable para optimizar los sistemas de producción de forraje en condiciones de temporal para zonas de valles altos del estado de México.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Baier A.C. 1991.** Triticale in warmer areas: Is its efficiency in nutrient up-take enough to bring farmer acceptance?. *In: Wheat for the nontraditional warm areas.* D. A. Saunders(edit). UNDP/CIMMYT. México, DF. 85 p.
- Benbelkacem A. 2002.** Development and use of triticale (*X Triticosecale* Wittmack) in Eastern Algeria. *In: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Triticale Symposium* (Ed. E. Arseniuk), Vol. I, 283-286 pp. Radzików. Poland.
- Bocchi S, G. Slazzaroni, N. Berardo, T. Maggiore. 1996.** Evaluation of triticale as a forage plant through the analysis of the kinetics of some qualitative parameters from stem elongation to maturity. *In: Guedes-Pinto, H., Darvey, N., Carnide, V. P. (eds.), Triticale: Today and Tomorrow.* Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 827-834.
- Brignall D.M, M.R. Ward, W.J. Whittington. 1988.** Yield and quality of triticale cultivars at progressive stages of maturity. *J. Agric. Sci. Camb.* 111: 75-84.
- Cherney J.H. and G.C. Marten 1982.** Small grain crop forage potential: I. Biological and chemical determinants of quality and yield. *Crop Sci.* 22: 227-231.
- Collar C. and G. Aksland 2001.** Harvest Stage Effects on Yield and Quality of Winter Forage. *In: Proc. 31<sup>th</sup> California Alfalfa and Forage Symposium.*

- Fearon A.L., A. Felix and V.T. Sapra. 1990.** Chemical composition and *In Vitro* dry matter and organic matter digestibility of triticale forage. *J. Agron. & Crop Sci.* 164: 262-270.
- Ferret A. 2003.** Control de calidad de forrajes. Universidad Autónoma Barcelona. XIX Curso de especialización FEDNA. 137-150 p.
- Francois L.E, T.J. Donovan, E.V. Maas and G.L. Rubentaler 1988.** Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of triticale. *Agron. J.* 80(4): 642.
- García M.E. 1988.** Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen. México. D.F.
- Gomez K.A and A.A Gomez. 1984.** Statistical procedures for Agricultural Research. 2<sup>nd</sup> Edition; Editions: John Wiley & Sons, Inc. Canada. 241-272 p.
- Hadjichristodoulou A. 1976.** Effect of harvesting stage on cereal and legume forage production in low rainfall regions. *J. Agric. Sci, Cambridge* 86: 155-161.
- Juskiw PE, J.H. Helm and D.F. Salmon. 2000.** Forage Yield and Quality for Monocrops and Mixtures of Small Grain Cereals. *Crop Ecology, Production and Management.* Published in *Crop Sci.* 40:138-147.
- Lozano R., A.J, A. Hernández S., R. González I. and H. Béjar M. 2004.** Triticale in México. Triticale improvement and production. Edition: Mohamed Mergoum. Food and agriculture organization of the united nations (Roma). 123-129 p.
- Lozano R., A.J., S.A. Rodríguez H., H. Díaz S., J.M. Fuentes R., J.M. Fernández B., J.M.F. Narváez M. y V.M. Zamora V.. 2002.** Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (X Triticosecale Wittmack) y ballico anual (*Lolium multiflorum*) en Navidad, N.L. *Téc Pecu Méx* 2002; 40(1): 17-35 p.
- Nelson C.J. and L.E. Moser. 1994.** Plant factors affecting forage quality. p. 115-154. In G. C. Fahey (cd.) *Forage quality, evaluation, and utilization.* ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Oettler G. 2005.** The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. Centenary Review. State Plant Breeding Institute, University of Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70599 Stuttgart, Germany. *Journal of Agricultural Science,* 143, 329-346.
- Royo C. 1992.** El Triticale. Bases para el cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 96 p.



**Rojas G.C, A. Catrileo S., M. Manríquez B. y F. Calaba F.. 2002.** Evaluación de la época de corte de triticale para ensilaje. *Agric. Tec. (Chile)* 64: 34-40.

**Royo C, A. Serra., J. Puigdomenec and M. Aragay 1998.** Yield and quality of triticale cv Trujillo and barley cv Flika grown for different end-uses in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communications*. 26(2): 169.

**Van-Barneveld R.J. 2002.** Triticale. A Guide to the Use of Triticale in Livestock Feeds. Kingston, Australia: Grains Research and Development Corporation.

**Ye-Che W.E, H. Díaz S., A.J. Lozano R., V.M. Zamora V. y M.J. Ayala O. 2001.** Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc Pec Méx* 2001; 39(1): 15-30.

**Zamora V. V.M, A.J. Lozano R., A. López B., M.H. Reyes V., H. Díaz S., J.M. Martínez R., J.M. Fuentes R. 2002.** Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. México. *Técnica Pecuaria en México* 40(3):229-242.

**Cuadro 1.** Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza para la producción de forraje y signación de la materia seca. Verano 2005.

F. V.	GL	NT	LT	MS	PST	PSH	RHT
<b>Bloques</b>	3	0.24 ns	1.60 ns	0.49 ns	0.35 ns	0.55 ns	0.11 ns
<b>Genotipos</b>	8	5.78 **	6.85 **	8.47 **	15.96 **	19.51 **	4.58 **
<b>Etapas</b>	2	19.00 **	5676.23 **	95.84 **	50.72 **	3.95 ns	44.76 **
<b>G X E</b>	16	3.22 *	17.06 **	10.28 **	0.18 ns	6.88 **	2.13 ns
<b>C. V. (%)</b>		9.26	2.51	9.08	15.54	8.25	16.34

ns = no significativo; \* Significativo al 0.05; \*\* Significativo al 0.01.

**Cuadro 2.** Días de crecimiento (DC) y medias generales de dos etapas de corte para número de tallos por m<sup>2</sup> (NT), longitud de tallo (LT), materia seca (MS), peso seco de tallo (PST), peso seco de hoja (PSH) y relación hoja/tallo (RHT). Verano 2005.

Etapas de corte	DC	NT	LT	MS	PST <sup>†</sup>	PSH <sup>‡</sup>	RHT
	d		Cm	t ha <sup>-1</sup>	g		
<b>Embuche</b>	68	390 a <sup>‡</sup>	65.1 b	6.4 b	17.0 b	7.2 a	0.45 a
<b>Antesis</b>	88	347 b	114.0 a	8.3 a	23.4 a	7.6 a	0.33 b
<b>DMS (0.05)</b>		21	1.4	0.4	2.0	0.4	0.04

<sup>†</sup> Peso seco de una muestra de 10 tallos; <sup>‡</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05).

**Cuadro 3.** Valores medios y análisis de varianza para días de crecimiento, producción de forraje y asignación de materia seca en cinco líneas de triticale, dos variedades de triticale (SUPREMO, SIGLO 21) y una avena (CEVAMEX), durante las etapas de embuche y antesis. Verano 2005.

Tratamiento	DC	NT	LT	MS	PST <sup>†</sup>	PSH <sup>†</sup>	PSE <sup>†</sup>	RHT
	d		Cm	t ha <sup>-1</sup>	g			
<b>Etapas de embuche</b>								
L1	72	397 cd <sup>‡</sup>	65.1 bc	6.4 cd	23.7 a	8.5 a	---	0.36 c
L2	71	441 ab	67.5 b	8.1 ab	14.6 b	8.1 ab	---	0.58 a
L3	70	429 bc	67.9 b	8.7 a	16.7 b	6.9 bc	---	0.45 abc
L4	71	324 ef	60.6 cd	7.2 bc	23.4 a	8.0 ab	---	0.35 c
L5	65	388 d	62.1 bcd	5.9 d	16.6 b	7.2 bc	---	0.43 abc
SIGLO 21	63	311 f	57.3 d	3.6 e	12.8 b	6.3 c	---	0.49 abc
SUPREMO	69	353 e	66.1 bc	5.9 d	15.1 b	8.0 ab	---	0.53 ab
CEVAMEX	63	475 a	74.1 a	5.8 d	12.9 b	4.8 d	---	0.38 bc
DMS (0.05)		36	6.0	1.0	6.1	1.2	---	0.16
<b>gl</b> <span style="float: right;"><b>Valores de F</b></span>								
Avena vs. TCL	1	59.70 ***	23.88 ***	5.04 *	4.62 *	39.55 ***	---	2.08 ns
SUP vs. S21	1	6.23 *	10.01 **	25.21 ***	0.70 ns	8.77 *	---	0.20 ns
VTCL vs. LTCL	1	42.22 ***	3.18 ns	91.11 ***	8.98 **	2.88 ns	---	2.91 ns
Entre LTCL	4	10.71 **	4.22 *	11.86 **	3.09 ns	2.58 ns	---	1.94 ns
C.V. (%)		5.25	5.25	8.58	20.46	9.74	---	20.29
<b>Etapas de antesis</b>								
L1	95	368	122.3 a <sup>‡</sup>	10.9 a	28.6 a	7.3 cd	6.6 bc	0.26 e
L2	91	396	122.4 a	9.3 ab	22.9 b	7.4 c	5.4 c	0.33 bcd
L3	90	339	105.5 d	8.5 b	23.7 b	7.3 cd	7.2 b	0.31 cd
L4	92	316	112.6 bc	8.4 b	30.3 a	11.0 a	8.8 a	0.36 b
L5	88	335	117.6 ab	8.4 b	23.5 b	6.8 cd	6.3 bc	0.29 cde
SIGLO 21	81	365	107.5 cd	7.9 bc	19.1 c	6.3 d	6.0 c	0.33 bc
SUPREMO	90	285	106.3 cd	6.0 c	21.1 bc	9.4 b	6.6 bc	0.44 a
CEVAMEX	75	371	117.0 ab	7.4 bc	18.1 c	5.1 e	5.7 c	0.28 de
DMS (0.05)		NS	6.6	2.0	3.4	1.1	1.2	0.05
<b>gl</b> <span style="float: right;"><b>Valores de F</b></span>								
Avena vs. TCL	1	0.76 ns	2.25 ns	2.50 ns	26.01 ***	57.93 ***	5.88 *	9.46 **
SUP vs. S21	1	3.68 ns	0.15 ns	4.46 ns	1.65 ns	37.19 ***	1.14 ns	24.77 ***
VTCL vs. LTCL	1	1.08 ns	0.15 ns	15.97 **	36.74 ***	0.14 ns	3.27 ns	37.39 ***
Entre LTCL	4	1.58 ns	8.61 **	5.05 *	5.93 *	36.82 ***	8.15 **	16.42 ***
C.V. (%)		14.74	3.31	13.32	8.29	8.05	10.47	8.33

<sup>†</sup> Peso seco de una muestra de 10 tallos; <sup>‡</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05); ns = no significativo; \* Significativo al 0.05; \*\* Significativo al 0.01.

**Cuadro 4.** Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza para contenido nutricional del forraje. Verano 2005.

<b>F. V.</b>	<b>GL</b>	<b>CZ</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>PC</b>	<b>ENL</b>	<b>ENG</b>	<b>VAR</b>
<b>Etapa</b>	2	260 **	659 **	543 **	422 **	860 **	898 **	830 **
<b>Genotipos</b>	8	54 **	19 **	22 **	12 **	21 **	22 **	25 **
<b>G X E</b>	16	12 **	13 **	13 **	8 **	15 **	15 **	18 **
<b>C. V. (%)</b>		2.7	1.4	1.6	5.8	0.9	2.0	1.8

ns = no significativo; \* Significativo al 0.05; \*\* Significativo al 0.01.

**Cuadro 5.** Comportamiento promedio de dos épocas de corte para el contenido nutricional del forraje de triticale y avena. Verano 2005.

<b>Etapa de corte</b>	<b>CZ</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>PC</b>	<b>ENL</b>	<b>ENG</b>	<b>VAR</b>
	g kg <sup>-1</sup> MS				MCal kg <sup>-1</sup> MS		
<b>Embucho</b>	103.0 a <sup>‡</sup>	542.9 b	323.7 b	122.5 a	1.37 a	0.76 a	109 a
<b>Antesis</b>	88.5 b	615.7 a	370.0 a	79.7 b	1.25 b	0.61 b	91 b
<b>DMS (0.05)</b>	1.9	6.0	4.2	4.4	0.01	0.01	1

<sup>‡</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05).

**Cuadro 6.** Valores medios y análisis de varianza para composición química y contenido nutricional de forraje en cinco líneas de triticale, dos variedades de triticale (SUPREMO, SIGLO 21) y una avena (CEVAMEX), durante las etapas de embuche y antesis. Verano 2005.

Tratamiento		CZ	FDN	FDA	PC	ENL	ENG	VAR
		g kg <sup>-1</sup> MS				MCal kg <sup>-1</sup> MS		
<b>Etapas de embuche</b>								
L1		102.0 bc <sup>‡</sup>	539.9 bc	319.4 b	108.9 c	1.37 c	0.75 c	110 b
L2		102.8 bc	532.2 cd	322.2 b	106.0 c	1.36 c	0.74 c	112 b
L3		98.9 c	521.7 de	303.9 c	127.0 b	1.42 a	0.81 a	116 a
L4		99.3 c	507.6 e	305.6 c	131.1 b	1.42 a	0.81 a	119 a
L5		108.0 ab	544.4 bc	318.8 b	139.0 ab	1.40 ab	0.79 ab	110 b
SIGLO 21		113.5 a	552.3 b	326.0 b	146.6 a	1.39 b	0.78 b	107 b
SUPREMO		112.7 a	551.4 b	323.2 b	108.0 c	1.36 c	0.75 c	108 b
CEVAMEX		86.7 d	594.0 a	370.2 a	113.1 c	1.28 d	0.64 d	94 c
DMS (0.05)		7.3	18.1	8.4	13.5	0.02	0.02	5
	gl	<b>Valores de F</b>						
Avena vs. TCL	1	61.01 ***	96.90 ***	373.11 ***	5.84 *	264.01 ***	287.61 ***	130.25 ***
SUP vs. S21	1	0.05 ns	0.01 ns	0.59 ns	43.43 ***	11.08 *	8.47 *	0.07 ns
VTCL vs. LTCL	1	34.28 ***	23.90 **	24.32 **	2.02 ns	7.91 *	7.77 *	26.15 ***
Entre LTCL	4	3.19 ns	4.77 ns	8.01 *	23.42 **	17.50 **	26.64 **	5.81 *
C.V. (%)		3.1	1.4	1.1	4.8	0.7	1.4	1.9
<b>Etapas de antesis</b>								
L1		74.4 d <sup>‡</sup>	585.5 d	352.3 c	75.7 cd	1.28 a	0.64 a	98 a
L2		79.0 c	616.9 bc	381.0 a	69.1 cd	1.22 d	0.58 d	89 cd
L3		85.2 b	612.8 bc	369.8 ab	65.3 d	1.24 bcd	0.60 bcd	91 bc
L4		87.0 b	636.4 a	379.3 a	78.5 bcd	1.23 cd	0.59 cd	87 d
L5		86.4 b	605.7 c	357.0 bc	82.2 abc	1.28 a	0.64 a	94 b
SIGLO 21		106.9 a	598.8 cd	369.6 ab	91.0 ab	1.25 abc	0.62 abc	93 b
SUPREMO		105.8 a	627.8 ab	369.4 ab	93.3 a	1.26 ab	0.63 ab	89 cd
CEVAMEX		83.4 b	641.6 a	381.6 a	82.7 abc	1.23 cd	0.59 cd	86 d
DMS (0.05)		4.0	18.9	16.3	13.7	0.03	0.04	4
	gl	<b>Valores de F</b>						
Avena vs. TCL	1	20.13 **	22.89 **	6.19 *	0.57 ns	4.86 ns	4.35 ns	23.73 **
SUP vs. S21	1	0.44 ns	12.56 **	0.00 ns	0.14 ns	0.12 ns	0.09 ns	7.36 *
VTCL vs. LTCL	1	546.90 ***	0.15 ns	0.15 ns	26.50 ***	1.78 ns	2.44 ns	0.31 ns
Entre LTCL	4	326.20 ***	9.79 *	4.67 ns	1.91 ns	5.50 *	4.45 ns	12.28 **
C.V. (%)		2.0	1.3	1.9	7.4	1.2	2.8	1.7

<sup>‡</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05); ns = no significativo; \* Significativo al 0.05; \*\* Significativo al 0.01.

## **ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN DIECISIETE**

### **GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

*Delfina de Jesús Pérez López*<sup>1</sup>

*Andrés González Huerta*<sup>1</sup>

*Omar Franco Mora*<sup>1</sup>

*Carlos Díaz Hernández*<sup>2</sup>

*Antonio Rivera Peña*<sup>2</sup>

*Carlos Ramón Garay*<sup>3</sup>

### **RESUMEN**

Se evaluaron 17 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental constó de cuatro surcos de 5 m de longitud y 0.80 m de ancho. Número de tallos, altura y peso total de planta, número, diámetro y longitud de tubérculo, índice de cosecha y rendimiento por parcela fueron analizados con el análisis de varianza, la comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) y con la metodología multivariada genotipo por variable; también se estimó la variabilidad genética entre clones ( $H^2$ ) y la respuesta a la selección. En la variedad Zafiro se detectó el máximo rendimiento ( $16.91 \text{ t ha}^{-1}$ ), una longitud de tubérculo de 13.80 cm e índice de cosecha de 72.23%. Las estimaciones de  $H^2$ , superiores al 50 %, sugieren una importante contribución de la varianza genética en la expresión fenotípica de las características evaluadas. En el análisis genotipo por variable los componentes principales 1 (57%) y 2 (21%) explicaron el 78 % de la variabilidad original; un mayor rendimiento de tubérculo podría obtenerse al favorecer la expresión fenotípica de las características del tubérculo, así como un mayor número de tallos y de tubérculos por planta. Los valores de la selección

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). Facultad de Ciencias Agrícolas, Toluca, Estado de México. Tel. 01 (722) 296 55 31. Fax: 01 (722) 296 55 29. Ext. 148. Correo electrónico: djperez@uaemex.mx .

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Programa Nacional de Papa. Metepec. Estado de México, Tel. 01 (722) 232 00 89.

<sup>3</sup> Ex. Alumno. Especialidad de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMéx.

masal sugieren que esta técnica podría emplearse para adaptar al cultivo a esta región en siembras de temporal, suelos de baja fertilidad y con un paquete tecnológico de capital limitado, debido a que también el rendimiento y sus componentes están correlacionados positivamente y los valores de  $H^2$  fueron mayores al 80 %.

**Palabras claves:** *Solanum tuberosum*, rendimiento de tubérculo, variabilidad genética, análisis multivariado.

#### SUMMARY

There were evaluated 17 potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) in a randomized complete block design with three replicates. The experimental plot consisted of four rows of 5 m of length and 0.80 m of with. Number of stems, plant height, and total plant weight, number, length and diameter of tuber, harvest index and yield for plot were analyzed with analysis of variance, comparisons of treatment means, and genotype x trait multivariate analysis. Also it was considered the genetic variability between clones and the mass selection response. In the Zafiro variety was detected the greater tuber yield, length tuber of 13.80 cm and harvest index of 72.23 %. The estimations of  $H^2$ , up to 50 %, suggest an important contribution of the genetic variance in the phenotypic expression of the evaluated characters. In the genotype x trait analysis, components 1 and 2 explained 78 % of the original variability. A greater tuber yield could obtain when favoring the phenotypic expression of the tuber characteristics, a greater number of stems and tubers by plant. The values of mass selection suggest this technique could be used to adapt the crop to this region in sowings of limitation weather, low fertility soils and with a technological package of limited capital.

**Key word:** *Solanum tuberosum*, tuber yield, genetic variability, multivariate analysis.

## **INTRODUCCIÓN**

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo ampliamente sembrado en el mundo, contribuye aproximadamente con el doble de calorías que el arroz y el trigo, y se puede encontrar desde el trópico hasta las zonas templadas, a una altitud de 0 hasta 4 000 m (Milton y Allen, 1995). Esta especie muestra gran adaptación a distintas condiciones de clima y suelo, por lo que tiene alto potencial de rendimiento, aún en las Sierras y Valles Altos de México; su adaptabilidad a ambientes marginales, su contribución a la alimentación de los pequeños productores, su flexibilidad en los sistemas agrícolas y sus usos múltiples, hacen de este cultivo un componente importante de una estrategia que contribuye a mejorar el bienestar de las comunidades rurales y a vincular a los pequeños productores con los mercados (Scout *et al.*, 2000). El Fresno Nichi es una localidad del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México, donde predominan ambientes adversos y una agricultura de subsistencia, por lo que la introducción de variedades de papa, como una alternativa de producción, podría resultar beneficiosa. El presente trabajo tuvo como objetivo principal identificar variedades sobresalientes considerando que su expresión agronómica está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales que son variables, no siempre óptimas y limitantes en la mayoría de los casos, así como estimar la variabilidad genética entre clones, la respuesta a la selección y la relación entre peso del tubérculo y sus componentes del rendimiento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Descripción del área de estudio*

El Fresno Nichi está ubicado a 20 km al Sur de la Cabecera Municipal de San Felipe del Progreso, a una altitud de 2890 m y a 19° 34' de Latitud Norte y 99° 56' 38'' de Longitud

Oeste del Meridiano de Greenwich. El clima predominante es C(W<sub>2</sub>) (w)(b) ig, que corresponde al templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 12.5° C; las heladas tempranas se presentan en septiembre y octubre y las tardías en abril. La precipitación pluvial media anual es de 980 mm. La topografía predominante en la región es montañosa y los terrenos donde se siembra maíz, el cultivo principal en este municipio, tienen pendientes hasta del 15 %. La vegetación predominante está asociada con las coníferas, arbustos y pastos anuales; las gramíneas se explotan bajo condiciones de temporal. Entre la fauna existente destacan las siguientes especies: conejo, zorrillo, armadillo, tuza, hurón, tlacuache, ardilla, cacomixtle, rata de campo, coyote y diversos tipos de aves, avispas y reptiles (Pérez *et al.*, 1999).

#### *Material genético*

Se incluyeron 17 genotipos de papa proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), identificadas como 791530, 7718335, Zafiro, 676171, 776943, Malinche, 750660, Tollocan, 7819933, Norteña, Monserrat, 787110, Michoacán, Alpha, Lupita, 771A11 y 672014.

#### *Diseño y tamaño de la parcela experimental*

Los 17 genotipos o tratamientos se aleatorizaron en campo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 5.0 m metros de longitud y 0.80 m de ancho (16 m<sup>2</sup>); como parcela experimental útil se consideró a los dos surcos centrales (8 m<sup>2</sup>).



*Desarrollo del trabajo experimental*

La siembra se hizo el 5 de junio del 2001; en forma manual se depositó un tubérculo cada 40 cm para manejar una densidad de población de 31, 250 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . El tratamiento de fertilización fue 60N-110P-60K, empleándose como fuentes a la urea (46 % de N), al fosfato de amonio (18-46-00) y al cloruro de potasio (60% de KCl) y se aplicó al momento de la siembra. Para el control preventivo y curativo de tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) se utilizaron mancozeb y ridomil en polvo, respectivamente, en dosis de 1  $\text{kg ha}^{-1}$  en 200 L de agua; se realizaron seis aplicaciones a intervalos de 15 días, del 1 de julio al 30 septiembre. Para el control de la “pulga saltona” (*Epitrix sp.*) se utilizó paratión metílico, a razón de 1 a 2  $\text{L ha}^{-1}$  en 200 litros de agua; en total se hicieron cuatro aplicaciones cada 15 días. El control de malezas se hizo aplicando el metribuzin (polvo) en dosis de 250  $\text{g ha}^{-1}$  en 200 litros de agua, postemergente al cultivo.

*Variables de estudio*

Los datos registrados en el experimento para cada carácter agronómico se tomaron en un tamaño de muestra de 10 plantas por parcela experimental útil; éstas fueron: altura de planta (de la base del tallo principal al ápice y se expresó en cm), número de tallos por planta, peso de tubérculo por planta (en g), peso de follaje (se pesó el follaje fresco de las 10 plantas muestreadas y su promedio aritmético se expresó en g), número de tubérculos por planta, diámetro de tubérculo (de la parte central del tubérculo, expresada en cm), longitud del tubérculo (en cm), índice de cosecha (rendimiento agronómico sobre rendimiento biológico, en %), rendimiento por parcela útil (de todas las plantas de la parcela útil) y el rendimiento por hectárea (peso total de tubérculos en la parcela útil, en  $\text{t ha}^{-1}$ ).

### *Análisis estadístico*

Los resultados se interpretaron con un análisis de varianza, con la comparación de medias de tratamientos (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) y con la metodología multivariada, genotipo por variable (González *et al.*, 2007). Adicionalmente, se calculó la heredabilidad en sentido amplio como un indicador de variabilidad genética entre variedades con los valores esperados de los cuadrados medios del análisis de varianza, y la respuesta a la selección se estimó con la fórmula general de la selección masal ( $R_{MS}$ ). Debido a que los genotipos (variedades) a evaluar se propagaron vegetativamente y en ausencia de variabilidad genética dentro de ellos, la estimación de la heredabilidad para cada variable respuesta se hizo empleando  $H^2 = (\sigma^2_g / \sigma^2_f) \times 100$ , donde  $\sigma^2_g$  es la varianza genética y la  $\sigma^2_f$  varianza fenotípica. La respuesta a la selección se calculó como  $R_{ms} = i \sigma^2_A / 2 \sigma_f$ , donde  $i = 2.063$  es la intensidad de la selección (equivalente a una presión de selección,  $p = 5\%$ ),  $\sigma^2_A$  es la varianza genética aditiva ( $= \sigma^2_g$ , en este estudio) y  $\sigma_f$  es la desviación estándar fenotípica (Márquez, 1985).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El valor de F para variedades fue altamente significativo ( $P=0.01$ ) en siete caracteres cuantitativos, excepto en longitud de tubérculo (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Victorio *et al.* (1986). En altura de planta, Norteña (42 cm) difirió significativamente de los 16 genotipos restantes; 676171, 7718335, 771A11 y Michoacán mostraron los promedios más pequeños (28.53, 28.66, 28.63 y 27.20 cm). En el número de tallos por planta, Zafiro, Alpha y 676171 difirieron significativamente de los demás genotipos, con un promedio de 5.23, 5.23 y 5.13, en el mismo orden. Esta característica

influye notablemente en el número de tubérculos por planta, por lo que es importante favorecerla debido a que, según Rousselle *et al.* (1999) y Estrada (2000), también repercutirá en el rendimiento de tubérculo por unidad de superficie. Para peso de follaje, Norteña (367.3 g) difirió significativamente de los otros genotipos; ésta también produjo un rendimiento de tubérculo ( $12.53 \text{ t ha}^{-1}$ ) mayor que la media del experimento y la variedad con el menor peso de follaje fue Michoacán (111.3 g). En número de tubérculos, el mayor promedio aritmético correspondió a Norteña (10.33), seguida de Zafiro (8.03), Alpha (6.46) y Malinche (6.40), pero los otros 10 genotipos fueron estadísticamente iguales (de 3.73 a 5.20 tubérculos); el número de tubérculos está genéticamente controlado y depende del número de tallos por planta (Estrada, 2000). En peso de tubérculo, Norteña (370.67 g) difirió significativamente del resto de los genotipos, seguida de Alpha (326.80 g) y Zafiro (314.20 g), los menores pesos se registraron en 776943 (123.57 g) y Tollocan (121.53 g); estos resultados fueron similares a los reportados por Romero *et al.* (2003). El mayor diámetro de tubérculo se registró en Zafiro (13.80 cm). Por el tamaño comercial del tubérculo (Macias *et al.*, 1997), éste se clasifica dentro de la primera categoría, o calidad extra (8 a 10 cm); Monserrat (13.13 cm) y Alpha (12.96 cm), también pertenecen a este grupo. Por otra parte, Zafiro también tuvo mayor longitud de tubérculo (14.56 cm) y mayor rendimiento ( $16.91 \text{ t ha}^{-1}$ ). En índice de cosecha, Zafiro fue la más sobresaliente (72.33%) y el resto de los genotipos fluctuaron entre 40 y 67 % (Cuadro 2); estos resultados son similares a los obtenidos en dos localidades ubicadas a una altitud de 230 m (costa) y 3278 m (sierra), en la costa se registraron valores entre 33 y 75 % y en la sierra entre 73 y 83% (Victorio *et al.*, 1986). En otros estudios se registraron valores de 64 %

(Álvarez *et al.*, 1990), de 70 a 75 % (Mc Collum, 1978) y entre 65 y 70 % (Ezequiel y Bharagava, 1993).

En la actualidad, se ha dado mayor importancia al incremento en el índice de cosecha con la suposición de que una mayor partición de biomasa a los tubérculos contribuirá a un mayor rendimiento por hectárea. Los mayores rendimientos se registraron en Zafiro, Norteña, Malinche y Alpha (16.91, 12.53, 12.07 y 11.41 t ha<sup>-1</sup>), pero éstos son inferiores a los observados en el Valle de Toluca. Estas diferencias se atribuyen a que la productividad de las variedades en El Fresno Nichi estuvo por debajo del potencial productivo de 23 t ha<sup>-1</sup> que se ha obtenido en este Valle. Hernández (1997) evaluó la variedad Alpha y también obtuvo un rendimiento de 24.34 t ha<sup>-1</sup>, superior a 11.41 t ha<sup>-1</sup> que se obtuvo en el presente estudio. En otros estudios se ha observado que los factores ambientales y las propiedades físico-químicas de los suelos fueron desfavorables, reduciendo los rendimientos potenciales de las variedades hasta en un 70 % (Boyer, 1982).

En lo que respecta a la metodología multivariada, genotipo por variable, los componentes principales 1 (57%) y 2 (21%) explicaron el 78 % de la variabilidad original, por lo que las correlaciones aproximadas que se observaron en el biplot pueden interpretarse confiablemente (Figura 1). El rendimiento de tubérculo se correlacionó positiva y significativamente con la mayoría de las variables evaluadas, excepto con altura de planta (AP) y peso de follaje (PF); la CP<sub>1</sub> estuvo determinada principalmente por longitud (LT), diámetro (DT), peso de tubérculo por planta (PT), rendimiento por parcela (RP, Rha), número de tallos (NT) y número de tubérculos por planta (TP), mientras que la CP<sub>2</sub> se asoció principalmente con altura de planta (AP), peso de follaje (PF) e índice de cosecha (IC). Estos resultados sugieren que un mayor rendimiento de tubérculo podría obtenerse principalmente al favorecerse la expresión fenotípica de las características del tubérculo,

así como un mayor número de tallos y de tubérculos por planta. La superioridad de Zafiro (3) y de Malinche (6), Cuadro 2, se atribuye a sus altos promedios aritméticos en IC, LT, DT y RP; Alpha (14) sobresalió por su mayor NT, TP y PT, mientras que Norteña (10), además de alto PT y Rha, también sobresalió por su mayor AP y PF. El resto de las variedades, clasificadas en dos grupos (Grupo 1= 1, 5, 9, 12, 17; Grupo 2 = 2, 7, 8, 13, 15, 16), al ubicarse en otros sectores de la gráfica, (Figura 1), en general, presentan un comportamiento diferente al de las variedades previamente citadas, por lo que tuvieron menor rendimiento de tubérculo y menores promedios aritméticos en características de tubérculo y de planta. Debido a que el rendimiento de tubérculo es un carácter poligénico, éste está asociado con otros caracteres de planta y tubérculo y la selección indirecta practicada en estas variables podría afectar la expresión del rendimiento y su calidad (Estrada, 2000; Rousselle *et al.*, 1999). Las heredabilidades variaron de 42 a 92 % (Cuadro 3). Estos porcentajes son superiores a los reportados por Thomson *et al.* (1973). En el rendimiento de tubérculo la heredabilidad fue del 91.92 %, porcentaje similar al obtenido por Javier *et al.* (1974); estos autores concluyeron también que al seleccionar por peso del tubérculo, el éxito del mejoramiento dependerá del método y de la presión de selección elegida (p). Para cada uno de los caracteres evaluados, los resultados anteriores sugieren amplia variabilidad genética entre variedades de papa que podría emplearse en su mejoramiento genético. La respuesta a la selección masal por ciclo para altura de planta, número de tallos por planta, peso de follaje, número de tubérculos por planta, diámetro de tubérculo, longitud de tubérculo, peso de tubérculo por planta, índice de cosecha y rendimiento de tubérculo se presenta en el Cuadro 4. Esta técnica podría ser útil y económica para proporcionar mayor adaptación del cultivo a esta región y como una alternativa para siembras de temporal, suelos pobres y con un paquete tecnológico de

capital limitado. Los valores obtenidos en la selección masal sugieren que es posible mejorar el rendimiento de tubérculo y sus componentes del rendimiento en El Fresno Nichi, Estado de México, considerando como material de inicio a las 17 variedades de papa, sus valores de  $H^2$  y las correlaciones entre las variables involucradas, dentro de los límites señalados en éste y otros estudios.

## **CONCLUSIONES**

La pobre adaptación de las variedades de papa en El Fresno Nichi contribuyó a una disminución en el rendimiento de tubérculo hasta en un 50 % en comparación con el obtenido en el Valle de Toluca. En general, los genotipos tuvieron un tamaño de tubérculo comercial (entre 10.30 y 13.3 cm). Las heredabilidades en sentido amplio variaron de 42 a 92 %. El análisis multivariado genotipo x variable mostró que un mayor rendimiento de tubérculo podría obtenerse al favorecer la expresión fenotípica de las características del tubérculo, así como un mayor número de tallos y de tubérculos por planta. Por otro lado, la superioridad de Zafiro y de Malinche se atribuye a sus altos promedios aritméticos en índice de cosecha, longitud de tubérculo, diámetro de tubérculo y rendimiento por parcela; Alpha sobresalió por su mayor número de tallos, número de tubérculos y peso de tubérculo por planta, mientras que Norteña, además de alto peso de tubérculo por planta, rendimiento por hectárea y número de tubérculos, también sobresalió por su mayor altura de planta y peso de follaje. El resto de las variedades quedaron clasificadas en dos grupos: Grupo 1= 1, 5, 9, 12, 17; Grupo 2 = 2, 7, 8, 13, 15, 16. Los valores de la selección masal sugieren que esta técnica podría emplearse para adaptar al cultivo a esta región en siembras de temporal, suelos de baja fertilidad y con un paquete tecnológico de capital limitado, debido a que

también el rendimiento y sus componentes están correlacionados positivamente y los valores de  $H^2$  fueron mayores al 80 %.

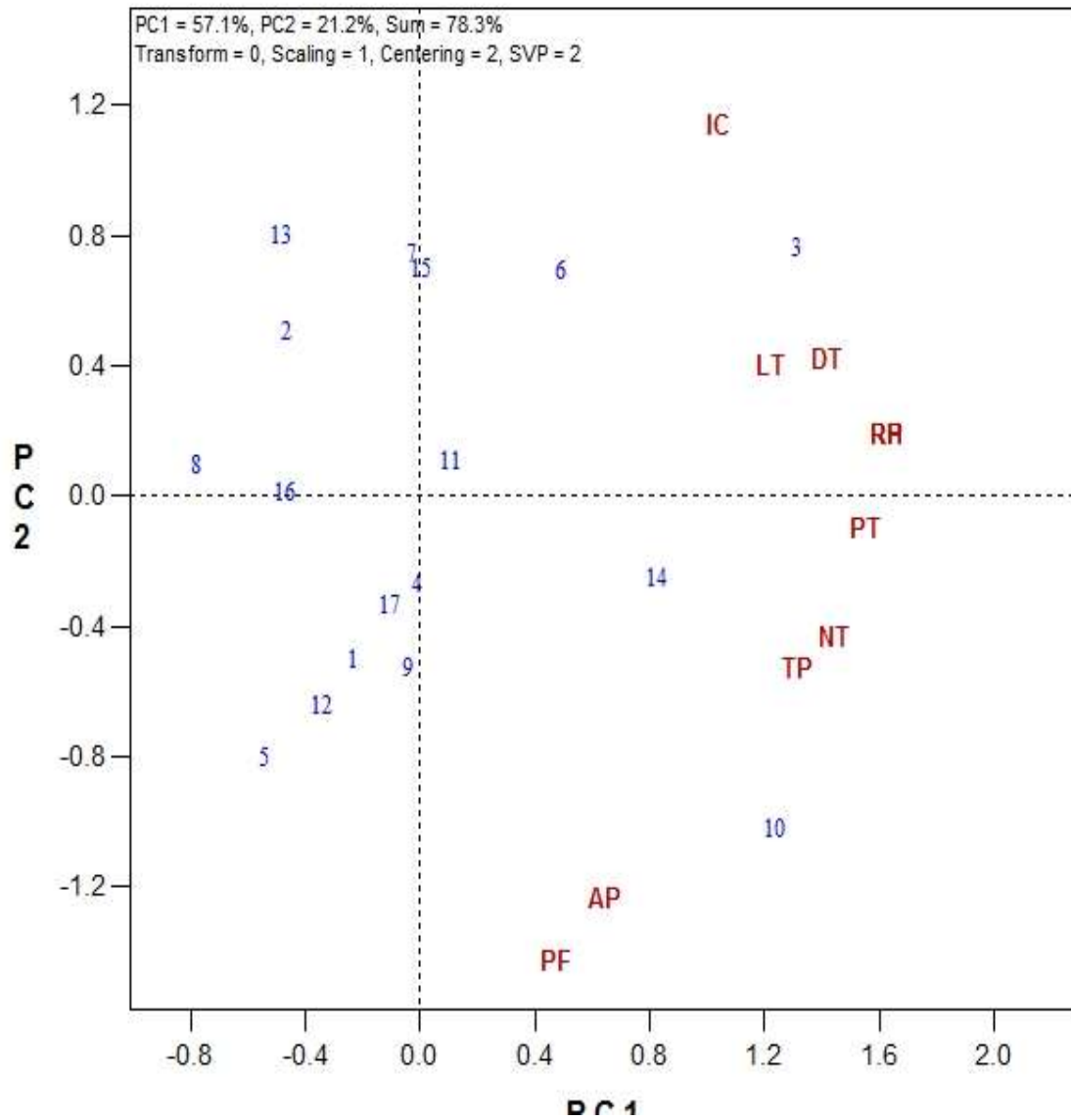


Figura 1. Representación de dos primeros componentes principales de nueve variables registradas en 17 variedades de papa evaluadas en El Fresno Nichi, Estado de México.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Álvarez, E. J., D. B. Etchevers, J. C. Ortíz., E. Núñez, H. J. Volke, Ch. Tijerina, and A. G. Martínez 1990. Phosphate nutrition of potato: Its effect on biomass production and accumulation. *J. Plant Nutrit.* 22: 205 -207.
- Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environment. *Science*, 218 p.
- Estrada, R. N. 2000. La Biodiversidad en el Mejoramiento Genético de la Papa. CIP-PROINCA-COLUDE-CID. La Paz, Bolivia. 372 p.
- Ezequiel, R. and S. C. Bharagava. 1993. Distribution of dry matter and nitrogen in potato plants as influenced by photoperiod. *Indian Journal Plant Physiology.* 36: 29-33.
- González, H. A., L. M. Vázquez G., J. Sahagún C., J. E. Rodríguez P. y D. J. Pérez, L. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la producción de mazorca. *Revista Agricultura Técnica en México.* 33(1): 33-42.
- Hernández, V. A. 1997. Análisis de crecimiento y rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Var. Alpha y Rosita, con base en unidades térmicas, fertilización y densidad de población. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México. 69p.
- Javier, T. G., J. Molina G., D. y E. Casas D. 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agrociencia* 16: 21-37.
- Macías V. L. M., L. Reyes, M., y F. J. Robles E. 1997. Guía para cultivar Papa en Aguascalientes. Folleto Técnico No.13. Fundación Produce-INIFAP. 66 p
- Márquez, S. F.1985. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo I A. G. T. Editor. México, 130 p.



- Mc. Collum, R. E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regimes. I. Tuber yields and allocation of dry matter and P. *Agronomy Journal* 70: 51-57.
- Milton, P. J. S. D. Allen. 1995. *Breeding Field Crops*. 4<sup>th</sup> Ed. Iowa State University Press, Ames, USA. 494p.
- Pérez, L. D. J., V. Landeros F., A. González H., R. Serrato C., A. Contreras R. y G. Sarmiento M. 1999. Diagnóstico de la productividad de maíz de grano blanco en la parte alta de San Felipe del Progreso, México (Primera parte). *Agromisión*. 1(4): 1-5
- Romero, M. C., H. Lozoya S., y A. Hernández V. 2003. Adaptación por resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Toluca, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 9 (39): 193-198.
- Rousselle, P., Y. Robert, y J. C. Crosnier. 1999. *La Patata*. Traducción: Mateo Box. J. K. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- Scout, J. G. M., W. Rosegrant, y C. Ringler. 2000. Raíces y tubérculos para el siglo 21: Tendencias, proyecciones y opciones políticas. *Internacional Food Policy Research Institute*. Trad: INIA-MAPA. Gobierno de España (Resumen 2020. No. 66) 31p.
- Thompson, P. G., H. A. Mendoza, and R. L. Plaisted, 1983. Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an Andigena population. *American Potato Journal*. 60: 392-401.
- Victorio, R. G., U. Moreno and C. C. Blanck. 1986. Growth partitioning and harvest index of tuber -bearing *Solanum* genotypes grown in two contrasting Peruvian environments. *Plant Physiology*. 82: 103

*Genética Vegetal y Fisiología*

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F para nueve caracteres agronómicos registrados en 17 variedades de papa evaluadas en El Fresno Nichi, Estado de México, 2001.

F. V.	G.L.	AP	NT	PF	TP	PT	DT	LT	IC	RP
Repeticiones	2	53.48	5.50	11908.76	3.52	4880.92	0.5123	0.6925	208.79	5.107
Variedades	16	73.53**	1.85**	13124.79**	7.77**	15405.56**	2.86**	4.81 ns	339.12**	33.61**
Error	36	18.57	0.48	2999.69	2.73	4397.23	0.5450	2.77	93.21	2.717
C. V. %		12.7	16.75	27.06	30.05	32.64	6.20	12.94	19.36	32.35

ns= no significativo; \* o \*\* = significativo al 5 ó 1 %, respectivamente.

F.V.= fuente de variación; GL= grados de libertad; AP= altura de planta (cm); NT= número de tallos por planta; PF= peso de follaje (g); TP= número de tubérculos por planta; PT= peso de tubérculo por planta (g); DT= diámetro de tubérculo por planta (cm); LT= longitud de tubérculo (cm) ; IC= índice de cosecha (%); RP= rendimiento de tubérculo por parcela útil (kg).

Cuadro 2. Comparación de medias de genotipos (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) para rendimiento de tubérculo y componentes en 17 variedades de papa evaluadas en 2001 en El Fresno Nichi, Estado de México.

Núm.	Variedad	AP	NT	PF	TP	PT	DT	LT	IC	RP	Rha
1	791530	39.00 ab	4.50 abc	221.3 abc	4.36 b	154.23 bc	11.46 bcde	12.20 a	42.33 bc	3.60 d	4.50 d
2	7718335	28.66 b	2.96 c	146.3 bc	5.53 ab	206.00 abc	11.60 abcde	9.83 a	58.66 abc	2.53 d	3.16 d
3	Zafiro	33.00 ab	5.23 a	152.3 bc	8.03 ab	314.20 abc	13.80 a	14.56 a	72.33 a	13.53 a	16.91 a
4	676171	28.53 b	5.13 a	271.3 abc	5.20 b	203.23 abc	11.66 abcde	13.03 a	43.66 abc	4.10 cd	5.12 cd
5	776943	39.56 ab	3.56 abc	244.0 abc	5.03 b	123.57 c	10.40 e	11.46 a	34.00 c	3.06 d	3.82 d
6	Malinche	31.46 ab	4.46 abc	149.3 bc	6.40 ab	185.03 abc	12.20 abcde	13.56 a	66.66 ab	9.66 a	12.07 a
7	750660	30.03 ab	3.93 abc	135.6 bc	4.23 b	193.30 abc	12.86 abc	14.00 a	57.00 abc	3.70 d	4.62 d
8	Tollocan	28.96 ab	3.00 bc	175.3 bc	4.60 b	121.53 c	10.50 de	11.50 a	40.33 bc	1.53 d	1.91 d
9	1819933	33.76 ab	4.50 abc	280.3 ab	5.50 ab	204.00 abc	11.70 abcde	12.43 a	42.00 bc	4.36 cd	5.45 cd
10	Norteña	42.00 a	5.10 ab	367.3 a	10.33 a	370.67 a	12.73 abcde	13.83 a	56.33 abc	10.03 a	12.53 a
11	Monserrat	33.23 ab	4.06 abc	230.0 abc	4.70 b	215.87 abc	13.13 ab	13.96 a	50.66 abc	3.66 d	4.57 d
12	787110	39.53 ab	4.83 abc	205.0 abc	4.63 b	138.23 bc	10.70 cde	11.70 a	40.33 bc	2.80 d	3.50 d
13	Michoacán	27.20 b	3.26 abc	111.3 c	3.73 b	168.93 abc	10.30 bcde	13.26 a	53.33 abc	3.06 d	3.82 d
14	Alpha	39.10 ab	5.23 a	198.3 bc	6.46 ab	326.80 ab	12.96 ab	14.56 a	45.33 abc	9.13 abc	11.41 abc
15	Lupita	31.60 ab	3.76 abc	120.0 bc	4.66 b	198.60 abc	12.36 abcde	13.43 a	57.66 abc	4.83 bcd	6.03 bcd
16	771A11	28.63 b	3.46 abc	215.3 abc	4.63 b	132.07 bc	11.10 bcde	13.06 a	38.00 bc	2.86 d	3.57 d
17	676214	39.33 ab	3.56 abc	216.3 abc	5.50 ab	197.00 abc	11.70 abcde	12.23 a	47.00 abc	4.20 cd	5.25 cd
Media		33.74	4.15	202.33	5.50	203.13	11.89	12.94	49.86	5.06	6.36

X = media; AP= altura de planta (cm); NT= número de tallos por planta; PF= peso de follaje (g); TP= número de tubérculos por planta; PT= peso de tubérculo por planta (g); DT= diámetro de tubérculo por planta (cm); LT= longitud de tubérculo (cm); IC= índice de cosecha (%); RP= rendimiento de tubérculo por parcela útil (kg); Rha= rendimiento de tubérculo por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ).

Cuadro 3. Componentes de varianza genética ( $\sigma^2_g$ ), fenotípica ( $\sigma^2_f$ ) y heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) en 17 variedades de papa evaluadas en 2001 en El Fresno Nichi, Estado de México.

Componentes	AP	NT	PF	TP	PT	DT	LT	IC	RP
$\sigma^2_g$	18.32	0.4566	3375.03	1.68	3669.44	0.7717	0.680	81.91	10.30
$\sigma^2_f$	24.51	0.6166	4374.93	2.59	5135.18	0.9534	1.603	113.04	11.205
$H^2$	74.74	74.05	77.14	64.86	71.45	80.94	42.42	72.51	91.92

Cuadro 4. Predicción de la respuesta a la selección masal (Rsm) para 17 variedades de papa evaluadas en 2001 en El Fresno Nichi, Estado de México.

Variabes	AP	NT	PF	TP	PT	DT	LT	IC	RP
Rsm	3.8179	0.5995	52.6333	1.0768	52.8191	0.8152	0.5540	7.9525	3.1739

AP = altura de planta (cm); NT= número de tallos por planta; PF= peso de follaje (g); TP= número de tubérculos por planta; PT= peso de tubérculo por planta (g); DT= diámetro de tubérculo por planta (cm); LT= longitud de tubérculo (cm); IC= índice de cosecha (%); RP= rendimiento de tubérculo por parcela útil (kg).

## **EL CULTIVO DE DELFINIO (*Delphinium* sp.) EN EL ESTADO DE MÉXICO**

*Reyes Martínez, Velia*<sup>1</sup>  
*Grenón Cascales, Graciela Noemí*<sup>2</sup>  
*González Castellanos, Anacleto*<sup>3</sup>  
*González Nicanor, Araceli*<sup>4</sup>  
*Vázquez García, Luis Miguel*<sup>5</sup>

### **RESUMEN**

El Estado de México es el principal productor de flores a nivel nacional, en las zonas florícolas de esta entidad se cultiva un gran número de especies. El delfinio (*Delphinium* sp.) es una de las especies de reciente introducción, se estima que es en el Estado de México donde se concentra la mayor parte de los productores. Con la finalidad de obtener información acerca del cultivo, se buscó información en bibliotecas de diferentes Instituciones Educativas e Internet, además se aplicaron encuestas para conocer al cultivo de forma práctica tomando en cuenta aspectos de producción, manejo poscosecha, comercialización, uso y asistencia técnica.

El delfinio es una planta que puede cultivarse en diferentes tipos de suelos y bajo diferentes condiciones climáticas, es resistente a heladas, por lo que puede manejarse durante todo el año. La mayoría de los productores de delfinio se encuentran en los municipios de Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Tenancingo. La especie lleva cultivándose menos de 7 años y la superficie que se cultiva actualmente es de 2.5 ha aproximadamente.

<sup>1</sup>Autor responsable, correo electrónico: [reyes\\_yesailev@yahoo.com](mailto:reyes_yesailev@yahoo.com) Tel. 7222963836

<sup>2</sup>Coautor, correo electrónico: [grace\\_grenon@hotmail.com](mailto:grace_grenon@hotmail.com) Tel. 7222191771

<sup>3</sup>Coautor, correo electrónico: [anacleto\\_glez@hotmail.com](mailto:anacleto_glez@hotmail.com) Tel. 7222705214

<sup>4</sup>Coautor, correo electrónico: [aragonicanor@hotmail.com](mailto:aragonicanor@hotmail.com)

<sup>5</sup>Coautor, correo electrónico: [lmuvg@uaemex.mx](mailto:lmuvg@uaemex.mx)

Dentro del manejo poscosecha, el uso de soluciones preservativas es importante para alargar la vida en anaquel de las flores, las cuales son empacadas en bonches para su comercialización.

El delfinio es un cultivo de bajos requerimientos nutricionales y de mantenimiento que puede cultivarse bajo cualquier sistema de producción, la mayoría de los cultivares son resistentes a plagas y a algunas enfermedades, por todo lo anterior es un cultivo rentable ya que los costos de producción son muy bajos.

**Palabras clave:** Floricultura, flor de corte, cultivo, producción.

## **SUMMARY**

State of Mexico is the main producer of flower at national level, work a great number of species in the flowers fields of this State. *Delphinium* is one of the species of recent introduction, esteem that is in the State of Mexico where the majority of the producers is concentrated. In order to obtain data on this culture, one looked for information in libraries of different educative institutions and Internet; also surveys were applied to know the culture in a practical form taking in account aspects from production, postharvest handling, commercialization, use and technical attendance.

*Delphinium* is a plant that can be worked in different types from soils and under different climatic conditions, it is resistant to frosts, reason for which can be handled throughout the year. The majority of the producers of *Delphinium* are located in the municipalities of Coatepec Harinas, Villa Guerrero and Tenancingo, Mexico. The



specie has been cultivated less than seven years and the surface that is cultivated at the moment is of 2.5 ha approximately.

Within the postharvest handling, the use of conservatives solutions is important to extend the life is shelf of the flowers, which are packed in bunches for their commercialization. *Delphinium* is a culture of low nutritional requirements and of handling that can be cultivated under any production system, the majority of the varieties are resistant to plagues and some diseases, for those reasons it is a beneficial culture, apart from which the production costs are very low.

Key words: Floriculture, cut flower, culture, production.

## **INTRODUCCIÓN**

La diversidad climática de México permite desarrollar una gran diversidad de cultivos, entre ellos los florícolas. La floricultura se encuentra entre las actividades agrícolas de mayor rentabilidad y crecimiento productivo, siendo los floricultores mexiquenses los principales productores de flor de corte a nivel nacional y los mayores exportadores.

Dado el potencial del Estado de México en la producción de flores, en la actualidad no sólo se cultivan especies convencionales como crisantemos, gladiolos, claveles o rosas, en los últimos años la producción se ha diversificado encontrándose especies como gerberas, liliun, gypsophilas, liatris, fresias, delfinio, larkspur, campana de Irlanda, entre otras, las cuales día a día incrementan su producción y su demanda.

Entre las nuevas alternativas de producción se encuentra el delfinio (*Delphinium* sp.) una especie de reciente introducción, considerada dentro de los cultivos menores por la pequeña superficie cultivada, pero con una creciente demanda principalmente por sus

características ornamentales. El delfinio es una planta perenne que muestra largas inflorescencias en racimo y un extenso surtido de colores en sus diferentes gamas.

En México el delfinio se cultiva durante todo el año, su producción puede realizarse a cielo abierto o bajo invernadero, la principal forma de propagación es a partir de semilla. Los principales municipios productores de delfinio son Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Tenancingo. La superficie total cultivada de delfinio es de 2.5 ha para el Estado de México.

Sin embargo, para México no existe información con respecto al cultivo de esta especie por lo que es importante generar información que ayude a difundir y mejorar su producción y manejo. De tal manera que el objetivo del presente trabajo fue elaborar un diagnóstico del cultivo de delfinio (*Delphinium* sp.) en el Estado de México y de esta manera obtener información teórico-práctica referente al proceso de producción y manejo poscosecha del cultivo de esta especie.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

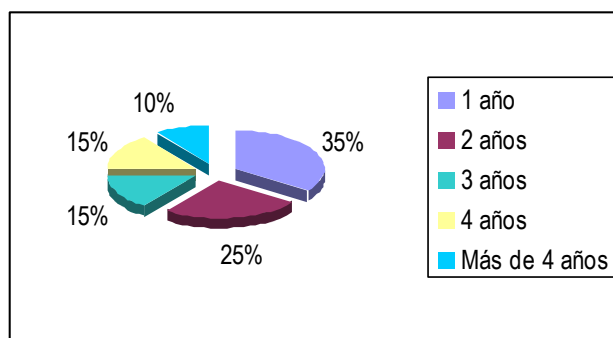
La elaboración del presente trabajo constó de tres etapas: 1) recopilación bibliográfica referente al cultivo, 2) localización de los productores y 3) aplicación de encuestas, para ello se formularon cuatro tipos de encuestas, estas estuvieron dirigidas a: productores de delfinio para flor cortada (en los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas, Zumpahuacán y Texcoco), productores de delfinio en maceta (Atlacomulco y Toluca), intermediarios de delfinio en los tres principales mercados de flor en México ( Mercado de la Flor de Tenancingo, Central de Abastos de la Ciudad de México y Mercado de Jamaica) y otra a floristas del centro de la Ciudad de Toluca. De esta manera se pudo obtener información documental y de campo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se aplicaron 20 encuestas a productores de flor de corte, encontrándose la mayoría de estos en los municipios de Villa Guerrero y Coatepec Harinas, cuatro encuestas a productores de delfinio en maceta de los cuales se encontraron dos en San Lorenzo Tlacotepec, uno en Villa Guerrero y uno en Toluca, 10 encuestas a intermediarios de delfinio en los siguientes mercados; Mercado de La flor de Tenancingo, Mercado de Jamaica y en la Central de Abastos de la Ciudad de México y siete encuestas a floristas del centro de la Ciudad de Toluca.

### *Aspectos relacionados a la producción de corte*

Los principales municipios productores de delfinio en el Estado de México son: Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Tenancingo, esta especie se ha cultivado desde hace 7 años (Figura 1), aunque la mayor parte de los productores tienen menos de cuatro años, la superficie de producción para cada productor oscila entre 1000 y 2000 m<sup>2</sup>, la superficie total es de 2.5 ha aproximadamente, el cultivo es totalmente rústico y se puede cultivar a cielo abierto y bajo cubierta, tal como lo menciona Larson (2004), siendo a cielo abierto donde más se produce. El ciclo de producción es de 15 semanas aproximadamente, aunque esto depende de la época y sistema de producción (PanamericanSeed, 2004).

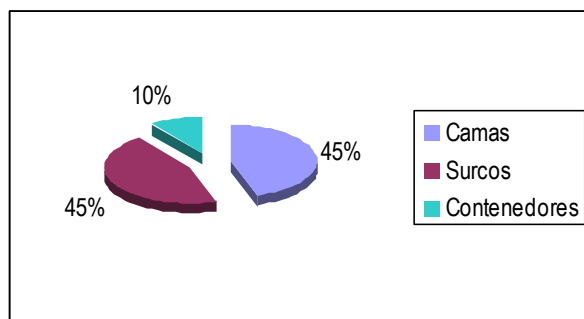


**Figura 1.** Tiempo que los productores llevan con el cultivo de delfinio  
*Recursos Naturales y Protección Ambiental*

La forma principal en que se obtiene la planta de delfinio es a partir de semilla, el 70% de los productores la compran y la germinan, sin embargo, el porcentaje de germinación es bajo debido a que es una especie que presenta problemas de viabilidad y uniformidad, asociados con la edad de la semilla (Hamrick, 2003; Pryce, *et al.*, 1993; Armitage, 1993 y Nau, 1996). El 30% de los productores obtienen las plántulas ya germinadas en charolas de 200 cavidades.

En general los productores mencionan que la germinación se da entre los 9 y 13 días, la cual está influenciada por las temperaturas y la humedad relativa de las zonas florícolas, lo que concuerda con lo mencionado por Nau (1999) y PanamericanSeed (2004).

La plantación se realiza en hileras, surcos y contenedores como son cajas de plástico y bolsas de polietileno (Figura 2).



**Figura 2.** Sistema de plantación en el cultivo de delfinio

La siembra y el trasplante se realiza durante todo el año, ya que el delfinio es una planta que resiste bien las bajas temperaturas, llegando a mantenerse fisiológicamente activa hasta los  $-2^{\circ}$  C, como lo menciona Larson (2004).

La mayoría de los productores realizan el trasplante a los dos meses después de la germinación tal como lo describen Holcomb y Beattie (1990).

El tiempo que transcurre del trasplante a la floración es de tres meses (55%), aunque puede variar dependiendo de la época del año como lo menciona PanamericanSeed (2004).

Los principales cultivares utilizados por los productores son: Bellamosum, Belladonna, Giant Pacific, Casa Blanca, Clear Spring, Guardian F1 y Magic Fountain, entre los nuevos cultivares utilizados se encuentran: Strake, Sea Waltz, Snow Waltz, Sky Waltz, Water Waltz y Trick.

Tal como se menciona en la literatura el riego se debe incrementar durante la estación cálida y cuando se inicia la floración, por otro lado Hamrick (2003), menciona que el suelo debe mantenerse húmedo pero no mojado, por lo que el uso de un sistema de riego tecnificado como lo es el de goteo tiene muchas ventajas, entre ellas podemos mencionar: un mejor uso del agua, así como en el suministro de la fertilización y la disminución de enfermedades principalmente de aquellas que se desarrollan en la base de la planta. El tipo de riego utilizado es por goteo (50%) y riego rodado (por gravedad) (50%).

Las principales labores de preparación del suelo son: limpieza, barbecho, rastreo, surcado o realización de camas y aplicación de materia orgánica, ésta última como lo menciona Griffiths (1992), es muy importante, ya que el delfinio se desarrolla en suelos con alta cantidad de materia orgánica.

Entre las labores culturales que se realizan se encuentran: la colocación de tutores, el deshierbe, el deshoje, el acomodo de varas, el levantado de surcos, así como el manejo de plagas y enfermedades.

El delfinio necesita de tutores para un buen desarrollo de la planta y obtener tallos florales de calidad, PanamericanSeed (2004) menciona que una línea de malla tutora de 15 x 15 cm es recomendada para cualquier zona florícola, ya que el uso de ésta mejora las actividades dentro del cultivo. Los productores colocan la malla tutora a los dos meses después del transplante cuando las plantas tienen entre 20 y 30 cm de altura.

Entre las plagas más importantes que presenta esta especie se encuentran: ácaros, araña roja, thrips, minador, pulgones, gusanos trozadores, babosas y caracoles (Griffiths, 1992; Dole y Wilkins, 2004; PanamericanSeed, 2004). Las principales enfermedades que atacan al cultivo son: cenicilla, moho gris, pudrición de la corona (causado por *Erwinia carotovora*) y enfermedades de pudrición causadas por el Complejo de Damping off (Hamrick, 2003; Powell y Lindquist, 1994; PanamericanSeed, 2004 y Dole y Wilkins, 2004).

#### *Aspectos de manejo poscosecha y comercialización*

En campo las plantas de delfinio se desarrollan de forma diferente y no se logra tener una unificación en la producción de los tallos florales, esto se debe a la inestabilidad genética de algunos cultivares en aspectos como son: diferencias en el color y altura irregular de las plantas, tal como lo mencionan Shizuca y Satoshi (1999).

La cosecha de los tallos se realiza por la mañana o por la tarde cuando las temperaturas son bajas para evitar la deshidratación de los tallos florales, el punto de corte que se toma es cuando existen de 2 a 5 flores abiertas en la inflorescencia lo que concuerda con

Armitage (1993) y Nell y Reid (2000).

La clasificación de los tallos florales y la elaboración de los bonches directamente en campo, de esta manera se realiza un mínimo manipuleo con lo que se evitan daños a los tallos. Los tallos florales se venden en bonches, colocándose entre 10 y 20 tallos, para la conformación de éstos se toma en cuenta la altura y el grosor de los tallos principalmente, sólo un 10% de los productores mencionan tomar en cuenta el número de botones abiertos.

Después de la conformación de los bonches, éstos son llevados al área de poscosecha y son hidratados, en algunos casos con algún preservador, en agua limpia con hipoclorito o solamente en agua limpia, posteriormente se transportan a los puntos de venta, el transporte se realiza en agua y de forma vertical para evitar el geotropismo positivo y el daño en las flores ya que éstas caen fácilmente bajo cualquier condición (Nell y Reid, 2000 y Dole y Wilkins, 2004).

Ichimura *et al.*, (2000) mencionan que las flores son altamente sensibles al etileno, lo cual es un problema en el mercado, por lo que el uso de los preservadores es importante para reducir los daños causados por esta hormona, sin embargo, sólo el 50% de los productores los utilizan.

Al igual que en otras especies, para el delfinio no existe un estándar de calidad para clasificar los tallos pues como lo menciona Beltrán (2005) la calidad, clasificación y estandarización de las flores no se ha tomado en cuenta en México debido a que la mayor parte de la producción se destina al mercado nacional.

Del total de la producción el 65% es comercializado en el mercado local (Mercado de la Flor de Tenancingo) (Figura 3), mientras que el 35% de la producción es dirigida al mercado nacional (Central de Abastos de la Ciudad de México).



Figura 3. Comercialización de delphinio en el Mercado de la Flor de Tenancingo.

Con respecto a la comercialización de la flor el 75% de los productores mencionó no tener ningún problema para vender su producto, el 15% de los encuestados presentó problemas alguna vez, debido al desconocimiento de la flor en el mercado. Como en la mayoría de las flores, el delphinio presenta las mismas fechas de venta (altas o bajas) en el mercado. Sin embargo, las fechas en que se tiene una mejor venta son en los meses de febrero, mayo, junio y julio (14 de febrero, 10 de mayo y clausuras escolares) debido a que el delphinio se utiliza principalmente para la confección de arreglos florales (Figura 4).





**Figura 4.** Arreglo floral con inflorescencias de delfinio

El precio promedio al que los productores venden su producto es de 15 pesos o menos (50%), el 25% menciona que lo vende de entre 16 y 20 pesos, mientras que un 20% vende su producto de 21 a 25 pesos y sólo un 5% lo venden a 30 pesos.

#### *Aspectos de costos de producción y rentabilidad*

Los productores no llevan un control de los costos de producción del cultivo, sin embargo, mencionan que el delfinio es un cultivo rentable principalmente por la duración de la planta y los bajos requerimientos nutricionales y de manejo.

#### *Aspectos de asistencia técnica*

La mayoría de los productores (60%) no reciben asistencia técnica, el 40% restante la recibe cuando adquiere planta o agroquímicos.

*Situación de la producción de delfinio en maceta*

Se encontraron a cuatro productores de delfinio en maceta, éstos tienen entre 1 y 2 años con el cultivo, cada uno de ellos tiene una superficie de plantación de menos de 1 000 m<sup>2</sup>, el 50% tiene planes de incrementar su superficie y el otro 50% no, debido principalmente a la poca demanda que existe en el mercado. El tamaño de maceta utilizado es de 6 y 7 pulgadas o bolsas de polietileno de 2 kg (Figura 5).



**Figura 5.** Plantas en maceta, San Lorenzo Tlacotepec.

El sustrato utilizado es principalmente tierra de hoja, tierra de la región y tepojal o gravilla en una proporción (50-25-25). La siembra y trasplante se realiza durante todo el año, sin embargo, se prefiere hacer durante los meses de otoño o invierno con el fin de que la planta esté lista para la venta en los primeros meses de la primavera, pues es en éstos cuando la venta es mayor.

Entre las labores culturales realizadas están el deshierbe, el deshojado y el espaciado de las plantas, esta última se realiza dos o tres veces durante el cultivo tratando de dar un espaciado de 25 cm entre plantas para favorecer su crecimiento y evitar la presencia de plagas y enfermedades.

## *Recursos Naturales y Protección Ambiental*

La cantidad de plantas vendidas por los productores mensualmente es de 50 a 500, los productores consideran que la cantidad de plantas es muy poca y esto es debido al desconocimiento de la especie en el mercado. El precio al que se vende la planta es de 15 a 25 pesos. Los principales compradores son consumidores directos, los colores más demandados son el blanco, azul y lila. No se ha observado un incremento en la demanda de la especie.

### *Encuesta aplicada intermediarios de delfinio*

El delfinio comercializado en los tres mercados visitados proviene del Estado de México, principalmente de los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero, Coatepec Harinas y Texcoco. A nivel nacional el delfinio proviene de los estados de Guanajuato, Puebla y Michoacán.

Por lo regular los intermediarios se abastecen de flor 2 ó 3 veces a la semana. El precio al que compran el bonche de delfinio es de 16 a 30 pesos. La cantidad de bonches comercializados por los intermediarios es de 20 a 80 semanales.

Con respecto al aumento de la demanda de esta especie en el mercado los intermediarios han observado que se ha mantenido sin variaciones. Las mayores ventas de esta especie se dan en los meses de invierno y primavera mientras que éstas se ven disminuidas en el verano y otoño.

Los intermediarios no utilizan sustancias preservativas para alargar la vida en florero del delfinio, pero si las hidratan y en algunas ocasiones realizan el cambio de agua.

Las características en las que se basan los intermediarios o sus clientes para realizar la compra del delfinio son: el color de la flor, la longitud de los tallos, el tipo de flor (doble o sencilla) y tallos sanos (sin presencia de daños por plagas y enfermedades).

*Encuesta aplicada a floristas de la Ciudad de Toluca*

El 100% de los encuestados conocen y compran tallos de delfinio, el uso de esta especie es para realzar la forma y el colorido en los arreglos florales (57%), el 28% menciona que los compra porque están de moda y puede crear nuevos diseños. El uso principal que se les da a los tallos de delfinio es como flor secundaria, utilizándose entre 1 y 6 tallos por arreglo. A los clientes de los floristas les gustan los arreglos con delfinios en tonos azul por la rareza y el colorido que éste brinda.

El 85.7% de los floristas no han observado un incremento en la demanda de las flores. Es importante mencionar que el delfinio no es una flor necesaria en los arreglos florales y puede ser sustituida por otra especie, por lo que los floristas lo compran y lo utilizan cuando lo hay en el mercado.

Los colores más demandados de esta flor son el blanco y el azul en sus diferentes tonalidades. Los floristas compran entre 10 y 50 bunches mensualmente. Entre las características que los floristas toman en cuenta para la compra de los bunches se encuentran: el color de las flores y la longitud de los tallos, otras características tomadas en cuenta son el tipo de flor (doble o sencilla), la apariencia del follaje, el tamaño de la espiga, el tamaño de las flores, el número de flores y la apariencia de los tallos (turgentes, rectos y libres de plagas y enfermedades).

## **CONCLUSIONES**

El delfinio puede ser producido durante todo el año debido a las condiciones climáticas que presentan las zonas florícolas del Estado de México, la siembra y transplante del delfinio se realiza durante todo el año, pero se hace con más frecuencia en los meses con temperaturas cálidas, pues el desarrollo de las plantas se lleva a cabo con rapidez.

Para el caso de la producción en maceta la siembra y el transplante se realiza en los meses de otoño e invierno para que las plantas puedan ser vendidas en la primavera.

La duración de la planta de delfinio en producción es de 2 a 3 años, en éste periodo la planta produce tallos de buena calidad.

El cultivo muestra una tendencia a mantenerse con la misma superficie mostrando quizás un ligero aumento en los próximos años.

La mayor parte de los productores utilizan algún conservador floral que permite alargar la vida en florero por otra parte los intermediarios no realizan esta actividad.

Las características que los intermediarios y los floristas toman en cuenta para realizar la compra del delfinio son: el color de las flores y la longitud de los tallos, el tipo de flor (doble o sencilla), la apariencia del follaje, el tamaño de la espiga, el tamaño de las flores, el número de flores y la apariencia de los tallos (turgentes, rectos y libres de plagas y enfermedades).

El uso principal que se les da a los tallos de delfinio es como flor secundaria, se considera una flor especial y se utilizan de 1 a 6 tallos por arreglo.

La planta en estudio es de las especies menores dentro de la floricultura.

## **RECOMENDACIONES**

Llevar a cabo investigaciones más detalladas acerca de puntos específicos como pueden ser: fertilización, manejo precosecha, cosecha, manejo poscosecha, transporte y comercialización entre otros.

Generar un estándar de calidad que permita clasificar y empacar de una manera correcta los tallos de delfinio.

Innovar el tipo de empaque de los tallos de delphinio, para mejorar el transporte y la comercialización y reducir los daños que se pudieran presentar durante estas actividades.

Ampliar la información tomando en cuenta la experiencia de los productores, así como los nuevos productores que se incorporen al cultivo de esta especie con el fin de medir los avances o las deficiencias en el establecimiento de éste.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Armitage A. M. 1993. Specialty Cut Flowers. The Production of Annual Perennials, Bulbs and Woody Plants for Fresh and Dried Cut Flowers. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. pp. 191-195.

Beltrán B. M. A. 2005. Grandes Retos y Oportunidades en el Sector Ornamental. Revista Flores y Follajes Ornamentales. 1 (1): 11-15.

Dole J. M. y Wilkins H. F. 2004. Floriculture, Principles and Species. Ed. Upper Saddle. New Jersey. pp. 427-430.

Griffiths M. 1992. The New Royal Horticultural Society, Dictionary of Gardening, 2 D to K. Ed. Stockton Press. New York. Volumen 4. pp. 26-33.

Hamrick D., 2003. Ball Red Book Crop Production. Ed. Ball Publishing. Illinois, USA. 724 p.

Holcomb E. J. y Beattie J. D., 1990. GrowerTalks on Crop Culture. Ed. Ball Publishing. Illinois, USA. pp. 79-81.

Ichimura K.; Kohata K. y Goto R., 2000. Soluble Carbohydrates in Delphinium and their Influence on Sepal Abscission in Cut Flower. Physiologia Plantarum (108): 307-313.

- Larson R. A. 2004. Introducción a la Floricultura. Ed. AGT. California del Norte. 551 p.
- Nau J. 1996. Ball Perennial Manual Plants. Ed. Varsity Press, Georgia, USA. pp. 179-183.
- Nau J. 1999. Ball Culture Guide, The Encyclopedia of Seed Germination (3 ra. Edición) Ed. Ball Publishing. Georgia, USA. 248 p.
- Nell T. A. y Reid M. S. 2000. Poscosecha de las Flores y Plantas, Estrategias para el Siglo 21. Traducido al español de M. Pizano de Márquez. Ed. Hortitecnia. Bogotá, Colombia. 216 p.
- PanamericanSeed, 2004. Product Information Guide. Ed. Ball Horticultural Company. Chicago, USA. 216 p.
- Powell C. y Lindquist R. K. 1994. El Manejo Integrado de los Insectos, Ácaros y Enfermedades en los Cultivos Ornamentales. Ed. Ball Publishing. Illinois, USA. 118 p.
- Pryce S.; Lumsden P. J. Berger F. y Leifert C., (1993). Effect of plant density and macronutrient nutrition on Delphinium Shoot cultures. Journal of Horticultural Science (68): 807-813.
- Shizuka O. y Satoshi S. 1999. The Effects of Inorganic Salts and Growth Regulators *in vitro* Shoots Proliferation and Leaf Chlorophyll Content of *Delphinium cardinale*. Scientia Horticulturae (81): 149-158.

**PRODUCCIÓN DE BULBILLOS HIPÓGEOS CRECIDOS EN *DIFERENTES*  
PROPORCIONES DE LOMBRIHUMUS, A PARTIR DE BULBOS  
COMERCIALES EN *Lilium* sp.**

*González Nicanor, Araceli<sup>1</sup>*  
*Grenón Cascales, Graciela Noemí<sup>1</sup>*  
*Vázquez García, Luis Miguel<sup>1</sup>*  
*González Castellanos, Anacleto<sup>1</sup>*  
*Sandoval Rosales, Fernando Rafael<sup>1</sup>*

**Resumen**

La Floricultura en el Estado de México ha tenido un desarrollo sorprendente en los últimos años, representando el más alto porcentaje tanto en territorio como en producción. Uno de los cultivos que ha resultado muy exitoso en las regiones es el *Lilium* sp. Sin embargo la mayoría si no es que la totalidad de los productores de este cultivo importan los bulbos de Holanda, lo que hace que se tenga dependencia económica de este país.

La situación se agrava cuando los trámites administrativos, fitosanitarios y aduanales son una limitante en el ingreso de este material vegetativo a nuestro país. De ahí la necesidad de adaptar una técnica de formación de bulbos adaptada a zonas de bajos recursos, no implicando violar los derechos del obtentor, ya que esta técnica se realiza en cultivares de libre acceso y no en variedades protegidas por los derechos de obtentor. Dentro de este contexto se inscribe el presente trabajo cuyo objetivo fue la producción de bulbos de *Lilium* sp. a partir de bulbillos hipógeos crecidos en diferentes proporciones de lombrihumus. El trabajo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM, en un invernadero de cristal; de los resultados obtenidos se concluye que: la profundidad de siembra de los bulbillos hipógeos para su engrosamiento (engorda) fue a los 15 cm., el tiempo de refrigeración para inducir vernalización en los bulbillos hipógeos fue a los 90 días a 2°C. La mezcla compuesta por 20% de lombrihumus, 50% de tierra de monte, 30% de perlita y 1/10 parte de cisco, resultó ser mejor para las variables número de bulbillos hipógeos nuevos, altura de la planta y número de hojas. El sustrato formado por 60% de lombrihumus, 10% de tierra de monte, 30% de perlita y 1/10 parte de cisco, resultó ser el mejor para área foliar, diferencias vertical, horizontal y grosor del bulbillito inicial y para la diferencia en peso del bulbillito inicial.

**Palabras clave:** *Lilium* sp., bulbillos hipógeos, refrigeración, profundidad, lombricomposta.

<sup>1</sup>Profesores investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM.



## **SUMMARY**

Flower-growing in the State of Mexico has been a surprising development in the last years old, representing the highest percentage as much in territory as in production. One of the cultures that have been very successful in the regions is the *Lilium* sp. Nevertheless the majority if it is not that the totality of the producers of this culture concerns bulbs of Holland, which causes that economic dependency of this country is had.

The situation worsens when the administrative, phytosanitary and customs proceedings are a obstacle in the entrance of this vegetative material to our country. Of there the necessity to adapt a technique of formation of bulbs adapted to zones of low resources, not implying to violate the rights of the obtentor, since this technique is realised in you will cultivate of free access and not in varieties protected by the obtentor rights. Within this context the present work register whose objective was the bulb production of *Lilium* sp. from grown hypogeal bulblets in different proportions from lombrihumus. The work was realised in the Faculty of Agricultural Sciences of the UAEM, in a crystal greenhouse; of the obtained results one concludes that: the depth of sowing of the hypogeal bulblets for its thickening (it gets fat) went to the 15 cm., the time of refrigeration to induce vernalización in the hypogeal bulblets went to the 90 days to 2°C. The mixture composed by 20% of lombricomposta, 50% of land of mount, 30% of perlite and 1/10 part of Cisco, turned out to be better for the variables number of new hypogeal bulblets, height of the plant and number of leaves. The substrate formed by 60% of lombrihumus, 10% of land of mount, 30% of perlite and 1/10 part of Cisco, turned out to be best for vertical, horizontal foliar area, the differences and thickness of bulblets initial and for the difference in weight of bulblets initial.

**Key words:** *Lilium* sp., hypogeal bulblets, vermicompost, vernalitation, mixture.

## **INTRODUCCIÓN**

El cultivo de lilies, se ha convertido en una actividad importante en la floricultura mexicana y más expresamente en la región del Estado de México, por ser una especie proveniente de zonas frías, con una gran diversidad de colores (cultivares) y una alta aceptación en el mercado nacional e internacional.

Sin duda alguna que el precio de dicha planta es uno de los inconvenientes para su comercialización en estos lugares, esto derivado de la importación de material vegetativo para su producción, los órganos de reserva llamados bulbos provienen de regiones como Holanda y en pocos casos de Estados Unidos, lo que provoca que el establecimiento del precio de la planta sea estimado tomando en consideración esta situación ya que son comprados en euros o dólares según sea el caso y el comportamiento del precio de los mismos en nuestro país.

Una vez que el productor importa este material se enfrenta a algunos inconvenientes como: bulbos maltratados por el transporte, deshidratados, llegada del material vegetativo después de la planeación de la producción, contaminados, cultivares no solicitados, etc. En este sentido, se hace necesaria la implementación de una técnica de engorde de bulbillos hipógeos que permita al productor comprar a menor costo los bulbos que requerirá para satisfacer el mercado demandante de este producto.

Expertos del tema revelan las diferentes características para la engorda de bulbillos; Boontjes y Walk (1976), señalan que numerosos factores extrínsecos, inherentes al ambiente de cultivo, influyen sobre el proceso de formación y engrosamiento de las escamas; entre ellos se pueden citar: aireación, temperatura, humedad, luz, nutrición, entre otros.

Bañón *et al.* (1993), mencionan que una vez separadas las escamas del bulbo madre, se establecen en un sustrato formado con una proporción en volumen del cincuenta por ciento de vermiculita y otro cincuenta por ciento de perlita, en una relación del sesenta por ciento de escamas y un cuarenta por ciento de sustrato.

Simmonds y Cumming (1976), refieren que el tratamiento que mayor atención ha recibido por parte de los investigadores de esta especie, ha sido el hormonal. Los reguladores del crecimiento más utilizados han sido ácido naftalenacético (ANA), ácido indolbutírico (IBA), ácido indolacético (AIA), ácido succínico, cinetina. Algunos tratamientos cuando se aplican a escamas procedentes de bulbos madres conservados en frío provocan la formación de bulbillos muy débiles ya que parece ser que ello determina menores exigencias en auxina exógena, sustancia que ha favorecido la formación de bulbillos, dependiendo del cultivar.

El género *Lilium* particularmente los híbridos asiáticos, orientales y *L. longiflorum* han sido sometidos a intensos estudios sobre su propagación y cultivo *in vitro*. Muchas de estas investigaciones han obtenido resultados variables dependiendo de la técnica, de las especies o cultivares o del explante madre (Van Tuyl *et al.*, 1991; Niimi *et al.*, 1996). Sheridan (1980) estableció cultivo de callos en medios sólidos y líquidos a partir de explantes de brotes apicales de *L. longiflorum* y después de varios subcultivos logró recuperar plantas. Resultados similares se obtuvieron a partir del cultivo en suspensión líquida generando explantes de escamas de bulbos de cultivares orientales de lilies (Takayama and Ohkawa, 1990).

Para la propagación de especies de *Lilium*, los bulbillos se han producido directamente de las escamas de los bulbos.

Takayama y Misawa (1982), y Stimart *et al.*, 1980 reportan que la propagación a través de la multiplicación de bulbos derivados de las escamas es más ventajosa que a partir de callos, visto desde la variación cromosómica y el bajo potencial de regeneración de éstos. Sin embargo, usando las técnicas de cultivo de tejidos se desarrolló un método para propagación masiva de *L. auratum*. Estudios similares de la propagación en masa *in vitro* de bulbillos a través de la regeneración directa y de la formación intermedia de callos en *L. longiflorum* fueron realizados por Priyadarshi and Sen (1992) y Arzate *et*

al., (1997). Las plantas obtenidas en estos trabajos conservaron su ploidia original (2n=24). Navak and Petru (1981) condujeron estudios acerca de los efectos de los reguladores de crecimiento en la regeneración de plantas a partir de los explantes de órganos y cultivo de tejidos de *Lilium* sp. Takayama y Misawa (1982) estudiaron los efectos de diferentes condiciones de cultivo en la diferenciación de distintos explantes de *L. longiflorum*, *L. auratum* y *L. speciosum* cultivadas *in vitro*.

Es importante recalcar que en esta región del Estado de México no existen investigaciones que contribuyan en la diversificación de la oferta nacional de producción de este cultivo que induzcan una disminución de los costos de producción y un ahorro de divisas por la importación de este material.

La investigación plantea desarrollar una metodología de producción de bulbos de *Lilium* sp. A partir de bulbillos hipógeos considerando tiempos de refrigeración, distintas profundidades de siembra y mezclas de lombrihumus.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó en el invernadero No. 3 de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), que se localiza en el Campus Universitario El Cerrillo, a 18 km de la Ciudad de Toluca, Méx., a 19°24'.598 Latitud Norte y 99°41'.418" Longitud Oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 2,606 m. El clima predominante es el templado con lluvias en verano, según Köppen citado por Enriqueta García (1998) Cb (W2) (W) (Oi) g. La temperatura media anual es de 12.6°C con incidencia en heladas. La precipitación media anual es de 878.4 mm y la evaporación media anual es de 1,770 mm.

La elaboración de compostas a través de un proceso fermentativo aeróbico, provocado al colocar los residuos orgánicos y mezclarlos con estiércol de equino y dispuesto en forma de montículo para su desintegración, en el cual bajo un estricto control y manejo de la temperatura y humedad, se logra un producto uniforme rico en materia orgánica que se usó como alimento y se adicionó a la lombriz *Eiseinia andrei*, para la subsiguiente producción de lombrihumus. En este proceso es de suma importancia tener perfectamente controlada tanto la temperatura como la humedad y la alimentación, ya que de ello depende la calidad y cantidad de lombrihumus obtenido.

Una vez obtenido el lombrihumus y la tierra de monte se desinfectaron utilizando un método físico (vapor durante una hora a 80°C) se prepararon las mezclas con las siguientes proporciones:

Sustrato A: 70% de Tierra de monte + 1/10 parte de cisco + 30% perlita (testigo).

Sustrato B: 20% de lombrihumus + 50% de tierra de monte + 1/10 parte de cisco + 30% de perlita.

Sustrato C: 40% de lombrihumus + 30% de tierra de monte + 1/10 parte de cisco + 30% de perlita.

Sustrato D: 60% de lombrihumus + 10% de tierra de monte + 1/10 parte de cisco + 30% de perlita.

Después de tamizarlos se colocaron en contenedores de plástico de 30 cm de largo por 10 cm de ancho y 20 cm de alto para los bulbillos que iban a ser colocados a 15 cm de profundidad y 22 cm de largo, 10 cm de ancho y 12 cm de alto para los que iban a ser plantados a 8 cm de profundidad.

Se seleccionaron los bulbillos hipógeos, mismos que se obtuvieron de productores de la región de Metepec, Estado de México, para no exponerlos a cambios tan bruscos de temperatura y altitud, se extrajeron con una navaja y pesaron con una balanza analítica y midiéndose con un vernier los diámetros inicial vertical, horizontal y grosor, se desinfectaron con Robral (0.20 g x 5 l de agua) y colocaron en bolsas de polietileno llenas de peat moss previamente humedecido, cerradas y perforadas y se sometieron a dos intervalos de tiempo en refrigeración a 2°C, seguido de la plantación, estableciéndose en dos diferentes profundidades. La humedad relativa de almacenamiento fue de 68%.

El diseño experimental fue uno completamente aleatorizado con arreglo trifactorial con cuatro repeticiones y 6 bulbillos plantados por tratamiento.

En el arreglo trifactorial se manejaron 2 tiempos de refrigeración (Factor "A") que fueron 60 y 90 días, 2 profundidades (Factor "B") que fueron 8 y 15 cm respectivamente y cuatro sustratos (Factor "C") con un total de 216 bulbillos.

Las variables evaluadas fueron:

Días de emergencia: número de días que tardó en emerger el bulbillo hipógeo desde su plantación.

Número de bulbillos nuevos: número de bulbillos hipógeos generados durante el desarrollo de la planta.

Altura de la planta: medida desde el cuello hasta el ápice caulinar utilizando un flexómetro y proporcionado en cm.

Número de hojas: número de hojas producidas por la planta en su desarrollo.

Área foliar: medido en un determinador de área foliar (Leaf Area Meter CI-202).

Diferencia vertical del bulbillo inicial: establecido entre la longitud vertical inicial y longitud final dado en cm.

Diferencia horizontal del bulbillo inicial: establecido entre la longitud horizontal inicial y longitud horizontal final dado en cm.

Diferencia en grosor del bulbillo inicial: establecido entre la longitud inicial y longitud final dado en cm.

Diferencia en peso del bulbillo inicial: diferencia entre el peso fresco inicial y el peso final del bulbillo, dato proporcionado en gramos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta los resultados de los análisis físico-químicos practicados a cada una de las mezclas que fungieron como sustratos en la presente investigación.

Cuadro 1. Determinación de la fertilidad de los sustratos empleados en la producción de bulbillos de *Lilium* sp.

Sustrato	pH	CIC (meq/100g)	MO (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	C (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	B (mg)	Cu (mg)
A (70/30)	5.0	40.6	14.1	35.9	69.9	20.2	8.2	0.67	35	2.4	1.8	0.1	0.002	0.31
B (20/50/30)	6.6	43.7	13.1	47.9	67.8	32.6	7.6	0.68	32	3.2	1.3	-	0.004	0.78
C (40/30/20)	6.9	40.6	11.4	41.9	67.8	34.6	6.6	0.58	35	3.3	0.1	-	-	0.32
D (60/10/30)	7.0	34.3	10.1	31.9	96.6	41.3	5.9	0.54	35	3.6	1.2	2.7	0.003	12.0

Fuente: Laboratorio de Suelos del CIEAF – FCA de la UAEM

Como se aprecia en el Cuadro 1, el pH osciló entre valores de 5.0 a 7.0 es decir de ligeramente ácido en la mezcla que se utilizó como testigo tratamiento “A” a neutro en el tratamiento “D”, seguramente que esto favoreció el crecimiento de las plantas ya que éste es el rango donde mejor se desarrollan (Ansorena, 1994).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) presentó en todos los casos valores altos, esto significa que existe una alta capacidad del medio de cultivo para retener cationes nutrientes e intercambiarlos con la solución acuosa (Burés, 1997). Un humus totalmente descompuesto tiene una capacidad de intercambio catiónico máximo, siendo dos a tres veces superior a la mejor arcilla, la montmorillonita (Simpson, 1998).

Como menciona Rodríguez *et al.*, (1992) existe una relación directa de equilibrio entre los cationes de la solución del suelo y los cationes del complejo absorbente, ya que los valores de calcio y magnesio alcanzados en todos los sustratos son altos.

La materia orgánica oscila entre valores de 10% en el tratamiento “D” a 14.1% en el testigo, estos valores son considerados como muy altos. Esto es lógico debido a la procedencia de los materiales empleados en las cuatro mezclas. En el testigo fue la tierra de monte y en los tres restantes los turrículos de las lombrices (lombrihumus). Vale la pena recordar que *Eisenia andrei* (lombriz roja de California) sólo consume materia orgánica previamente composteada (Capistrán *et al.*, 2001).

Consecuentemente los valores de nitrógeno en todos los casos resultaron con porcentajes muy altos. La planta requiere este macronutriente en grandes cantidades ya que entra a formar parte de la composición de todas las proteínas y los aminoácidos presentes en el vegetal. Esto posibilita el crecimiento de las hojas y el aumento de la

extensión de su superficie verde, incrementándose de este modo la fotosíntesis y estimulándose el ulterior crecimiento (Simpson, 1998).

Por otra parte es bien sabido que el nitrógeno permite el alargamiento y ramificación de las raíces favoreciendo en gran manera a la capacidad del sistema radical para buscar otros nutrientes existentes en el suelo (Ansorena, 1994).

Los valores de fósforo se comportaron de manera semejante en todos los tratamientos, resultando ser altos en todas las mezclas. Hay que recordar que en suelos con pH de 6.0 a 7.0 el fósforo disponible es más aprovechable (Ortiz y Ortiz, 1990). El fósforo cumple un indispensable papel para la planta, por formar parte del núcleo de las células, es imprescindible en la división celular y de aquí que sea sobre todo importante a nivel de los puntos de crecimiento de la planta especialmente en zonas meristemáticas (Simpson, 1998). Interviene además en muchas reacciones enzimáticas y tiene una acción sobre el desarrollo de la raíz (Burés, 1991).

Aún cuando los valores de potasio resultaron bajos en todos los tratamientos, Rodríguez *et al.*, (1992) mencionan que el pH del suelo influye en su retención en el complejo absorbente. En suelo neutro y ligeramente alcalino es mejor retenido por las micelas del suelo. Aunque exista poco en la solución del suelo las plantas encuentran la cantidad necesaria por: a) una constante renovación y desplazamiento del potasio hacia la solución y b) porque las plantas también lo absorben por “contacto” con el complejo absorbente del suelo, situación que se presentó en la investigación ya que las plantas no mostraron carencia de este elemento.

El potasio es fácilmente absorbido por las raíces de las plantas y éste es retenido principalmente en el líquido de los tejidos y el citoplasma, interviniendo en la regulación de la presión osmótica y en el mantenimiento de la turgencia del espécimen. Interviene además en la fotosíntesis y en la respiración así como en el transporte de los hidratos de carbono desde una parte a otra dentro de la misma planta (Simpson, 1998).

Cuando se realizó el análisis de varianza para nueve de las diez variables propuestas (Cuadro No. 2) se pudo apreciar que: altura de la planta, número de hojas, diferencia en peso del bulbillo y las diferencias en grosor, horizontal y vertical del bulbillo resultaron ser altamente significativas, ello implicó que la profundidad, refrigeración y sustratos favorecieron en gran medida el desarrollo de las plantas, especialmente las variables que intervinieron en la formación del bulbo.

Esto significa que una mayor profundidad de siembra de los bulbillos hipógeos determina una mayor altura de la planta, un menor número de hojas (con mayor lámina foliar), seguramente que este crecimiento viene dado por la conjunción de un suelo rico en nitrógeno o por la existencia de hormonas de crecimiento que posibilitaron esta situación. Consecuentemente se presentó un incremento en las dimensiones de los bulbillos y en su peso, esto posiblemente debido al incremento en el número de hojas. Las hojas son las encargadas de la realización del proceso fotosintético (Salisbury y Ross, 1994), mismo que posibilita que los nutrimentos elaborados en este proceso se acumulen en los órganos de reserva y en este caso los bulbillos.

Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables medidas

	Días a Emergencia	Número de bulbillos nuevos	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Área foliar	Diferencia en peso del bulbillo inicial (g)	Diferencia en grosor de bulbillo inicial (cm)	Diferencia horizontal del bulbillo inicial (cm)	Diferencia vertical del bulbillo inicial (cm)
FACTOR A Profundidad	0.8917NS	0.8917NS	0.0059**	0.0017**	0.3237NS	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0872NS
FACTOR B Refrigeración	0.0052**	0.0052**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
FACTOR C Sustratos	0.5991NS	0.5991NS	0.0046**	0.0015**	0.0055**	0.0015**	0.1320NS	0.0023**	0.0001**
Profundidad * refrigeración	0.8758NS	0.8758NS	0.0001**	0.0002**	0.0010**	0.0001**	0.0004**	0.0003**	0.4755NS
Profundidad * sustratos	0.1998NS	0.1998NS	0.0009**	0.0008**	0.0013**	0.0454*	0.0001**	0.0069**	0.0001**
Refrigeración * sustratos	0.1414NS	0.1414NS	0.0036**	0.0065**	0.0001**	0.0413*	0.0694NS	0.3429NS	0.0185*
Profundidad * refrigeración* sustratos	0.2261NS	0.2261NS	0.0006**	0.0001**	0.0079**	0.0672NS	0.0002**	0.0106*	0.0143*

Conviene recordar que las profundidades evaluadas fueron 8 y 15 cm, del cual según los resultados obtenidos a los 15 cm es donde las variables aéreas como son: días a emergencia, altura de la planta, número de hojas, área foliar fueron favorecidas para la engorda de los bulbillos como menciona Simpson (1998). Asimismo, este comportamiento se repite en las variables subterráneas como son número de bulbillos nuevos, y las medidas a los bulbillos obtenidos como son: diferencia en peso del bulbillo inicial, diferencia en grosor del bulbillo inicial, diferencia horizontal del bulbillo inicial y diferencia vertical del bulbillo inicial, tal como se muestra en el Cuadro 3, seguramente a esta profundidad las raíces de las plantas pudieron más fácilmente llegar hasta el suelo mineral o posiblemente a ese nivel la solución del suelo permitió un mayor ingreso de elementos y consecuentemente una mayor acumulación de sustancias de reserva (Enciclopedia Salvat de la Jardinería, No.46).

Cuadro 3. Comparación de medias significativas del factor “Profundidad”, según Tukey con  $\alpha = 0.05$

PROFUNDIDAD	NÚMERO DE BULBILLOS NUEVOS	ALTURA DE LA PLANTA (cm)	NÚMERO DE HOJAS	DIFERENCIA EN GROSOR BULBILLO INICIAL (cm)	DIFERENCIA HORIZONTAL DEL BULBILLO INICIAL (cm)	DIFERENCIA EN PESO DEL BULBILLO INICIAL (g)
15	5.3750 a	23.28 b	12.84 b	1.06 a	1.10 a	29.538 a
8	3.9438 b	30.08 a	16.97 a	0.71 b	0.79 b	16.80 b

Por otra parte, la solución del suelo juega un papel preponderante para el ingreso de elementos a las raíces, la solución del suelo es el intermediario nutritivo entre el complejo absorbente del suelo y la planta, además de que la absorción depende de la concentración en la que los nutrimentos se encuentren presentes.

Al revisar las diferencias en el crecimiento vertical, horizontal y grosor del bulbillo inicial esto seguramente se debió a una proliferación celular, lo que favoreció la engorda del bulbillo inicial. Como menciona (Verdugo *et al.*, 2004) los bulbillos deben quedar plantados a unos 12 a 15 cm de profundidad para la engorda. Hartman y Kester (1995) mencionan que cuando se siembran los bulbillos para engorda el primer año debe hacerse a los 10 cm, mientras que en el segundo año ya para venta como bulbos comerciales debe hacerse a los 15 cm.

Como muestra el Cuadro 4, para el factor tiempo de refrigeración resultaron todas las variables altamente significativas. El periodo de reposo a bajas temperaturas es decisivo. Como menciona Bañon *et al.*, (1993) existe constancia de la presencia de inhibidores de la brotación, que se encuentran situados en las escamas internas del bulbo. Así, las bajas temperaturas disminuyen el nivel de los inhibidores, permitiendo este tratamiento la inducción a la brotación, en el caso de *Lilium sp.* Entre más lento sea el período de frío, mejor responde el cultivo y así, Rockwell and Grayson (1961), Bañon *et al.*, (1993) y Miller and Niu (1990) entre otros, aconsejan este proceso de vernalización para que alcance los requerimientos de frío debe realizarse entre 0.5 y 12°C y como óptimo 4°C durante 6 a 10 semanas. Sugieren que el material vegetal debe permanecer con humedades relativas entre el 80 y 95 por ciento para no provocar pérdida de peso en los bulbillos; vale la pena recordar que en esta investigación los tiempos de refrigeración fueron 60 y 90 días y que la temperatura a la que se sometieron los bulbillos fue de 2°C. los mejores resultados se alcanzaron a los 90 días (de 12 a 13 semanas) en comparación con 60 días (de 8 a 9 semanas), los resultados tienen valor para *Lilium sp.*

Cuadro 4. Comparación de medias significativas del factor “Refrigeración” según Tukey con  $\alpha = 0.05$ .

Refrigeración	Días a Emergencia	Número de bulbillos nuevos	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Área foliar	Diferencia en grosor de bulbillo inicial (cm)	Diferencia horizontal del bulbillo inicial (cm)	Diferencia vertical del bulbillo inicial (cm)	Diferencia en peso del bulbillo inicial (g)
90	37.44 a	6.59 a	36.76 a	21.54 a	8.07 a	0.71 b	1.11 a	1.53 a	33.88 a
60	25.50 b	2.7 b	16.59 b	8.27 b	11.18 b	1.06 a	0.77 b	0.88 b	12.45 b

Como menciona Bidwell (1990), la refrigeración es un proceso acumulativo ya que a medida que pasa el tiempo los resultados en las plantas sometidas a estos procesos se traducen en mayor crecimiento, posiblemente por la estimulación que ofrecen las giberelinas.

Las bajas temperaturas en muchos casos en las plantas bulbosas se emplean para estimar la floración temprana (vernalización), mientras que en otras se emplean para homogeneizar los procesos de germinación y la emergencia de las plantas (Alcántara, 2004). En este caso en el periodo de reposo la presencia de peat moss (material donde se dispusieron los bulbillos en refrigeración) favoreció la emergencia incipiente de raicillas.



Como mencionan Bañon *et al.*, (1993), cuando se acorta el periodo de vernalización repercute en un acortamiento en la longitud del tallo, alargamiento del ciclo del cultivo, disminución en el número de hojas y disminución del número de botones florales, situación que se comprobó con el tratamiento de 60 días.

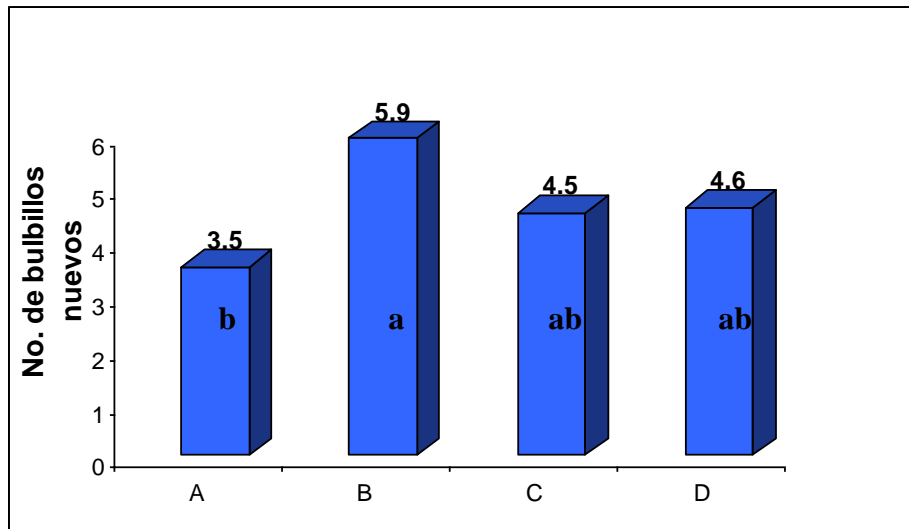


Figura 1. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para la variable número de bulbillos nuevos. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

Para el factor sustratos las variables: número de bulbillos nuevos, altura de la planta, número de hojas, área foliar, diferencia en peso del bulbillito inicial, diferencia vertical y horizontal resultaron ser altamente significativos. Esto significa que las mezclas donde se desarrollaron los bulbillos resultaron ser adecuadas. Como menciona Ansorena (1994) “el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido”.

El tratamiento B formado por 20% de lombrihumus, 50% de tierra de monte, 1/10 parte de cisco y 30% de perlita, resultó ser el mejor para las variables número de bulbillos nuevos (Figura 1), altura de planta (Figura 2), número de hojas (Figura 3), mientras que el tratamiento D formado por 60% lombrihumus, 10 de tierra de monte, 1/10 parte de cisco y 30% de perlita, resultó ser el mejor para el área foliar, diferencia horizontal, vertical (Figura 5) y diferencia en peso de los bulbillos (Figura 6).

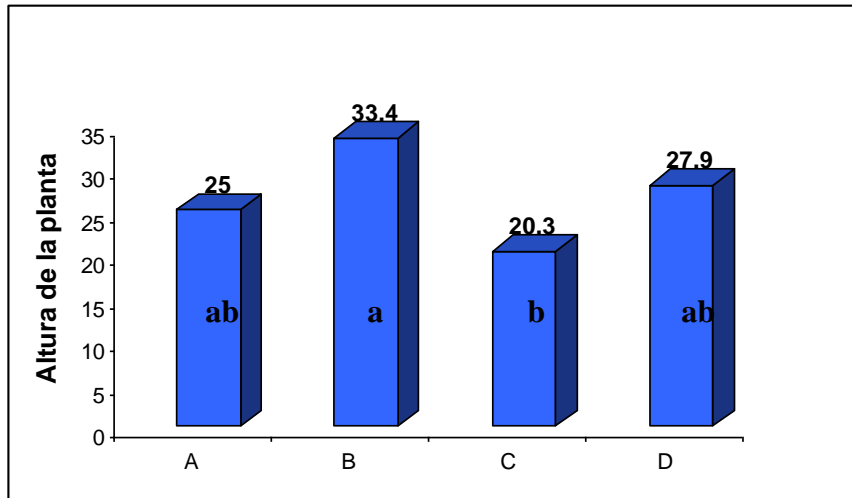


Figura 2. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para la variable altura de planta. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

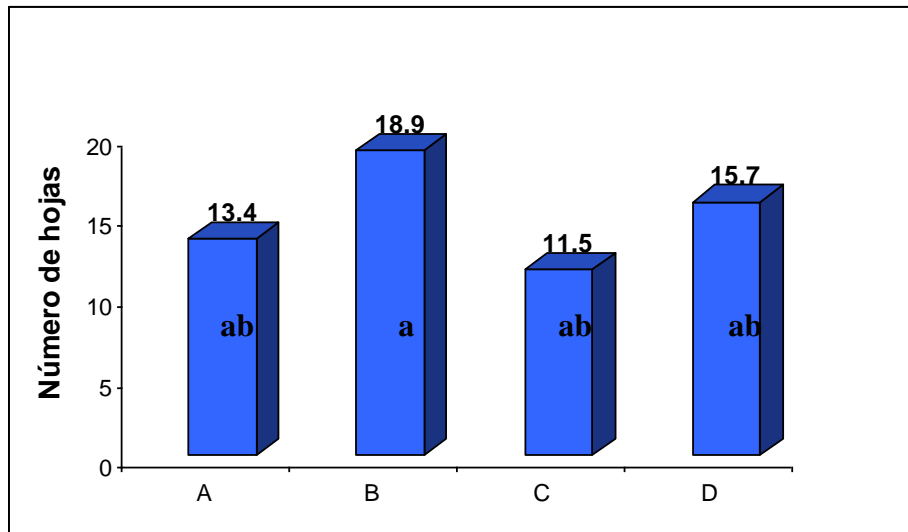


Figura 3. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para la variable número de hojas. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

Esto posiblemente se debe a que los materiales presentes en el lombrinium penetraron fácilmente de la solución del suelo a través de las raicillas, pasaron a la hoja que presentó un área foliar (Figura 4) interesante y los regresó como savia elaborada para su acumulación en éste órgano de reserva (el bulbillo original) (Salisbury y Ross, 1994).

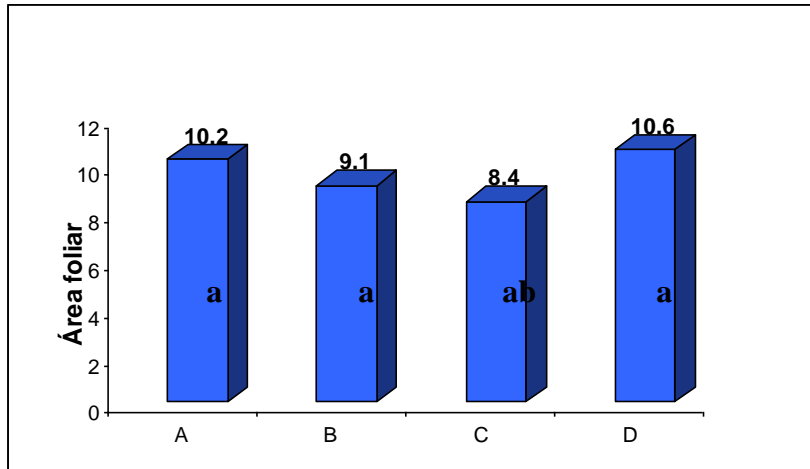


Figura 4. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para la variable área foliar. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

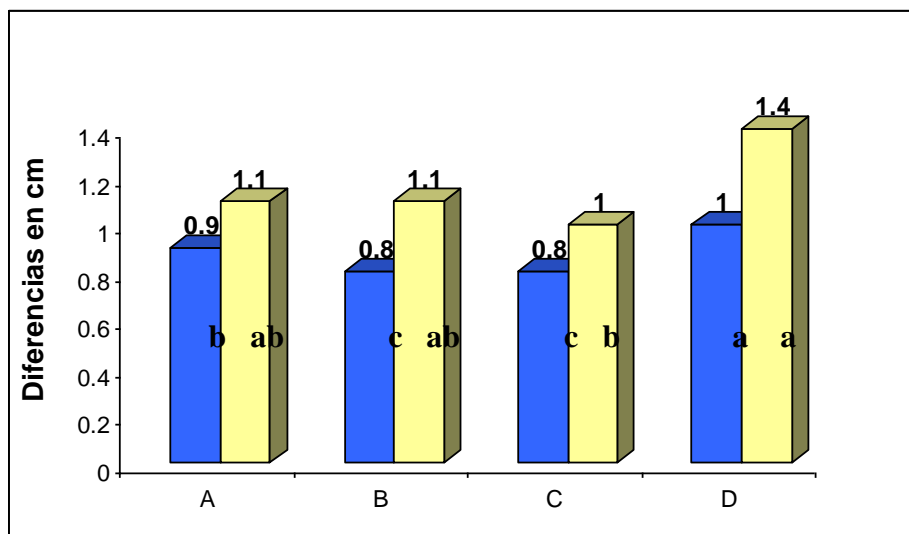


Figura 5. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para las variables diferencia horizontal y vertical del bulbillo inicial. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

Si se analizan las interacciones en primer término se presenta profundidad por refrigeración, en este sentido resultaron ser altamente significativos para las variables altura de la planta, número de hojas, área foliar, diferencia en peso del bulbillo inicial, diferencia en grosor y diferencia horizontal.

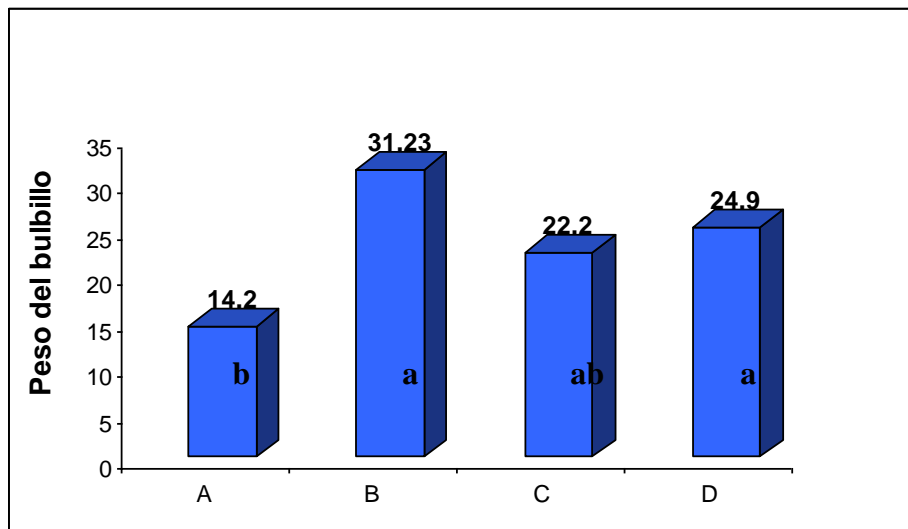


Figura 6. Comparación de medias significativas del factor “Sustratos” para la variable diferencia en peso del bulbillio inicial. Letras minúsculas iguales en las barras representan que no existe diferencia estadística entre tratamientos.

En segundo término se visualiza profundidad por sustratos en donde resultaron ser altamente significativas las variables: altura de la planta, número de hojas, área foliar, diferencia en peso del bulbillio inicial, diferencia en grosor, diferencia horizontal y diferencia vertical.

En tercer lugar se encuentra la interacción refrigeración por sustratos, en esta situación las variables: altura de la planta, número de hojas, área foliar, diferencia en peso del bulbillio inicial y diferencia vertical resultaron ser altamente significativas.

En último término se presenta la interacción existente entre los tres factores establecidos en el trabajo como son Factor A profundidad, Factor B refrigeración y Factor C sustratos, de los cuales las variables que mostraron relación entre los tres fueron: altura de la planta, número de hojas, área foliar, diferencia en peso, diferencia en grosor, diferencia horizontal y vertical.

## CONCLUSIONES

La profundidad de siembra de los bulbillos hipógeos para su engrosamiento (engorda) fue a los 15 cm.

El tiempo de refrigeración para inducir vernalización en los bulbillos hipógeos fue a los 90 días a 2 °C.

La mezcla compuesta por 20% de lombrihumus, 50% tierra de monte, 30% de perlita y 1/10 parte de cisco, resultó ser la mejor para las variables número de bulbillos hipógeos nuevos, altura de la planta y número de hojas.

El sustrato formado por 60% de lombrihumus, 10% tierra de monte, 30% de perlita y 1/10 parte de cisco, resultó ser la mejor para área foliar, diferencias vertical, horizontal y grosor del bulbillo inicial y para la diferencia en peso del bulbillo inicial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, G.M.** (2004). Determinación del período de reposo (frío) en bulbos y semillas de *Tigridia pavonia* (L.f.) DC y su efecto en la germinación y desarrollo de plantas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Toluca, México.
- Ansorena, M.J.** (1994). Sustratos, propiedades y caracterización. Editorial mundi Prensa. Barcelona, España.
- Arzate, F. A. M.; Nakazaki, T.; Okumoto, Y. and Tanizaka, T.** (1997). Efficient callus induction and plant regeneration from filaments with anther in Lily (*Lilium longiflorum* Thunb). Plant Cell Reports. 16:836 – 840.
- Bañón, S.; Cifuentes, D.; Fernández, J.A. y González, A.** (1993). Gerbera, *lilium*, tulipán y rosa. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 250 pp.
- Bidwell, R.G.S.** (1990) Fisiología Vegetal. Ediciones AGT. México D.F.
- Boontjes, J.; Walk, G.** (1976). Some recommendations on the packing of Lily scale pieces. Ed. Bloembollencultuur.
- Burés, S.** (1997) Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Capistrano, F. Aranda, E. y J.C. Romero.** (2001). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología A.C. Jalapa, Veracruz, México.
- Enciclopedia Salvat de la Jardinería.** No. 46, 63, 64, 65 y 66. Editores Salvat, S.A. Barcelona, España.
- García, E.** (1988). Modificaciones al sistema climático de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Enriqueta García (ed.), México D.F. 19 p.
- Hartmann, T. H. y Kester, D. E.** (1995). Propagación de plantas. Edit. C.E.C.S.A. 3ª impresión. México, D. F.
- Miller, W.B. and Niu, S.** (1990). Invertases of *Lilium longiflorum* flower buds. HortScience. 25:76 (Abstract).
- Novak, F.J. and E. Petru.** (1981). Tissue culture propagation of *Lilium* hybrids. Scientia Horticulturae 14:191-199.
- Ortíz, V.B. y Ortíz, S.C.** (1990). Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Rodríguez, N.F.; Ramírez, S.L.F.; Sustaita, R.F.** (1992). Materia Orgánica, suelo e influencia directa en la planta. Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. de Suelos. Chapingo, México.
- Rockwell, F.F. and Grayson, E.C.** (1961). The complete book of lilies. An American Garden Guild Book. Doubleday & Company. Inc. Garden City, New York.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W.** (1994). Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, México D.F.
- Simmonds, J. A.; Cumming, B.** (1976). Propagación of *Lilium* hybrids I. Dependence of bulblet production on time of scale removal and growth substances. Ed. Scienti Horticulturae, No. 5 pp. 77-78.
- Simpson, K.** (1998) Abonos y estiércoles. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Stimart, D.P. Acher, P.D and Zagorski, J.S.** (1980). Plants from callus of the interspecific hybrid *Lilium* “Black Beauty”. HortScience. 15:313-315.

**Takayama, S. and Misawa, M.** (1982). Cultivation of *in vitro* propagated *Lilium* bulbs in soil. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 107:830-834.

**Takayama, S. and Ohkawa, K.** (1990). Growth and flowering of *in vitro* propagated *Lilium auratum* bulbs in soil. *Plant Tissue Culture Letters*. 7:187-192.

**Verdugo, R.G.; Mansur, V.L.; Zöllner, S.O. y L. Arraigada. G.** (2004). Propagación de propágulos (o plantas fundación) de bulbos de flores. Facultad de Agronomía. Chile.

**COMPACTACIÓN INDUCIDA POR EL TRÁFICO DE UN TRACTOR  
AGRÍCOLA DE DESTINACIÓN UNIVERSAL SOBRE SUELO VERTISOL**

*Gutiérrez Rodríguez, Francisco<sup>1</sup>  
González Huerta, Andrés<sup>1</sup>  
Valencia Becerril, Isaías<sup>1</sup>  
Valdez Escamilla, Sindy<sup>2</sup>  
Ortiz Salguero, Arturo<sup>2</sup>*

**RESUMEN**

Se realizaron ensayos de campo con el fin de evaluar la compactación de un suelo vertisol del Valle de Toluca en periodo de sequía después de utilizar un multirado modelo M-250 en la preparación primaria del suelo. Se efectuaron determinaciones de resistencia a la penetración (Rp) y humedad gravimétrica (Ho) en tres profundidades (de 5 a 15; de 15 a 30 y de 30 a 45 cm), con diferentes intensidades de tránsito de un tractor agrícola de destinación universal y fórmula en su sistema de rodaje 4x4. Los valores promedios para la resistencia a la penetración (Rp) desde la capa superior del suelo a la inferior fueron 418; 308 y 188 kPa, mientras que para la humedad gravimétrica (Ho), 14,35; 16,27; 21,31% respectivamente. Rp(30cm) y Ho(30cm) estuvieron correlacionadas negativamente ( $r=-0,62$ ;  $P<0.01$ ) mientras que Rp(45cm) y Ho(45cm), estuvieron correlacionadas positivamente entre sí ( $r=-0,42$ ;  $p<0.05$ )

**Palabras clave:** Suelo, compactación, tractor, resistencia a la penetración.

**SUMMARY**

Field trials in which their primary soil preparation took place during drought season with a multirado model F-250 were conducted with the aim of characterizing the compaction of a clay soil in Toluca Valley, México. Determinations of penetration resistance (Rp) and gravimetric humidity (Ho) in three depths (of 5 to 15; from 15 to 30 and 30 to 45 cm), were done with different intensities of transit of a universal destination tractor and formula in its 4X4 whells sistem. The average values for resistance penetration (Rp) from the upper layer of soil to the bottom were 418; 308 and 188 kPa and gravimetric humidity (Ho), 14,35; 16,27 y 21,31% respectively. The correlation coefficient (r) between Rp (30cm) and Ho (30cm) and Rp (45cm) and Ho (45cm) were -0,62\*\* and -0,42\* respectively.

**Keywords:** Soil, compaction, tractor, penetration resistance.

<sup>1</sup>*Profesor, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) Tel. y Fax: (01)( 722) 296 55 18. Correo electrónico: [fgrfca@hotmail.com](mailto:fgrfca@hotmail.com)*

<sup>2</sup>*Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM.*

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción de maíz (*Zea mays L.*) y otros cultivos básicos en el Valle de Toluca, México están sufriendo cambios en los últimos años, ya que se está registrando un incremento en las prácticas de labranza conservacionista o mínima para disminuir los daños que se producen por el tráfico de las máquinas agrícolas, pues las prácticas tradicionales empleadas en su preparación han alterado de manera sensible la compactación y la densidad aparente del suelo, encontrándose todavía cierta resistencia para la adopción de nuevas y más novedosas tecnologías para la preparación de los suelos por parte de los agricultores. Es importante señalar que la compactación en el suelo es la desaparición de parte del espacio poroso, especialmente de los macro poros, lo cual trae como consecuencia una menor aireación en el perfil donde crecen las raíces, menor capacidad para retener agua y nutrientes, y una mayor impedancia para el desarrollo de raíces (Jorajuría *et al.*, 1997).

De acuerdo con Becerra *et al.* (2005) la compactación es un fenómeno natural que expresa la respuesta del plasma del suelo a las fuerzas dispersivas del agua, acelerado con el uso y manejo de los suelos y aguas, contrario a la creencia de que la compactación se origina únicamente por el tráfico de maquinaria, a un contenido elevado de humedad edáfica.

Sin embargo, Voorhees (1989) señala que la compactación del suelo en condiciones de campo es causada por la labranza y el tráfico de ruedas, pudiendo reducir sustancialmente el rendimiento de los cultivos. Para el suelo la distribución de la compactación en el perfil es función de la carga aplicada, la presión ejercida por el rodado, el estado de humedad y la intensidad de tránsito recibida (Raper y Erbach, 1990). A propósito de la presión ejercida por el sistema de rodaje de los tractores, es necesario plantear que las ruedas son el vínculo entre el vehículo y el suelo y tiene como objetivo brindar una superficie de contacto que no sobrepase la capacidad portante del suelo y, a su vez, debe ser capaz de entregar una fuerza neta de tracción para arrastrar los distintos aperos de trabajo que se desplazarán sobre el suelo deformable (Solari *et al.*, 2000).



El desarrollo de condiciones físicas del suelo desfavorables es atribuido a diferentes factores, como el tráfico de vehículos durante las diferentes operaciones complementarias en el cultivo, la presión del sistema de rodaje con el suelo, la masa del tractor y los implementos agrícolas por unidad de área en contacto con el suelo agrícola; éstas son las variables que tienen incidencia sobre el aumento de la densidad aparente (DA) y la resistencia a la penetración ( $R_p$ ) en diferentes horizontes del suelo (Danfors, 1994).

Botta *et al.* (2002) encontraron que la presión en la zona de contacto rueda-suelo puede influir en la compactación superficial, mientras que a una profundidad igual o incluso mayor de 40 cm, la masa sobre el eje, independientemente de la presión sobre el suelo, es responsable de la compactación. En relación con lo anterior Jorajuría *et al.* (1997) propusieron dividir la compactación inducida por el tráfico agrícola en dos problemas diferentes, denominando compactación superficial a la disminución del volumen de los macro poros dentro del horizonte arable anualmente y la compactación subsuperficial ocurre por debajo del horizonte arable por transmisión de las presiones que el rodado ejerce sobre el suelo. Según Montovani (1987) las altas presiones de contacto rueda-suelo aparecen como uno de los factores responsables de alteración de la densidad aparente, al punto tal de presentar los siguientes perjuicios: demora en la emergencia de las plántulas, sistema radicular superficial, erosión excesiva y “encostramiento” del suelo, entre otros.

Alakukku (1997) concluyó que en condiciones de suelo húmedo el tránsito debe reducirse al mínimo indispensable y las presiones de inflado no deben superar los 50 kPa. Por otra parte, Sánchez Girón (1996) recomienda que si el número de pasadas de la maquinaria está comprendido entre 5 y 10 durante el ciclo vegetativo del cultivo, las presiones de contacto entre las ruedas y el suelo no deben superar los 80 kPa. Por su parte, Jorajuría y Draghi (2000) concluyeron que el tránsito repetido sobre la misma senda puede remplazar al factor masa sobre el eje del sistema de rodaje del tractor, y puede ser el responsable principal de inducir altas compactaciones en el subsuelo; la profundidad del horizonte del suelo que reacciona con un mayor incremento de la

resistencia a la penetración tiende a hacerse más superficial en la medida que aumenta el número de pasadas.

En el presente trabajo se evaluó la compactación que puede provocar el tránsito de un tractor de destinación universal en suelo vertisol, al cual se le aplicó una preparación primaria con multirado a casi 45 cm, se realizaron diferentes intensidades de tránsito para conocer la alteración que se genera en la densidad aparente (DA) y la resistencia a la penetración (Rp) del suelo en diferentes profundidades de muestreo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este estudio se llevó a cabo sobre un terreno clasificado como vertisol en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México durante el mes enero de 2008 en el periodo sequía invernal. En este terreno se hizo una nivelación espacial con rayo láser cinco años atrás y desde entonces predomina la siembra primaveral de trigo (*Triticum aestivum L.*). Este espacio académico está ubicado en El Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México, dentro de la región conocida como Valle de Toluca, a 60 km al oriente de la ciudad de México a 2640 msnm.

La clasificación del suelo, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (USDA) corresponde al orden vertisol subgrupo Entic pelluderts. El lote experimental tuvo un contenido de arcilla superior al 30% hasta los 50 cm de profundidad, presentando la formación de grietas de más de un centímetro de anchura. Esta cantidad de arcilla provoca la formación de superficies de fricción propias de estos suelos. El análisis de suelo donde se realizó la presente investigación fue hecho en 2004 en el Laboratorio de Suelos de esta Facultad.

Se efectuaron mediciones de la compactación del suelo ocasionada por el tránsito de un tractor John Deere<sup>®</sup>, modelo 5.715, con tracción delantera asistida y cubiertas delanteras

13.2-24 y las traseras 15.5-38. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas, el factor A (parcela principal) consistió en la puesta de lastre al tractor y en el factor B (subparcelas) consistió en el número de rodadas del tractor. La resistencia a la penetración ( $R_p$ ) se midió a una profundidad de 5 a 15; de 15 a 30 y de 30 a 45 cm; también se determinó la humedad del suelo ( $H_o$ ) en cada medición (de 0 a 5 cm la resistencia a la penetración siempre superó los 500 kPa). Las variables utilizadas en el tractor fueron: a) aire completo en los neumáticos traseros (150 kPa) y delanteros (110 kPa) con contrapesos; b) aire incompleto en los neumáticos traseros (75 kPa) y delanteros (110 kPa) con contrapesos; c) aire completo sin contrapesos y, d) aire incompleto sin contrapesos. La masa del tractor sin contrapesos fue de 2 790 kg y la masa con contrapesos y líquido en las cubiertas fue de 4 094 kg. El tránsito realizado por el tractor en cada parcela fue de tres, cinco y diez pasadas, en el escalón de velocidad A-2 (2 400 r/min) igual a 3,3 km/h. Se hicieron cinco mediciones sobre la huella del neumático del tractor, las cuales se promediaron considerando los índices de cono obtenidos y la humedad del suelo en cada nivel de profundidad; las mediciones hechas en el testigo se realizaron en las calles laterales de la parcela experimental.

Para el análisis e interpretación de los datos se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias de tratamientos con la prueba de Tukey ( $p < 0,01$ ) y los coeficientes de correlación lineal entre pares de variables, según las técnicas estadísticas descritas por Martínez (1988).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 1 se muestran las sumas de cuadrados y los valores de F; en éste se puede observar que en las repeticiones a una profundidad de 5 a 15 cm, la resistencia a la penetración ( $R_p$ ) fue altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Para las diferentes modalidades de lastre (Factor A) impuesto al tractor durante el tránsito por las parcelas, también se detectó que en la profundidad de 5 a 15 cm la resistencia a la penetración fue significativa al 5%, esto debido a que en las capas superiores es donde más se refleja la

compactación por el lastre adicionado al tractor, altamente significativa en humedad de suelo ( $H_o$ ) a una profundidad de 5 a 15 cm, y significativa en los niveles de 15 a 30 y 30 a 45 cm, el lastre en el tractor en presencia de la humedad gravimétrica ( $H_o$ ) es un importante componente, lo cual trae como consecuencia alteraciones sustanciales en el suelo de cultivo por donde transite el sistema de rodaje del tractor agrícola. Para el número de veces que el tractor transitó por las diferentes parcelas (Factor B) no hubo diferencias significativas para ningún nivel de profundidad, ni en la interacción lastre por tránsito ( $A \times B$ ).

Al analizar las medias generales se observó una disminución lógica, que se desplaza desde los niveles superior (5 a 15 cm) a inferior (30 a 45 cm), lo cual está relacionado con el aumento gradual de la humedad gravimétrica en el suelo correspondiente a estos mismos niveles de profundidad. Los coeficientes de variación para los niveles de 15 a 30 cm y 30 a 45 cm en las mediciones hechas en resistencia a la penetración ( $R_p$ ) fueron altos con respecto al nivel superior, y esto queda demostrado por las variaciones registradas en la humedad gravimétrica para los niveles correspondientes, las cuales influyeron en la compactación del suelo. Los coeficientes de variación (C.V.) mostrados en la resistencia a la penetración ( $R_p$ ) en las profundidades de 30 cm y 45 cm, son altos, debido a la presencia de un mayor contenido de humedad gravimétrica ( $H_o$ ) en estos niveles del suelo, lo cual altera generalmente las mediciones realizadas.

Cuadro 1. Suma de cuadrados y valores de F para la resistencias a la penetración (Rp) medida a diferentes profundidades y humedad del suelo (Ho), con cuatro diferentes lastres (métodos) en el tractor y diferentes intensidades de tráfico en un suelo vertisol, en El Cerrillo Piedras Blancas, Edo. de México. Año 2 008.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rp (kPa) (15 cm)	Rp (kPa) (30 cm)	Rp (kPa) (45 cm)	Ho (%) (15 cm)	Ho (%) (30 cm)	Ho (%) (45 cm)
Repeticiones	2	1,580**	2,88ns	0,62ns	0,103ns	18,470ns	33,836ns
Lastre (A)	4	0,513*	0,632ns	0,746ns	25,784**	38,044*	75,956*
Tránsito (B)	2	0,380ns	0,604ns	0,110ns	0,702ns	13,582ns	15,166ns
Lastre x tránsito (AxB)	6	0,043ns	0,403ns	0,139ns	3,299ns	5,206ns	14,043ns
Media general	---	418	308	188	14,35	16,27	21,31
C.V. (%)	---	10,16	33,14	30,82	11,86	3,06	16,61

ns = no significativo al 5% y \* ó \*\* = significativo al 5 ó 1% , respectivamente.

La resistencia a la penetración [Rp (15cm)] fue similar pero el tratamiento aire incompleto sin contrapeso (AIS), tuvo el valor más alto a 15 cm (Cuadro 2). Estos resultados muestran lo impredecible que resultan en algunos casos la determinación de las propiedades físicas del suelo vertisol. La resistencia a la penetración en el tratamiento testigo fue la más baja a 15 y 30 cm y la humedad gravimétrica también fue la más alta en ambos niveles de profundidad. Los valores alcanzados en el nivel superior analizado, podrían atribuirse a los procesos naturales de consolidación y compactación, producto de la nivelación realizada años antes y al tránsito reiterado de tractores y máquinas agrícolas en las diferentes labores de siembra y cultivo.

Al analizar el comportamiento de la resistencia a la penetración [Rp (30cm)] en el nivel de profundidad de 15 a 30 cm, se observa que estadísticamente todos los valores para las diferentes variables son iguales, pero siempre estos valores están por encima del testigo y en el caso de aire incompleto con contrapesos (AIC) estuvo un 19,5% por encima de éste; esto reafirma lo planteado por Botta *et al.* (2002), quienes señalan que a veces no es concluyente la masa y sí el número de pasadas en una misma senda de la

compactación subsuperficial, pues al tener menor presión el neumático, la masa disminuye por unidad de superficie. Sin embargo, en el presente estudio se registró una

*Manejo del Suelo y Mecanización Agropecuaria*

mayor compactación, influida por una baja humedad gravimétrica en el suelo. Se puede notar que el testigo tuvo la menor resistencia a la penetración, y la mayor humedad gravimétrica, pero debe considerarse que en los senderos adyacentes a las parcelas experimentales no se laboró el suelo con multirado.

Cuadro 2. Comparación de medias para la resistencia a la penetración (Rp) y humedad del suelo (Ho), por niveles de profundidades evaluadas en El Cerrillo Piedras Blancas, México, 2008.

Variables	Rp (15cm) (kPa)	Ho (15cm) (%)	Rp (30cm) (kPa)	Ho (30cm) (%)	Rp (45cm) (kPa)	Ho (45cm) (%)
ACC	415ab	13,33b	285a	16,68ab	218a	18,41b
AIC	424ab	13,27b	350a	13,91b	214a	18,71b
ACS	425ab	15,08b	292a	16,46ab	161a	23,08ab
AIS	433a	14,01b	316a	16,11ab	157a	23,00ab
testigo	341b	19,43a	282a	22,04a	201a	27,45a

Las medias con la misma literal dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey,  $p < 0,01$ ).

ACC = tractor con aire completo y contrapesos; AIC = tractor con aire incompleto en los neumáticos y contrapesos; ACS = tractor con aire completo en los neumáticos y sin contrapesos; AIS = tractor con aire incompleto en los neumáticos y sin contrapesos.

Se observó que en la profundidad de 30 a 45 cm, la resistencia a la penetración (Rp) fue disminuyendo a medida que se le restaba lastre al tractor y a medida que la superficie del neumático era mayor y, por lo tanto, había una menor masa por unidad de superficie asentada en el suelo, independientemente de la humedad gravimétrica, la cual fue importante en la disminución de la Rp en los tratamientos ACS y AIS. También el valor bajo de la resistencia a la penetración en aire incompleto sin contrapesos está acorde con lo que plantea Alakukku (1997) ya que la presión del aire en el neumático es de 75 kPa, o sea 25 kPa por encima de lo planteado por este investigador. En la Figura 1 se muestra el comportamiento entre resistencia a la penetración y humedad, a una profundidad de 30 a 45 cm en la cual se puede observar claramente como a medida que

aumenta el contenido de la humedad gravimétrica (Ho) en el suelo para cada una de las variables la resistencia a la penetración (Rp) en la cual se puede observar claramente como a medida que aumenta el contenido de la humedad gravimétrica (Ho) en el suelo, para cada una de las variables la resistencia a la penetración (Rp) disminuye ostensiblemente.

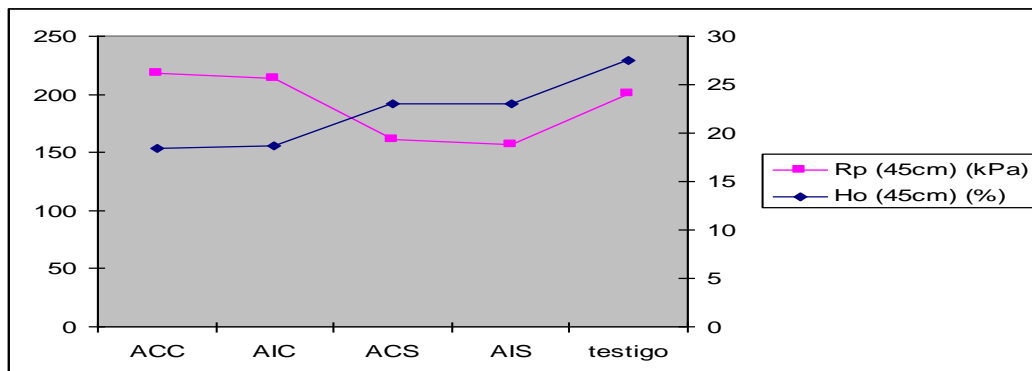


Figura.1. Comportamiento de la humedad gravimétrica en el suelo y resistencia a la compactación a la profundidad de 30 a 45 cm en los diferentes tratamientos ensayados.

La correlación entre Rp (30cm) y Rp (45cm) fue positiva y significativa ( $r = 0,48^*$ ), lo cual indica que entre niveles la resistencia a la penetración sufre modificaciones, las cuales pueden alterar las propiedades físicas del suelo, pero las correspondientes a Rp(15cm) y Ho(15cm), Rp(30cm) y Ho(30cm) y Rp(45cm) y Ho(45cm) fueron negativas y significativas y tuvieron valores de r de -0,415; -0,627 y -0,421; respectivamente, la presencia de altos porcentos de humedad gravimétrica (Ho) en el suelo modifica el comportamiento de la resistencia a la penetración y a su vez esto conlleva a una mayor densificación del mismo. La correlación entre la Rp y la Ho en el nivel de profundidad de 30 cm es negativo y altamente significativo, lo cual es indicativo de lo dañino que resulta a las capas subsuperficiales esta combinación, pues ello muestra que las correlaciones negativas que se observan en el presente estudio, indican que altos valores de humedad gravimétrica en el suelo han estado asociados con bajas resistencias a la penetración o viceversa.

Cuadro 3. Análisis de correlación entre resistencia a la penetración y humedad del suelo a diferentes niveles de profundidad. El Cerrillo Piedras Blancas, Edo. de Méx. Año 2008.

Variables	Rp (kPa) (30 cm)	Rp (kPa) (45 cm)	Ho (%) (15 cm)	Ho (%) (30 cm)	Ho(%) (45 cm)
Rp 15 cm	0,232ns	-0,196ns	-0,415*	-0,104ns	0,073ns
Rp 30 cm		0,480*	0,086ns	-0,627**	-0,266ns
Rp 45 cm			0,102ns	-0,186ns	-0,421*
Ho 15 cm				0,183ns	0,210ns

ns = no significativo al 5% y \* ó \*\* = significativo al 5 ó 1% , respectivamente.

### CONCLUSIONES

Los valores de resistencia a la penetración (Rp) mostraron que el suelo vertisol en condiciones de sequía es muy inestable. En la capa superficial del suelo (5 a 15 cm ) hubo una gran influencia del lastre en el tractor y, en algunos casos, de la presión de aire en el neumático. La resistencia a la penetración [Rp(45cm)] en el nivel inferior disminuyó conforme se quitó lastre al tractor y también fue menor en función del aumento de la superficie de contacto del neumático con el suelo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alakukku, L.** 1997. Properties of fine-textured subsopils as affected by high axle load traffic. In: The Academic Dissertation: Long-term soil compaction due to high axle load traffic. Agric. Res. Centre of Finland. Institute of Crop and Soil Science. pp. 61-67.
- Becerra, C. M.; Madero E.; Herrera, O.; Amézquita, A.** 2005. Caracterización espacial de la compactación en terrenos de CIAT, Colombia. Revista del instituto de Investigación FIGMMG. Vol. 8(16):, 33-37 (2005). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISSN 1561-0888 (impreso)
- Botta, G., Jorajuría, D., y Draghi, L.** 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayish soil. Journal of Terramechanics. Vol.39: 47-54.
- Danfors, B.** 1994. Changes in subsoil porosity caused by heavy vehicles. Soil and Tillage Research 29: 135-144.
- Jorajuría, D; Draghi, L; y Aragon, A.** 1997. The effect of vehicle weigth on the distribution of compactation with depth and the yield of a Lolium/Trifolium grassland. Soil and Tillage Research. Vol.41, pp. 1-12.



**Jorajuría, D. and Draghi, L. 2000.** Sobre compactación del suelo agrícola. Parte I: Influencia del peso y el número de pasadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Vol. 4(3) 445-452.

**Martínez, G.A. 1988.** Diseños experimentales, Métodos y elementos de teoría. Trillas, México. 756 p.

**Montovani, E.C. 1987.** Compactacao do solo. Informe agropecuario. Belo Horizonte, 13(147):52-55.

**Raper, R., Erbach, D. 1990.** Prediction of soil stresses using the finite element method. *Transaction of the ASAE*. 33(3): 725-730.

**Sánchez-Girón Renedo. 1996.** Dinámica y Mecánica de suelos. Ed.: Agrotécnicas, Madrid, España, 426 p.

**Solari, F.A., Draghi, L., y Rossato, H.G., 2000.** Comparación de dos métodos de medición de superficies improntas de rodado de tractor. *Avances en Ingeniería Agrícola 1998/2000*. Ed. Facultad de Agronomía Buenos Aires. Argentina, 686 p.

**Voorheers, W.B. 1989.** Root activity related to shallow and deep compaction. In: *Mechanics and Related Processes in Structured Agricultural Soil*. pp. 173-186.



