

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
FÓSFORO EN PLANTAS DE LILIUM cv EUROVISION
MANEJADAS EN HIDROPONIA Y SUSTRATO COMERCIAL

T E S I S

QUE COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

P R E S E N T A :

OSCAR TOLEDO ROSAS



851271

JULIO DE 1997

Chapingo, Estado de México.

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FÓSFORO EN PLANTAS DE LILIUM cv EUROVISIÓN MANEJADAS EN HIDROPONIA Y SUBSTRATO COMERCIAL

Tesis realizada por Oscar Toledo Rosas bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESIDENTE: 
M.C. JOSÉ MERCED MEJÍA MUÑOZ

ASESOR: 
DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

ASESOR: 
M.C. MA. DE JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ

31576

ASESOR: 
M.C. AMANDO ESPINOSA FLORES

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FÓSFORO EN PLANTAS DE LILIUM cv EUROVISIÓN MANEJADAS EN HIDROPONIA Y SUBSTRATO COMERCIAL

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Oscar Toledo Rosas autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por :

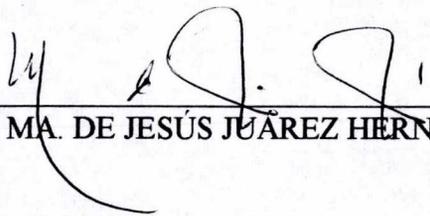
PRESIDENTE:


M.C. JOSÉ MERCED MEJÍA MUÑOZ

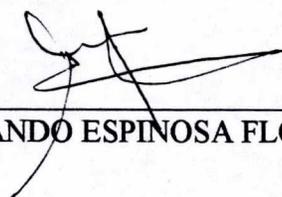
ASESOR:


DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

ASESOR:


M.C. MA. DE JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


M.C. AMANDO ESPINOSA FLORES

DEDICATORIA

A mis padres **Gregorio** y **Claudia** por su ejemplo de fortaleza y serenidad durante las adversidades de la vida, pero sobre todo por el amor y dedicación que han puesto en la formación de sus hijos.

A mi esposa **Yolanda** por su entusiasmo y apoyo en la realización de este trabajo y su infatigable amor y paciencia.

A mi hijo **Oscar** que me motiva a la superación.

A mi hermana **Mirna** en reconocimiento de su valioso apoyo y comprensión durante mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme realizar los estudios de Maestría.

Al M.C. José Merced Mejía Muñoz por sus enseñanzas, valiosos consejos y acertadas sugerencias en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por su ayuda desinteresada, acertadas recomendaciones en la realización de este trabajo y sus enseñanzas durante mis estudios.

A la M.C. Ma. de Jesús Juárez Hernández por la revisión y sugerencias para mejorar la publicación.

Al M.C. Amando Espinosa Flores Por la revisión y sugerencias en la presentación de este documento.

Al Sr. Antonio Segura por las facilidades brindadas al proporcionar espacios para la realización de los experimentos.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria por brindarme el permiso para la realización de mis estudios.

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica por su apoyo económico durante mis estudios.

A todos los profesores y compañeros de la Maestría en Horticultura por su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice general	vi
Lista de Cuadros.....	ix
Lista de Figuras	xi
Resumen.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. <i>Lilium</i>	5
4.1.1. Taxonomía.....	5
4.1.2. Morfología del género <i>Lilium</i>	7
4.1.3. Crecimiento, desarrollo y floración.....	8
4.1.3.1. Ciclo de vida.....	8
4.1.3.2. Iniciación y diferenciación floral.....	8
4.1.3.2.1. Requerimientos para la iniciación floral.....	9
4.1.3.2.2. Momento de la iniciación floral.....	10
4.1.4. Requerimientos ambientales.....	11
4.1.4.1. Temperatura.....	11

4.1.4.2. Luz.....	13
4.1.4.3. Suelo.....	14
4.1.5. Nutrición de Lilium.....	14
4.1.5.1. Datos generales.....	14
4.1.5.2. Nutrición fosforada de Lilium.....	16
4.2. Fósforo.....	18
4.2.1. Absorción y traslocación del fósforo por la planta.....	18
4.2.2. Formas del fósforo en la planta.....	19
4.2.3. Factores que afectan la disponibilidad del fósforo.....	19
4.2.4. Funciones del fósforo en la planta.....	19
4.2.5. Alteraciones metabólicas y sintomatología de las plantas con deficiencias de fósforo.....	19
4.2.6. Concentración de fósforo en la solución del suelo y en las soluciones nutritivas.....	21
4.2.7. Fertilizantes fosforados.....	21
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
5.1. Localización.....	22
5.2. Materiales.....	22
5.2.1. Invernadero.....	22
5.2.2. Contenedores y sustrato.....	22
5.2.3. Solución nutritiva.....	23
5.2.4. Material vegetativo.....	24
5.3. Metodología.....	24
5.3.1. Diseño experimental.....	24

5.3.2. Factores de estudio.....	24
5.3.3. Tratamientos.....	25
5.3.4. Variables respuesta.....	25
5.3.5. Conducción del experimento.....	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
6.1. Análisis foliar.....	31
6.1.1. Contenido de fósforo.....	31
6.1.2. Contenido de nitrógeno, potasio y calcio.....	33
6.2. Peso seco de hojas.....	35
6.3. Peso seco de raíz.....	38
6.4. Incremento del calibre y peso del bulbo.....	43
6.5. Longitud del tallo e inflorescencia.....	49
6.6. Peso seco de tallo e inflorescencia.....	50
6.7. Diámetro del tallo.....	53
6.8. Porcentaje de la base del tallo con hojas muertas o cloróticas.....	55
6.9. Días a floración.....	55
6.10. Número total de botones producidos por planta y tamaño de flor.....	56
6.11. Porcentaje de botones muertos.....	57
VII. CONCLUSIONES.....	58
VIII. SUGERENCIAS.....	60
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	61
X. ANEXOS.....	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Promedios de peso seco de hojas por planta de <i>Lilium</i> cv Eurovisión sometidas a diferentes dosis de fósforo en la solución nutritiva.....	36
Cuadro 2.	Efecto de las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, sobre el peso seco de raíz (g) de plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión en hidroponía y substrato comercial.....	39
Cuadro 3.	Efecto de las formas de producción sobre el peso seco de raíz (g) de plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión sometidas a diferentes concentraciones de fósforo.....	40
Cuadro 4.	Promedios de peso seco de raíz por planta de <i>Lilium</i> cv Eurovisión sometidas a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.....	41
Cuadro 5.	Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el % de incremento del calibre del bulbo en plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión, en diferentes formas de producción.....	44
Cuadro 6.	Comparación de medias entre los efectos de formas de producción, sobre el % de incremento del calibre del bulbo en plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión, en diferentes concentraciones de fósforo.....	44
Cuadro 7.	Promedios del % de incremento del calibre de un bulbo de <i>Lilium</i> cv Eurovisión sometidos a diferentes concentraciones de fósforo.....	46
Cuadro 8.	Promedios del % de incremento del peso de un bulbo de <i>Lilium</i> cv Eurovisión sometidos a diferentes dosis de fósforo.....	47
Cuadro 9.	Promedios de la longitud del tallo (cm) de plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión, comparando a los once tratamientos estudiados.....	49

Cuadro 10.	Promedios de la longitud de inflorescencia (cm) de plantas de Lilium cv Eurovisión, comparando a los once tratamientos estudiados.....	49
Cuadro 11.	Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el peso seco del tallo (g) de plantas de Lilium cv Eurovisión, en diferentes formas de producción.....	51
Cuadro 12.	Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el peso seco de inflorescencia (g) de plantas de Lilium cv Eurovisión, en diferentes formas de producción.....	51
Cuadro 13.	Comparación de medias entre las formas de formas de producción, sobre el peso seco del tallo en plantas de Lilium cv Eurovisión, en diferentes concentraciones de fósforo.....	52
Cuadro 14.	Comparación de medias entre los efectos de formas de producción, sobre el peso seco de inflorescencia en plantas de Lilium cv Eurovisión, en diferentes concentraciones de fósforo.....	52
Cuadro 15.	Promedios de peso seco de un tallo y de una inflorescencia de Lilium cv Eurovisión a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.....	52
Cuadro 16.	Promedios del % de pérdida de diámetro en el tallo (base - ápice) de plantas de Lilium cv Eurovisión sometidas a diferentes dosis de fósforo.....	54
Cuadro 17.	Promedios de los días a floración de plantas de Lilium cv Eurovisión comparando los once tratamientos estudiados.....	55
Cuadro 18.	Promedios del número total de botones por planta de Lilium cv Eurovisión comparando los once tratamientos estudiados.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura A.	Variables respuesta que se evaluaron en el experimento "Efecto de diferentes concentraciones de fósforo en plantas de Liliium cv Eurovisión manejadas en hidroponia y sustrato comercial" y la forma en que se midieron.....	28
Figura 1.	Concentración foliar de fósforo en plantas de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.....	32
Figura 2.	Concentración foliar de Nitrógeno, Potasio y Calcio en plantas de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.....	34
Figura 3.	Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, sobre el peso seco de las hojas de plantas de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial.....	38
Figura 4.	Efecto de diferntes concentraciones de fósforo, sobre el promedio de peso seco de raíz por planta de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial.....	39
Figura 5.	Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, sobre el promedio de peso seco de raíz por planta de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial.....	42
Figura 6.	Efecto de diferentes concentraciones de fósforo sobre el % de incremento en el calibre del bulbo de plantas de Liliium cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial.....	43
Figura 7.	Porcentaje de incremento en el calibre y peso de los bulbos de Liliium cv Eurovisión, manejados en hidroponia y sustrato comercial.....	46
Figura 8.	Efecto de diferntes concentraciones de fósforo, (promedio del % de incremento) en calibre y peso de un bulbo de Liliium cv Eurovisión, manejados en hidroponia y sustrato comercial.....	48

Figura 9.	Efecto de diferentes concentraciones de fósforo sobre el promedio del peso seco del tallo y de la inflorescencia (mg) en plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión, manejadas en hidroponía y sustrato comercial.....	51
Figura 10.	Promedios del diámetro basal y apical del tallo (mm) en plantas de <i>Lilium</i> cv Eurovisión, manejados en hidroponía y sustrato comercial en diferentes concentraciones de fósforo.....	53

RESUMEN

Con el fin de estudiar el efecto del fósforo sobre el crecimiento y producción del cultivo de *Lilium* para flor de corte, así como para determinar la concentración de fósforo más adecuada para estas plantas, se realizó un trabajo experimental bajo condiciones de invernadero en los meses de mayo a agosto de 1996 en el municipio de Texcoco, México. Además del fósforo se estudiaron dos formas de producción: hidroponía y sustrato comercial.

Las plantas manejadas en hidroponía se desarrollaron en bolsas de polietileno negro con capacidad de 12 litros con arena de tezontle rojo. Las plantas manejadas en sustrato comercial, también se establecieron en bolsas pero como sustrato se usó una mezcla de hojarasca, arena de tezontle rojo y suelo franco, en proporción de 1:2:2.

La solución nutritiva que se utilizó para las dos formas de producción, se elaboró a partir de soluciones nutritivas que se han generalizado en la producción comercial de diferentes cultivos y a las que sólo se les fue variando la concentración de fósforo según el tratamiento. A las plantas manejadas en hidroponía se les aplicó solución nutritiva diariamente durante todo el ciclo, (2 l/contenedor); mientras que a las plantas manejadas en sustrato comercial, se les aplicó la solución nutritiva dos veces por semana (1.5 l/contenedor) y una vez a la semana se les puso agua potable (1.5 l/contenedor).

Se utilizaron bulbos de *Lilium* del tipo de los híbridos asiáticos cv Eurovisión, con calibres de 10 a 16 cm.

El experimento fue conducido según un diseño experimental completamente al azar, en arreglo factorial 2x5, usando diez repeticiones por tratamiento, la unidad experimental estuvo representada por un contenedor con cuatro plantas. Los factores de estudio fueron las formas de producción (manejo en hidroponía y en sustrato comercial) y las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva (0, 10, 20, 50 y 100 ppm). También se evaluó a un testigo, que fue manejado en sustrato comercial y al que se le suministró como fuente de fósforo, superfosfato de calcio triple en dosis de 2 kg/m³ de sustrato.

Al analizar los resultados obtenidos, observamos que la longitud del tallo y la inflorescencia, los días a floración, el número total de botones por planta, el

porcentaje de botones muertos y el tamaño de flores, no sufrieron cambios estadísticamente significativos, cuando las plantas fueron sometidas a diferentes concentraciones de fósforo ó a las dos formas de producción.

Por otro lado, el incremento en la concentración de fósforo en la solución nutritiva, provocó incrementos estadísticamente significativos en el peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia; así como también en el diámetro apical del tallo y el calibre y peso del bulbo. En lo que se refiere al nivel nutricional de la planta, se observó que los incrementos de fósforo en la solución nutritiva, causaron un incremento en la concentración de nitrógeno, fósforo y calcio en las hojas de las plantas. Las concentraciones de 50 y 100 ppm de fósforo fueron las que produjeron los mayores incrementos en las variables antes mencionadas.

Se pudo comprobar que las plantas de *Lilium* manejadas en hidroponia tuvieron menor peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia, así como menor calibre y peso del bulbo y menor diámetro de tallo que las plantas manejadas en sustrato comercial.

También se observó que el uso de ácido fosfórico en la solución nutritiva como fuente de fósforo, dió como resultado plantas de *Lilium* con mayor calibre y peso del bulbo; mayor peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia y mayor diámetro apical del tallo, en comparación con el resultado que se obtuvo en las plantas en donde la fuente de fósforo fue el superfosfato de calcio triple, en las mismas concentraciones. Por último, también pudo comprobarse que el uso de superfosfato de calcio triple en dosis de 2 kg/m^3 de sustrato, no causa síntomas de daños por flúor en plantas de *Lilium* cv Eurovision.

SUMMARY

In order to determine the effect of the phosphorus in growing and production of the Liliun for a cut flower, moreover to determinate the best phosphorus concentrations for these kind of plants, it was made a experimental work with the cv Eurovision in Texcoco, Mexico. Also was estuded two productions forms: hidroponic culture and comercial media.

The plants was handled in polyethylene bags with 12 dm³ of capacity. Was used two growing medias, the comercial media was a mixture of trash, volcanic sand and soil of texture in proportion 1:2:2; the hidroponic media was volcanic sand with a diameter of 0.2 - 2.0 mm. The experiment was conduced as a completely random design in factorial order 2x5, with 10 repetitions by treatment, the experimental unity was a container with four plants and was evaluated two factors: Productions forms (hidroponic culture and culture in comercial media) and phosphorus concentrations (0, 10, 20, 50 and 100 ppm). Also was evaluated a witness handled in comercial media and with superphosphate triple in dosis of two Kg/m³ of media.

The increase of phosphorus in the nutritive solution cause an increase in the concentration of nitrogen, phosphorus and calcium in the upper leaves of the Liliun plants, the 50 and 100 ppm concentrations were those than produced the largest increases.

The increase in phosphorus concentration in the nutritive solution cause significant statistic increases in the dry weight of leaf, root, stem and inflorescence, also in the diameter of the stem and calibre and weight of the bulb. The concentrations than produced the largest increases were 50 and 100 ppm.

The plants handled in hidroponic culture show less dry weigth of leaf, root, stem, and inflorescence, also less diameter of the stem, and calibre and weight of the bulb than the plants handled in comercial media.

Also was observed than the use of phosphoric acid in the nutritive solution promote Liliun plants with greater diameter and weight of bulb, greater dry weight of leaf, root, stem and inflorescence than the plants handled with superphosphate of calcium triple in the media.

I. INTRODUCCION

En México, las exportaciones son prioritarias; gracias a su variedad de microclimas posee un potencial de producción de plantas ornamentales que, combinado con la demanda mundial agrícola y la cercanía con Estados Unidos y Canadá, hace que el país tenga perspectivas muy favorables para el desarrollo de la floricultura de exportación.

Según expertos, México puede llegar a ser un importante productor y exportador de plantas ornamentales, dependiendo de la organización y de los programas de producción que se tengan y podría estar exportando anualmente 1000 millones de dólares por año para el año 2000 ó para el 2010.

Pero no todo es positivo, en la producción florícola en la actualidad enfrenta serios problemas como: falta de acceso a la utilización de agroquímicos y medios modernos de producción; dependencia del extranjero en relación a tecnologías e insumos; problemas fitosanitarios; falta de una tecnología propia y moderna y escasez de agua (ASERCA, 1992). Para contrarrestar en alguna medida los efectos negativos de la problemática, deben generarse tecnologías apropiadas a las condiciones de cada zona de México; ser apropiadas para predios pequeños y para cultivos de alto valor en mercado; permitir la ocupación plena de mano de obra no calificada; ser factible de llevarse a cabo aún en condiciones de suelo y agua limitantes para la agricultura convencional, y que sean susceptibles de practicarse por los productores del país.

El *Lilium* es una planta de bulbo, que como flor de corte ha alcanzado gran popularidad e importancia en los últimos años ya que su cultivo se ha expandido a países de climas templados y subtropicales, de modo que actualmente ocupa a nivel mundial, el tercer lugar de las flores de bulbo, después del tulipán y el gladiolo. En lo que se refiere a su demanda, en relación a las demás especies importantes de flores por su volumen de venta, las estadísticas holandesas más recientes muestran a el *Lilium* como la planta ornamental con el ascenso más rápido en los últimos años y se ubica entre las diez especies más vendidas en ese país (Bañón, et al., 1993; C.I.B.F., s.f.; Beltrán, 1996).

El aumento en la producción de *Lilium* es debido en gran parte a los nuevos cultivares que el mercado de las bulbosas ofrece para flor de corte durante todo el año y en particular a la creciente demanda de los consumidores a nivel mundial (Beltrán, 1996; C.I.B.F., s.f.).

En Estados Unidos en 1990 la producción de liliom vendida por mayoreo alcanzó valores de 36.9 millones de dólares y se estima que para mediados de dicha década rebasó ya los 50 millones de dólares (Miller, 1992).

La asociación de productores de Villa Guerrero en el estado de México, menciona que el incremento de la producción de Liliom como flor de corte en nuestro país es impresionante, ya que sólo en la zona de Villa Guerrero el área cultivada con esta flor pasó de 380 m² en 1989 a 40 000 m² en 1992 (Villegas, 1994).

El incremento del área cultivada de esta flor, se dió por la gran demanda de esta planta ornamental durante todo el año, tanto en el mercado nacional como en el de exportación por su gran porte y belleza, lo que permite que se le encuentre en todo tipo de arreglos florales, además de ofrecer una prolongada vida en florero.

En México, el precio por mayoreo de un bonche de flores de Liliom (diez tallos) durante 1996, fue de 30 a 40 pesos para los híbridos asiáticos, y de 60 a 110 pesos para los híbridos orientales (Beltrán, 1996).

Existe mucha información publicada sobre el crecimiento, desarrollo y manejo de Lilium longiflorum, pero es poco lo que se ha publicado acerca de los híbridos usados para flor de corte, y aunque en algunos aspectos el comportamiento es el mismo, en otros como el enraizamiento, la nutrición, los cuidados postcosecha, etc. el manejo es muy diferente (Miller, 1992).

Se cree que una de las causas importantes por las que las plantas de Liliom presentan bulbos chicos, tallos cortos y delgados, caída de botones florales y pocas flores por tallo, es la deficiencia de fósforo. También se dice que esta carencia, en muchos casos, no ha podido ser remediada a causa de que los fertilizantes fosforados comerciales más comunes aportan cantidades importantes de flúor al sustrato. Lo grave de esta situación es que en las plantas ornamentales de bulbo en general y particularmente las plantas de Liliom, el flúor produce marcados síntomas de toxicidad que demeritan su calidad y por lo tanto su valor económico (C.I.B.F., s.f.; Wilkins, 1992; Marouski, 1981; Tsujita, 1979).

Afortunadamente, en el mercado existe una fuente de fósforo que no contiene flúor (H₃PO₄), haciendo posible que se puedan hacer pruebas con dosis altas de fósforo sin tener problemas de intoxicación por flúor. Una investigación con esta temática permitirá saber si existe una dosis de fósforo cuyo efecto produzca plantas con una mayor calidad sin causar daños colaterales, así como la respuesta en general de las plantas de Liliom a diferentes concentraciones de este macronutriente.

Una alternativa que permite enfrentar varios de los problemas que presenta la producción florícola actual en México es la técnica de producción en hidroponía; con esta modalidad, según Sánchez (1991), se puede producir bajo condiciones limitantes de suelo, ya que no se requiere del mismo, también es factible un gran ahorro de agua o utilización de ésta con un gran contenido de sales (no apta para la agricultura

convencional), es también adaptable a predios muy pequeños y con la ayuda de los invernaderos se puede tener producción durante todo el año debido a que los cultivos no están expuestos en forma directa a algunos factores del clima como son las bajas temperaturas, las granizadas, los vientos, etc. En la presente investigación se estudiará el efecto del fósforo en las plantas de *Lilium* manejadas en forma tradicional y en hidroponia.

II. OBJETIVOS

1. Evaluar el comportamiento de *Lilium* bajo diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.
2. Determinar, en su caso, que concentración de fósforo es la más apropiada para producir flores de *Lilium* como flor de corte en hidroponía y en sustrato comercial.

III. HIPÓTESIS

- Las respuestas de las plantas de *Lilium* a distintas concentraciones de fósforo son diferentes.
- La concentración óptima de fósforo, para la producción de plantas de *Lilium* manejadas en sustrato comercial es diferente a las manejadas en hidroponía.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 LILIUM

4.1.1 Taxonomía

El término "Lilium" deriva de la palabra céltica "Li" que significa "blancura" esto se aplica específicamente al *Lilium candidum* aún cuando el más conocido es el *Lilium longiflorum* ambas especies son de color blanco lustroso (Bañón, et al., 1993).

El género Lilium, es una planta monocotiledónea que pertenece al orden de las helobiales y a la familia de las Liliáceas, estando extensamente distribuido por todo el planeta lo que conlleva cierta controversia en cuanto a su clasificación botánica y a su origen (Miller, 1992).

Botánicamente existen alrededor de 80 especies de Lilium y varios cientos de cultivares, por lo que actualmente, y a través de base adoptada por la Royal Horticultural Society y a la American Lily Society (citados por Bañón, et al., 1993), se ha concretado una clasificación en la cual el género se contempla en nueve divisiones, bastante prácticas:

- División I .- Híbridos asiáticos
- " II .- Híbridos margaton
- " III .- Híbridos candidum
- " IV .- Híbridos americanos
- " V .- Híbridos longiflorum
- " VI .- Híbridos trompeta
- " VII .- Híbridos orientales
- " VIII.- Contiene a los híbridos no señalados antes.
- " IX .- Contiene a todas las especies verdaderas.

Por otra parte Miller (1992), menciona que actualmente se ha llegado a una ordenación del material vegetal principalmente dirigida a la mejor interpretación comercial y que ha quedado establecida con la denominación de distintos híbridos y tipos; estos grandes grupos son: Híbridos asiáticos, Híbridos orientales, Tipo longiflorum y tipo Speciosum.

Los *Lilium* que se usan como flores de corte, pertenecen principalmente a dos grupos, los híbridos asiáticos y los orientales, ambos grupos provienen de especies que son originales de China y Japón (Corr y Wilkins, 1984; citados por Beattie y White, 1992).

Corr y Wilkins en 1984 (citados por Beattie y White, 1992) publican que la principal diferencia entre los híbridos asiáticos y los orientales, son sus progenitores; los híbridos orientales son derivados de cruces entre *L. aureum*, *L. speciosum* y *L. rubrum*; otra de sus características es que tienden a ser más tardíos que los asiáticos para su floración. Las flores de los orientales son de color blanco y rosa principalmente, también es frecuente que estas flores sean muy fragantes. Las anteras producen una gran cantidad de polen. Ejemplos de híbridos orientales son los cultivares "San Souci", "Casa blanca" y "Star Gazer".

Para los híbridos asiáticos, son 12 aproximadamente, las especies que dieron origen a los principales cultivares que conocemos hoy en día, entre esas especies destacan: *L. amabile*, *L. bulbiferum*, *L. concolor*, *L. dauricum*, *L. davidii*, *L. x maculatum*, *L. x hollandicum*, *L. leichtlinii*, *L. pumilum*, *L. lancifolium* entre otras. Las especies usadas en los híbridos asiáticos, tienen flores de una gran diversidad de colores (excepto el azul) y formas, así como también una gran variación en lo que se refiere a precocidad. Los colores de estas especies son principalmente naranjas, rojo y ocasionalmente amarillas (Corr y Wilkins, 1984; citados por Beattie y White, 1992).

Según Bañón et al. (1993), otras características que distinguen a los híbridos orientales de los asiáticos son:

El calibre del bulbo (circunferencia máxima del bulbo, tomada en el plano ecuatorial y medida en centímetros), es más grande para los híbridos orientales (16-22 cm) que para los asiáticos (10-16).

Los bulbos de los híbridos orientales son más caros que los asiáticos aproximadamente en un poco más del doble.

Los híbridos asiáticos pueden conseguirse en cualquier época del año, en cambio los orientales, que tienen una mayor sensibilidad al frío, no pueden ser conservados durante mucho tiempo y deben ser plantados rápidamente, por lo que se limita su adquisición a unos pocos meses del año a partir del mes de agosto.

Los híbridos asiáticos tienen un ciclo de cultivo más corto (a partir de 50 días según la fecha de plantación), que los orientales, y son menos exigentes en condiciones climáticas lo que permite cultivarlos en infraestructuras no muy sofisticadas.

La flor de los híbridos asiáticos es más pequeña, pero tienen más botones florales que los orientales, y además su crecimiento es vertical y no colgante, con lo que el transporte es una ventaja más sobre los orientales.

4.1.2 Morfología del género *Lilium*

El sistema radical de las plantas de *Lilium* es abundante y presenta una densa cabellera de raíces adventicias caulinares y otras de tipo basal. Las raíces principales basales son carnosas con tonalidades marrones que se oscurecen con el tiempo; tienen grosores de 2 a 3 mm y longitudes de 12 a 15 cm. Sobre las raíces principales se distribuyen alternadamente las raíces secundarias, con diámetros de 1 mm y de 1 a 3 cm de largo, de color más pálido que las principales (Bañón, et al., 1993).

Las raíces salen siempre en la base del bulbo, emergiendo del disco basal, esto está motivado porque el crecimiento de las raíces es continuo y no se detiene nunca debido a que la dormancia o letargo de los bulbos no es completa (Bañón, et al., 1993).

Miller (1992), menciona que además de las raíces basales, hay una importante emisión de raíces adventicias en el tallo, en posición superior al bulbo; estas tienen una gran relevancia por su función captadora de nutrientes y agua, necesarios para cubrir las necesidades nutritivas de la planta. Las raíces que surgen del bulbo son perennes y no se renuevan cada año como sucede con otras plantas bulbosas, mientras que las raíces adventicias mueren siempre cada año con el resto de la parte aérea de la planta.

El tallo, que surge desde un disco basal situado en el interior del bulbo, es erecto, simple y cilíndrico, con grosores entre 1 y 2 cm de diámetro que le dan apariencia robusta; a menudo se presenta manchado o pigmentado, coloreado en tonalidades oscuras y densamente poblado de hojas alternas (Bañón, et al., 1993).

Las hojas son lanceoladas u óvalo-lanceoladas, con dimensiones variables de 10 a 15 cm de largo y con anchos de 1 a 3 cm, según el tipo; a veces son verticiladas, sésiles o mínimamente pecioladas. Las hojas son paralelinerves en el sentido del eje longitudinal y de color generalmente verde intenso (Bañón, et al., 1993).

Las flores se sitúan en el extremo del tallo, son grandes o muy grandes; sus sépalos y pétalos constituyen un perianto de 6 tépalos de gran número de colores, excepto el azul, que se muestran desplegados o curvados dando a la flor apariencia de trompeta, turbante o cáliz. Los órganos reproductores masculinos están dotados de 6 estambres que poseen anteras oscilantes bastante voluminosas; el pistilo, trilobulado en su extremidad, forma el órgano femenino. El ovario está dividido en tres carpelos que abrigan cada uno dos grupos de óvulos (Miller, 1992).

Las flores se disponen solitarias o agrupadas en inflorescencias racimosas, mostrándose erguidas o penduladas. Ciertos cultivares poseen flores delicadamente perfumadas (Bañón, et al., 1993).

El fruto es una cápsula trilocular con dehiscencia loculicida independiente y está provisto de numerosas semillas, generalmente alrededor de 200 (Bañón, 1993).

La semilla es normalmente aplanada, frecuentemente alada y con dotación cromosómica de $2n = 24$ y diploide casi siempre (Bañón, et al., 1993).

El bulbo en el género *Lilium* siempre está desprovisto de túnica (por lo que se clasifica como no tunicado), es de forma redondeada y agudizada en su parte distal, y está formado por una serie de hojas modificadas que se agrupan en torno a un disco basal o tallo modificado. Estas hojas modificadas tienen aspecto de escamas carnosas, de color blanco, rosado o pardo, con forma triangular, mas o menos larga; almacenan las sustancias de reserva necesarias para mantener a la planta antes de formarse y especializarse el sistema radical adventicio y asumir esa función (Miller, 1992).

Hay otro tipo de bulbos más pequeños (los bulbillos), unos son los de tipo epígeo, que se desarrollan en las axilas de las hojas de ciertos tipos de *Lilium* y que al tener las flores estériles y no producir semillas, emiten este tipo de bulbos para aumentar su capacidad reproductiva. También existen los bulbillos tipo hipógeo que pueden evolucionar tanto del sistema radical caulinar como del bulbo principal y que también tienen como propósito la reproducción (Miller, 1992).

4.1.3 CRECIMIENTO, DESARROLLO Y FLORACIÓN

4.1.3.1 Ciclo de vida

Beattie y White (1992) dicen que el ciclo de crecimiento y desarrollo de la mayoría de los tipos de *Lilium* puede ser dividido en las siguientes fases:

1. Reposo de bulbos durante el invierno
2. Elongación del tallo y floración a finales de primavera y principios de verano
3. Senescencia en el otoño

El *Lilium* necesita de una secuencia de temperatura frío-calor-frío para su crecimiento normal. El ciclo de esta plantas es afectado por los factores ambientales y su genética (Beattie y White, 1992).

4.1.3.2 Iniciación y diferenciación floral

Ya que las plantas de *Lilium* son cultivadas principalmente por sus flores, la floración es el evento mas importante en el ciclo de desarrollo y crecimiento. Langhans (citado por Beattie y White, 1992) divide los aspectos visibles de la floración en cuatro etapas:

- 1.- Iniciación floral
- 2.- Diferenciación floral (organogénesis)

3.- Maduración de las flores

4.- Antesis

La iniciación floral es la etapa del ciclo de vida cuando la planta cambia su crecimiento vegetativo a reproductivo. La diferenciación floral involucra la formación de partes florales y es llamada organogénesis. La diferencia entre iniciación y diferenciación floral es algo arbitraria porque el cambio de una etapa a otra es continuo. La maduración floral consiste en el crecimiento de las partes florales, diferenciación de los tejidos esporogénicos, meiosis, y desarrollo del polen y saco embrionario. La antesis es la apertura del botón floral o floración. La mayoría de las investigaciones relacionadas con iniciación y diferenciación floral se han hecho con *L. longiflorum* y de ahí se han extrapolado los resultados a los híbridos asiáticos con malos resultados (Beattie y White, 1992).

4.1.3.2.1 Requerimientos para la iniciación floral

La iniciación floral en plantas de *Lilium* es variable y depende de factores como la temperatura, el fotoperiodo, el tamaño del bulbo y su genotipo. En los párrafos siguientes, se presentan los resultados de algunos investigadores que muestran como los factores antes mencionados, determinan o modifican la iniciación floral en las plantas de *Lilium*.

La temperatura es uno de los factores mas importantes ambientales que regulan la floración en *Lilium*, el *L. longiflorum* y algunos híbridos requieren un período de bajas temperaturas (vernalización) para florecer. Sin embargo el rango de bajas temperaturas necesarias para la mayoría de los híbridos así como el tiempo que debe durar no se ha investigado todavía, incluso se ha observado que algunos híbridos asiáticos han iniciado su floración antes de ser cosechados, es decir, llegan a floración aún sin la necesidad de un tratamiento con bajas temperaturas (Wilkins citado por Larson, 1992).

En lo que se refiere a la influencia del fotoperiodo en la iniciación floral, por muchos años se dijo que los *Lilium* eran plantas de día neutro, sin embargo se ha visto que muchos de ellos son plantas cuantitativas de día largo. *L. longiflorum* puede ser programado para floración forzándolo bajo condiciones de día largo aún sin que haya recibido vernalización (Ogleve, citado por Beattie y White, 1992).

El tamaño del bulbo es otro de los factores que se dice tienen influencia en la iniciación floral, al respecto Curtis (citado por Miller, 1992), reporta que bulbos de *Lilium longiflorum* que fueron cosechados en época temprana (bulbos chicos todavía) no florecen, aún dándoles previamente un tratamiento de bajas temperaturas, mientras que bulbos que fueron cosechados más tarde (bulbos más grandes), florecieron de manera satisfactoria después de que se les dio un tratamiento de bajas temperaturas (4° C durante seis semanas). Por otro lado, Zhang et al. (1990) y Lange y Heins (1990), reportan que las plantas que proceden de bulbos grandes, son más altas, de

tallos más gruesos y con mayor número de flores que las plantas que procedían de bulbos pequeños. Por su parte, De Hertogh (citado por Miller, 1992) afirma que el número de flores en las plantas de *Lilium*, está determinado por el diámetro del meristemo apical y éste a su vez, está determinado por el tamaño del bulbo; de tal manera que a mayor calibre del bulbo, mayor diámetro del meristemo apical, lo que determinará que se forme un mayor número de flores.

Baranova (citada por Beattie y White, 1992), menciona que la iniciación floral en plantas de *Lilium* también depende de la composición genética de éstas y como ejemplo menciona que a diferencia de lo que ocurre con *L. longiflorum*, *L. martagon* y *L. dauricum* no necesitan de bajas temperaturas para poder florecer.

4.1.3.2 Momento de la iniciación floral

Se ha visto que el momento de la iniciación floral es muy variable según la especie de *Lilium* de que se trate, pero en general se ha observado que en los híbridos orientales la iniciación floral es prácticamente igual que para *L. longiflorum*, ambos grupos inician la floración después de la vernalización, cuando las plantas tienen entre 10 y 15 cm de altura, lo cual ocurre entre 20 y 30 días de ser plantado (Miller, 1992).

El momento de la iniciación floral en los híbridos asiáticos ha sido poco estudiado, pero en diferentes cultivares se ha observado que esta etapa se presenta mucho antes que en *L. longiflorum* y los híbridos orientales, incluso se ha observado que en algunos cultivares las plantas emergen del suelo ya con botones florales. Se piensa que en los híbridos asiáticos la iniciación floral se presenta en el bulbo y que las yemas florales están ya presentes al momento de la plantación como en el tulipán, pero es muy difícil generalizar un comportamiento para todos los híbridos asiáticos debido a la gran cantidad de especies que les dieron origen (Miller, 1992; Zhang et al., 1990).

Zhang et al. (1990), al hacer un experimento con tres cultivares de híbridos asiáticos de *Lilium*, observaron en todos los casos que la iniciación floral se había presentado antes de que los bulbos (que ya habían producido su tallo floral) fueran sacados del suelo (a los 100 días de plantación), incluso esos bulbos no necesitaron de un tratamiento de frío para salir del reposo y florecer nuevamente. En el mismo experimento se encontró también que el número de yemas florales diferenciadas es mayor en la medida que se tengan más días a la cosecha de los bulbos (siembra-cosecha), es decir en la medida que se aumenta la madurez.

Baranova (citada por Beattie y White, 1992) reporta que la organogénesis floral en *Lilium* usualmente es completada en 1.5 a 2 meses.

4.1.4 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

4.1.4.1 Temperatura

Es evidente que la mayoría de las investigaciones que se han hecho a cerca del comportamiento de las plantas de *Lilium* a diferentes temperaturas, han sido con *L. longiflorum* y en la actualidad se observa que el comportamiento de los híbridos de corte es muy diferente por lo que es necesario hacer investigación al respecto.

La temperatura adecuada para poder desarrollar normalmente un cultivo de *Lilium* tiene carácter estacional, presentando exigencias distintas según la época de plantación. Así mismo, hay unas demandas y tolerancias distintas según se trate de la temperatura que tenga que soportar el cultivo durante el día o la noche. También como cualquier otro carácter del cultivo, la temperatura adecuada para cada grupo es diferente y presenta fuertes diferencias varietales. En general la planta presenta una temperatura crítica a -2°C , con la cual se congela y muere (Bañón, et al., 1993).

Derek y Langhans (1961), mencionan que para *Lilium longiflorum* se recomienda tener temperaturas nocturnas uniformes de 16°C como mínimo ya que temperaturas más altas adelantan floración mientras que las más bajas la retrasan.

Por otro lado, Derek y Langhans (1961) al hacer un experimento con *L. longiflorum*, observaron que las plantas que crecieron a temperaturas entre 20 y 25°C durante la noche y el día respectivamente, acortaron el tiempo a floración, aumentaron la longitud de las plantas y redujeron el número de flores; en comparación con plantas que crecieron a temperaturas diurnas de 16 a 18°C y nocturnas de 10 a 16°C .

Wilkins (citado por Miller, 1992) reporta para *L. longiflorum* los siguientes datos en relación a temperatura:

Etapa	T. mínima	T. óptima	T. máxima
Vegetativa	$10 - 13^{\circ}\text{C}$	$16 - 18^{\circ}\text{C}$	$20 - 25^{\circ}\text{C}$
Reproductiva	$14 - 15^{\circ}\text{C}$	$17 - 18^{\circ}\text{C}$	$20 - 21^{\circ}\text{C}$

Miller (1992), menciona que en algunas especies, si se tienen al momento de la plantación ó en los días inmediatos a la plantación períodos largos con temperaturas superiores a los 25°C , se puede dar como resultado la desvernalización de los bulbos que ya han sido tratados con frío. En estos casos la planta no tendrá la formación del primordio floral y se corre el riesgo de que se forme un pseudobulbo en el ápice de estas plantas después de mantenerse varios meses en esas condiciones.

El C.I.B.F. (sin fecha) menciona que para los híbridos asiáticos de *Lilium* las temperaturas nocturnas deben oscilar entre 10 y 15°C y durante el día el rango va de 20 a 25°C siendo la óptima de 20°C , cabe recalcar que si la temperatura nocturna excede los 15°C la calidad de las flores desciende, aunque las flores todavía pueden

venderse, mientras que si la temperatura se mantiene en 20°C durante la noche y mas de 25°C durante el día, la calidad de las flores bajará a tal grado que se pierde totalmente el valor comercial de las plantas; ésto ocurre por acortamiento de las varas a causa de haberse acortado el ciclo de cultivo excesivamente y por reducción en el número de flores a causa de una gran aborción de botones. Es también importante mencionar que las plantas sometidas a temperaturas altas durante el ciclo de cultivo, presentan dehiscencia prematura de los pétalos florales. Las temperaturas óptimas nocturnas del aire deben estar entre 9 y 13°C, mientras que la del substrato no debe exceder los 20°C, principalmente en el primer mes, para asegurar un buen enraizamiento. Por otro lado si las temperaturas son muy bajas durante la noche (menos de 7°C), el cultivo se prolonga considerablemente y se genera una defoliación y amarillamiento de las hojas.

Generalmente las temperaturas altas en el día y la noche, dan el porcentaje mas alto de botones florales abortados, la situación se agrava cuando se incrementa la temperatura de la noche (Kinet, 1985; citado por Porcallo, 1993).

Los problemas causados por los excesos térmicos no son iguales en los distintos estados vegetativos de la planta, y si ésta se encuentra en la fase final de floración, una elevación de la temperatura sobre la óptima establecida, de unos 2 a 3°C, puede ser tolerada. También hay que tener en cuenta el carácter varietal y se ha comprobado que por ejemplo dentro de los híbridos Mid Century, el cultivar Enchantment, podría sufrir elevaciones de la temperatura diurna entre 20 y 25°C sin alterar su precocidad ni características cualitativas (Bañón, et al., 1993).

Se ha observado en varios cultivares de híbridos asiáticos de *Lilium* que cuando se tienen temperaturas altas en los invernaderos durante la noche (16°C vs 10°C), se acortan los ciclos de crecimiento, se reduce la longitud de los tallos y de las inflorescencias; y se aumenta considerablemente el porcentaje de botones florales abortados y tallos que no florecen (Beattie and White, 1992).

Roh (1990), al hacer un experimento con varios híbridos asiáticos, encontró que las plantas que eran sometidas, durante los primeros 14 días de crecimiento, a temperaturas día/noche 26/24°C aceleraban su floración y aumentaban el número de botones marchitos en comparación con las plantas que eran sometidas a temperaturas mas frescas (16/13°C). El contenido de fructuosa, glucosa y sacarosa en hojas y botones florales, fue mas bajo en las plantas que crecieron a temperaturas altas que en las plantas que crecieron a temperaturas bajas, ésto hace suponer que el abastecimiento de carbohidratos disponibles para el desarrollo de botones florales puede estar limitado en las plantas que crecieron a temperaturas altas y ésto pudiera causar el marchitamiento de los botones. Los datos experimentales antes mencionados, proponen que se deben evitar las altas temperaturas, sobre todo durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas de *Lilium* para flor de corte.

El C.I.B.F. (s.f.), menciona que temperaturas superiores a 15 °C afectan considerablemente la flor hasta llegar a perder todo el valor comercial, ya que la

planta no desarrolla adecuadamente presentando tallos cortos y con pocas flores, sobre todo si estas elevaciones de temperatura coinciden con días cortos, por otro lado, también se menciona que temperaturas excesivamente bajas (5-7° C) prolongan el cultivo considerablemente y generan defoliación y amarillamiento en las hojas.

4.1.4.2 Luz

Algunos tipos de *Lilium* se consideran plantas cuantitativas de día largo, y en general el fotoperiodo no solo afecta la iniciación floral en estas plantas sino que también afecta el desarrollo floral. Experimentos hechos con *L. speciosum* demostraron que el período de forzamiento es acortado por aproximadamente tres semanas cuando se aplica luz suplementaria durante 8 horas para alargar el día durante 6 semanas a partir de la emergencia del tallo. En el mismo experimento se vio que los tratamientos de día largo que aceleran el crecimiento reducen la longitud del tallo y el número de flores por planta (Boontjes et al., 1975).

Niveles muy bajos de luz reducen considerablemente la calidad de las plantas de *Lilium*, las características típicas de plantas que crecen en estas condiciones son: Incremento en la altura de la planta, elongación de los entrenudos y pedicelos y pobre calidad de la flor (Miller y Langhans, 1989 a,b).

Heins (1982) menciona que se ha encontrado que la luz tiene influencia sobre la forma de la planta, altura, iniciación floral y aborción de botones florales en *Lilium longiflorum*. En experimentos hechos por el mismo autor, demuestra que al comparar plantas que crecen bajo una malla sombra del 50% contra unas que crecen sin sombreo, estas últimas son mas pequeñas que las primeras, las cuales incrementaron su tamaño en un 40% mas que el testigo.

El momento en que mayor influencia tiene la luz sobre las plantas de *Lilium*, es durante el desarrollo de los botones florales. Una deficiencia o exceso de luz en esa época puede causar en algunos cultivares, la pérdida de todos los botones florales. Cuando se tienen excesos de luz, el problema se puede corregir sombreando las plantas con malla hasta que tengan de 30 a 40 cm de altura y luego se elimina (Herrerros, 1983).

Se ha reportado que en algunos cultivares de *Lilium* del tipo híbridos orientales, que una aplicación en forma constante de días cortos, inhibe casi por completo la floración a menos que se les haya dado a los bulbos un tratamiento previo de 5°C durante seis semanas. Por otro lado cuando se aplicaron en forma constante días largos solo se necesitó de una semana de almacenamiento de los bulbos a 5°C para tener un 100% de floración (Weiler, citado por Beattie y White, 1992).

Boontjes et al. (1975), reportan que el cultivar "Conecticut King" sufre una abundante aborción de botones florales durante el invierno a menos de que se le aplique

iluminación suplementaria, sobre todo cuando los bulbos son menores de un calibre de 10 cm.

Beattie y White (1992) indican que de manera general, la iluminación suplementaria acelera floración y reduce altura de planta, pero el efecto de reducción de altura es mas grande para los híbridos asiáticos que para los orientales, mientras que con la reducción del tiempo a floración el efecto es más fuerte en los híbridos orientales, incluso varios cultivares de híbridos asiáticos no adelantan floración al ponerles luz suplementaria.

Wilkins (1992) menciona que las plantas de *Lilium* necesitan de una intensidad luminosa aproximada de 25 Klx para minimizar la aborción de los botones florales. Por otro lado el C.I. B. F. (s.f.) indica que los híbridos asiáticos necesitan como mínimo 600 Joules al día por cm², con una duración mínima del día de 11 horas, teniendo mas requerimientos en luz los cultivares que tienen un ciclo de producción mas largo. El *L. longiflorum* tiene menores necesidades de luz que los híbridos asiáticos y los híbridos orientales son los de menores necesidades luminosas de los tres tipos mencionados.

4.1.4.3 Suelo

Los mejores suelos para las plantas de *Lilium* deben presentar una mayor proporción de arena con respecto a la arcilla, un alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5.5 y 7.5, así como una profundidad mínima de 35 cm para permitir el desarrollo radical de la planta (C.I.B.F.,s.f.).

En lo que se refiere a la salinidad del sustrato, se sabe que las plantas de *Lilium* crecen favorablemente siempre que la conductividad eléctrica no supere el 1.5 mS/cm. Otra cosa importante con respecto a las características químicas del sustrato, es que no deberá tener mas de 0.5 mmol / l de cloro. El agua de riego no deberá tener más de 0.5 mS/cm en su conductividad eléctrica (Miller, 1992).

4.1.5 NUTRICION DE LILIUM

4.1.5.1 Datos generales

En general todas las especies englobadas dentro del grupo comercial de las plantas bulbosas; se caracterizan por un órgano subterráneo mas o menos dotado de sustancias de reserva; ello, unido a su corto ciclo de cultivo, sería suficiente para reproducir a un ejemplar de las mismas características que él en condiciones silvestres, pero las normas de calidad, la creación de híbridos y la práctica de los ciclos de

cultivo fuera de su época natural, hacen indispensable un apoyo nutritivo extra, la fertilización (Bañón, et al., 1992).

En general, las plantas de *Lilium* usadas como flores de corte, no son muy exigentes en elementos nutritivos de origen mineral durante las tres primeras semanas después de la plantación, ya que es hasta ese momento cuando empieza a formarse su sistema radical adventicio por encima del bulbo, dicho sistema es de primordial importancia en la absorción de nutrientes. es importante mencionar que el bulbo y sus raíces, (Sin el sistema radical adventicio del tallo), son insuficientes para obtener una planta de calidad comercial como lo exige el mercado (C.I.B.F. s.f, Bañón, 1993).

Beattie y White (1992) citan un experimento de fertilización en Holanda para producción de bulbos de híbridos asiáticos, en donde se evidencia que el tamaño y peso de los bulbos producidos bajo un sistema de fertilización fraccionada (200 kg/ha de nitrato de amonio, 600 kg/ha de superfosfato y 850 kg/ha de potasa), es mucho mas grande que el de los bulbos producidos en un suelo sin fertilizar.

Según Slagen (1989), la absorción promedio de nutrientes por las plantas de *Lilium* del tipo Híbridos Asiáticos, durante un periodo de engorda de bulbillos es la siguiente:

Rendimiento de bulbos (ton/ha)	Absorción de nutrientes (kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
14.5	93	12	84	35	7

Tosi (citado por Beattie y White, 1992) al hacer un análisis de laboratorio de hojas y bulbos de *Lilium* del cultivar Enchantment encuentra los siguientes resultados:

Elementos	Plantas normales		Plantas deficientes	
	Hojas	Bulbos	Hojas	Bulbos
Macroelementos (%)				
Nitrógeno (N)	1.04	2.12	0.73	0.45
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.13	1.09	0.22	0.18
Potasio (K ₂ O)	2.13	2.63	0.28	0.58
Magnesio (MgO)	0.90	0.17	0.05	0.07
Calcio (CaO)	3.59	0.08	0.20	<0.10
Microelementos(mg/kg)				
Fierro (Fe)	221.00	186.00	129.00	39.00
Manganeso (Mn)	71.00	17.00	9.00	7.00
Boro (B)	60.00	17.00	25.00	7.00
Cobre (Cu)	5.10	5.70	3.00	1.60
Molibdeno (Mo)	0.47	0.73	0.12	0.20

La traslocación de nutrientes de las hojas a los bulbos empieza con la emergencia de aquellas, y aumenta considerablemente poco antes de su muerte. En general, los niveles de N, P, K y Zn en las hojas baja durante todo el ciclo de crecimiento de la planta, mientras que los niveles de Ca, Mg, y Cu se incrementan en las mismas fechas. El Fe decrece durante los primeros dos meses después de la plantación y luego se mantiene constante hasta el final del ciclo. Estos cambios en el flujo de nutrientes de las hojas de *Lilium* hacen muy difícil usar los análisis foliares como diagnóstico para determinar el estado nutricional de estas plantas (Chaplin, 1981).

Chaplin (1981) menciona que las mayores necesidades nutrimentales a lo largo del cultivo se presentan poco antes de cortar los tallo florales, siendo máxima la extracción de estos elementos nutritivos a excepción de fósforo en esos momentos

Bañón (1993) menciona que una proporción adecuada de una solución nutritiva para *Lilium* es 1-1-1.5 de N, P, K, aunque también menciona que la extracción de nitrógeno y potasio por los híbridos asiáticos, casi siempre guarda una proporción 1:2 (N:K).

Algunas recomendaciones para nutrición de plantas de *Lilium* son las siguientes:

- Aplicar en cada riego y durante todo el ciclo 225 ppm de N, 40 ppm de P y 235 ppm de K (Tsujita, et al., 1978 y 1979).
- Aplicar como fertilización de fondo antes de plantación uno a dos Kg de superfosfato de calcio triple por m³ de substrato y aplicar 200 ppm de N + 200 ppm de K en cada riego. (Tsujita, et al., 1978 y 1979).
- Para la producción de bulbos en campo en Estados Unidos se recomienda aplicar anualmente 140 kg/ha de N, 280 kg/ha de P₂O₅ y 200 kg/ha de K₂O. Fraccionando el nitrógeno en tres partes (Miller, 1992).

Bek (citado por Villegas, 1994) menciona que son indispensables las aplicaciones de nitrógeno tres semanas después de la plantación y en el momento de que se observan los botones florales.

Slagen et al.(1989), encontró que los rendimientos mas altos en la producción de bulbos de *Lilium* se obtienen cuando el nitrógeno es fraccionado, teniendo un óptimo con aplicaciones iniciadas a partir de un mes después de la plantación, con dosis de un cuarto del total de nitrógeno (150 Kg/ha) cada mes.

4.1.5.2 Nutrición fosforada en *Lilium*

Wilkins (1992) menciona que, en general, la deficiencia de fósforo en plantas de *Lilium longiflorum* provoca que éstas tengan pocas flores por tallo, y poco vigor. El Centro Internacional de Bulbos en Holanda (s.f.) menciona que las plantas de *Lilium*

son altamente sensibles al flúor por lo que recomienda tener cuidado con las aplicaciones de fósforo, sobre todo cuando se tiene en el suelo un pH abajo de 6.5.

Baguet (citado por Beattie y White, 1992) menciona que en algunas variedades de híbridos asiáticos, el uso de superfosfato en dosis de 2 a 3 kg/m³ de sustrato, causó fuertes daños a las hojas (acorchamiento).

Marouski (1981) reporta que los daños ocasionados por flúor se manifiestan fundamentalmente cuando se usan superfosfatos y consisten en una clorosis que posteriormente evoluciona a una necrosis en las hojas tanto basales como apicales. En las flores también se manifiestan las áreas necrosadas en los pétalos.

Para evitar problemas de deficiencias de fósforo o toxicidad por flúor, Wilkins (1992) recomienda aplicar 350-500 g de superfosfato de calcio simple por m³ de sustrato; o bien, 175-250 g de superfosfato de calcio triple por m³ de sustrato.

Beattie y White (1992) reportan que altos niveles de fertilizantes fosforados, son esenciales para un rápido desarrollo de las plantas.

Tsujita (1979) encontró que al aplicar concentraciones altas de fósforo (80 ppm de P en la solución nutritiva que se aplicó en cada riego) se redujo considerablemente la senescencia de las hojas.

Por otro lado, Marouski (1981) y Roorda (1980) encontraron que al usar como fuente de fósforo al fosfato dicálcico y al fosfato monocálcico no hubo manifestaciones de toxicidad por flúor.

Berghoef y Kappelhof (1981), al hacer un análisis de hojas jóvenes por una necrosis ocasionada por las aplicaciones de superfosfato, encontraron que todas ellas tenían deficiencias de calcio e indica que en las plantas jóvenes a las que se les detectó deficiencias de calcio cuando aún no manifiestan el chamuscamiento se les aplicó diariamente nitrato de calcio, con lo cual los daños fueron reducidos.

Por su parte, Miller (1992) recomienda tener en el suelo altos niveles de calcio y bajos de fósforo para evitar daños de chamuscado por flúor y menciona que una forma de lograrlo es haciendo aplicaciones de cal al suelo, complementando su recomendación, este mismo autor sugiere aplicar 20 ppm de fósforo junto con el agua de riego.

Tsujita (1978) encontró que niveles altos de fósforo (2 Kg de superfosfato de calcio triple por m³ de sustrato) incrementaban considerablemente la altura de las plantas, el contenido de clorofila en las hojas y el peso seco de raíces y tallos.

4.2 FOSFORO

Indudablemente uno de los aspectos más importantes en la producción de la mayoría de cultivos, es el conocimiento del fósforo y su manejo. De ahí que el estudio de este elemento se haga cada vez más intenso, como consecuencia del problema de su baja disponibilidad edáfica prevaleciente en muchas áreas agrícolas.

El estudio de la nutrición fosforada en las plantas es realmente importante ya que la limitada disponibilidad de este macroelemento frecuentemente restringe el crecimiento de las plantas.

4.2.1 Absorción y traslocación del fósforo por la planta

Normalmente las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de ion primario ortofosfato (H_2PO_4^-) y en menores cantidades el ion secundario ortofosfato (HPO_4^{2-}). La absorción por las raíces es una relación de 10:1 de los iones antes citados. Las cantidades relativas absorbidas por las plantas de estos dos iones son afectadas por el pH del medio que rodea a las raíces. Otras formas de fósforo como los metafosfatos, los pirofosfatos y algunas orgánicas son absorbidas en muy pequeñas cantidades (Rodríguez, 1982).

Se sabe que la absorción del fósforo por las raíces de las plantas es activa y que ésta se incrementa cuando la planta presenta actividades metabólicas más altas; éste y otros datos experimentales, sugieren que el metabolismo de los carbohidratos en la respiración es lo que controla el proceso absorción activa del fósforo. También ha sido muy evidente que la capacidad de las plantas para absorber fósforo es muy variable, no solo entre especies sino también entre cultivares, por lo que se afirma que esta característica está fijada genéticamente (Mengel y Kirkby, 1982).

El fósforo absorbido por las células vegetales, rápidamente se involucra en procesos metabólicos, por ejemplo, se ha reportado que después de solo diez minutos de que ha empezado la absorción, el 80% del fósforo absorbido se incorporó a compuestos orgánicos, principalmente hexosas fosfato y uridina difosfato (Mengel y Kirkby, 1982).

Los fosfatos son altamente móviles en la planta y pueden ser traslocados hacia la parte superior ó inferior de la planta. Las hojas jóvenes son abastecidas de fósforo no solo por las raíces, sino también por las hojas mas viejas (Hall y Baker, 1972).

La fosforilcolina es el principal transportador de fósforo en el floema. También se ha visto que el fósforo inorgánico está presente en la savia del floema en concentraciones substanciales, indicando así que el fósforo inorgánico tiene un papel primordial en el transporte por floema (Hall y Baker, 1972).

4.2.2 Formas de fósforo en la planta

Al igual que en el suelo, en los vegetales también se encuentran fosfatos orgánicos, acumulados principalmente en las semillas, y fosfatos inorgánicos que se concentran preferentemente en las zonas de mayor actividad metabólica. Algunos compuestos fosforados de tipo inorgánico presentes en la planta son orto y pirofosfatos; entre los orgánicos están los fosfolípidos, la fitina, los azúcares fosforilados, las nucleoproteínas, los ácidos nucleicos, etc. (Cajuste, 1977).

4.2.3 Factores que afectan la disponibilidad del fósforo

El fósforo por ser uno de los nutrientes primarios, es requerido en altas cantidades por las plantas (su concentración en tejido vegetal varía de 0.1 a 0.2 %). La deficiencia de fósforo en los suelos es frecuente, aunado a ello se tiene que las aplicaciones de fertilizantes fosforados son severamente afectados en su eficiencia por fenómenos de adsorción, precipitación y oclusión. Por estas razones, en numerosas ocasiones el problema no es el factor capacidad sino el factor intensidad el cual se ve afectado negativamente por una gran cantidad de factores entre los que resaltan: el pH, la humedad del suelo, la interacción con otros elementos químicos, el contenido de materia orgánica, el tipo de arcilla, la temperatura del suelo, algunos factores bióticos y otros de manejo como la fertilización (Tisdale y Nelson, 1982).

4.2.4 Funciones del fósforo en la planta

El fósforo influye fuertemente en la floración y fructificación de las plantas así como en el desarrollo radical y la aceleración de la madurez (Rodríguez, 1982).

Desde un punto de vista fisiológico, el fósforo participa en procesos enzimáticos (transferasas, óxido reductasas y liasas); es parte esencial de muchos compuestos glucofosforados que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos; también forma parte de los nucleótidos y de las membranas y es esencial en el metabolismo energético debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP, etc. (Salisbury y Ross, 1994).

4.2.5 Alteraciones metabólicas y sintomatología de las plantas con deficiencias de fósforo

Una descripción general de los síntomas de la deficiencia de fósforo en plantas de diferentes especies, compilada de varias publicaciones (Rodríguez, 1982; Mengel y Kirkby, 1982; Baeyens, 1970), son las siguientes:

- Lento crecimiento y desarrollo de las plantas.

- Floema y xilema poco desarrollados.
- Peso y tamaño disminuidos.
- Pobre floración y fructificación.
- Retraso de la maduración.
- Hojas color verde oscuro, algunas veces con matices rojizos (antocianinas) que se extienden a los tallos.
- Raíz fibrosa con poco desarrollo y ramificaciones.
- Angulo agudo de las hojas con el tallo.
- Poca área foliar.
- Mayor contenido de clorofila en las hojas en las primeras etapas.
- Las hojas pueden presentar manchas cafés y bordes quemados.

Alcalde (citado por Díaz, 1986), menciona algunas de las desviaciones metabólicas originadas por la carencia de fósforo:

- Disminución en la actividad del ciclo de Krebs debido al abatimiento de los ácidos (cetoglutárico, succínico, fumárico, etc.) y una consecuente restricción de la asimilación.
- Acumulación de ácido pirúvico y poca alteración de la glicólisis.
- Acumulación de ácido glioxílico, amidas y compuestos de la guanina.
- Acumulación de azúcar, restringida síntesis de almidón y celulosa.
- Eventual formación de antocianinas.
- Reducción en la síntesis de proteínas.
- Disminución del nivel de fotosíntesis, la actividad de la RDP carboxilasa y la actividad del NADP^+ .
- La actividad potencial de la PEP- carboxilasa disminuye en menor grado que la actividad de la de la RDP-carboxilasa.

4.2.6 Concentración de fósforo en la solución del suelo y en las soluciones nutritivas

Concentraciones de aproximadamente 10^{-4} M de fósforo puro en la solución del suelo, son consideradas como altas y representan un nivel alto de disponibilidad de fosfatos para las plantas. En cambio, concentraciones de aproximadamente 10^{-6} M de fósforo puro en la solución del suelo, son consideradas como bajas ó insuficientes para proveer de una cantidad adecuada de fósforo a la mayoría de los cultivos. Las concentraciones óptimas de fósforo en la solución del suelo difieren según el cultivo, sistema de manejo y lugares de producción en específico (Mengel y Kirkby, 1982).

La concentración de los elementos en las soluciones nutritivas cambian en función de la estación del año, edad y tipo de planta, etc. Por tal razón, existe una gran cantidad de soluciones nutritivas para hidroponia. En algunas de ellas citadas por Rodríguez (1982), la concentración de fosfatos (PO_4^{-3}) varía en un amplio rango que va de 27 a 117 ppm, mientras que por otro lado Schwarz (1975), menciona que la concentración de fósforo puro (P), en la solución nutritiva puede estar en los rangos de 30 a 100 ppm.

4.2.7 Fertilizantes fosforados

La substancia madre de todos los fosfatos en la naturaleza es el mineral apatita, que tiene hasta el 96% de fosfato tricálcico, pero siempre contiene flúor y cloro en forma de sal doble CaF_2Cl_2 . El contenido de flúor de la apatita es el responsable de este elemento en los superfosfatos y fosfatos brutos (hasta 2%) y también se sabe que el flúor reduce la asimilación del fósforo por las plantas. (Teuscher y Adler, 1984).

A continuación se presenta una lista de los principales fertilizantes fosforados y sus características (FAO, 1990):

Fertilizantes	Fórmula	% de nutrientes	Solubilidad en agua
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	27 (P) y 11 (N)	1:4
Fosfato diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	23.5 (P) y 18 (N)	1:2
Superfosfato simple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$	7 (P) y 26.6 (Ca)	1:410
Superfosfato triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	18.6 (P) y 13.6 (Ca)	1:300
Acido fosfórico	H_3PO_4	31.6 (P)	1:1

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 LOCALIZACION

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel que pertenece a una empresa de producción de crisantemo, ubicada en la colonia Nezahualcóyotl, perteneciente al municipio de Texcoco, México, ubicado a 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, con una altitud promedio de 2251 msnm y una precipitación total anual de 644.8 mm.

5.2 MATERIALES

5.2.1 Invernadero

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel modificado, construido con estructura metálica y cubierta de polietileno transparente (PF-603), con las siguientes dimensiones: 8.0 m de ancho por 20.0 m de largo. La ventilación es por medio de dos ventanas laterales ubicadas a todo lo largo del invernadero, tienen un ancho de 1.2m y se abren y cierran manualmente.

5.2.2 Contenedores y sustrato

En el presente experimento se utilizaron como contenedores bolsas para vivero de polietileno negro, con una capacidad de 12 litros y cuatro orificios en la base para drenaje.

Se usaron dos tipos de sustrato, uno fue para las plantas que se manejaron en hidroponia y el otro para las plantas que se manejaron en sustrato comercial. El sustrato usado para hidroponia fue arena de tezontle rojo con un diámetro aproximado de 0.2 a 2 mm. Este sustrato presenta las siguientes características: es una roca ígnea que presenta una mayor capacidad de retención de humedad que el tezontle negro, su densidad aparente es de 0.465 g/cm³ y tiene cierto poder de adsorción de cationes y aniones (Baca, 1983).

El sustrato usado en el otro grupo de plantas (sustrato comercial) es el que normalmente se usa en Villa Guerrero, México para la producción de *Lilium* para

corte; éste consta de hojarasca, arena (la misma usada para hidroponia en este experimento) y suelo franco en proporción 1:2:2.

Los dos sustratos fueron desinfectados con bromuro de metilo a dosis de una libra por cada mil litros de sustrato. Los sustratos estuvieron cubiertos con plástico por 48 horas y después se dejó ventilar por 4 días antes de llenar los contenedores.

5.2.3 Solución nutritiva

La solución nutritiva usada para este experimento se elaboró tomando en cuenta la concentración nutritiva de soluciones que se han generalizado en su uso en diferentes cultivos (FAO, 1990; Resh, 1981; Sánchez y Escalante, 1989) y tuvo la composición nutrimental siguiente:

Elemento	Concentración (ppm)
Nitrogeno	250
Fósforo	0, 10, 20, 50 y 100
Potasio	300
Calcio	350
Azúfre	200
Magnesio	75
Fierro	3
Manganeso	0.5
Boro	0.5
Cobre	0.1
Zinc	0.1

No se suministraron molibdeno y cloro porque como se requieren en muy baja concentración, se considera que estos nutrimentos aparecen en cantidad suficiente como impureza de los fertilizantes usados, así como en la composición del agua de riego.

Las fuentes nutrimentales de los macroelementos fueron grado agrícola, mientras que las fuentes de los microelementos fueron grado analítico, y son las siguientes: nitrato de calcio, nitrato de potasio, ácido fosfórico, sulfato de magnesio, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, ácido bórico, sulfato de cobre y sulfato de zinc.

La solución nutritiva presentaba un pH que oscilaba de 6.0 a 6.3, se guardaba en tambos de plástico de 200 l (uno por tratamiento) y se elaboraba dos veces por semana. Los micronutrientes se tenían en dos soluciones madre, una para el fierro y la otra para el resto de los micronutrientes. Todos los macronutrientes se aplicaron directamente al momento de preparar las soluciones.

La solución nutritiva se empezó a aplicar ocho días después de la plantación a una concentración de una tercera parte de la concentración original por una semana, luego se aplicó la solución al 50% por una semana más y después de haber pasado 22 días de la plantación, se empezó a aplicar la concentración completa.

A las plantas que estuvieron en hidroponía se les aplicó solución nutritiva durante todo el ciclo una vez al día (entre las 8:00 y 9:00 Hrs), en cantidades de 2 l por contenedor, mientras que a las que crecieron en sustrato comercial, se les aplicó la solución nutritiva sólo dos veces por semana (miércoles y sábado), en cantidades de 1.5 l por contenedor en cada aplicación y una vez por semana se les puso agua potable en la misma cantidad.

5.2.4 Material vegetativo

Se usaron bulbos de *Lilium* del grupo de los híbridos asiáticos. El cultivar fue Eurovisión en calibres que iban de los 10 a los 16 cm.

Las características del cultivar Eurovisión son las siguientes: Flores de color rojo, con 6 a 12 botones florales según el calibre del bulbo, longitud de la planta de 1.1 m en promedio y tallo muy sólido. Duración del cultivo 13 semanas. Es un cultivar moderadamente sensible a la carencia de luz, su plantación se recomienda en cualquier época del año en lugares de latitudes no muy altas.

5.3 METODOLOGIA

5.3.1 Diseño experimental

El experimento fue conducido según un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 2x5, usando 40 repeticiones por tratamiento; la unidad experimental estuvo representada por un contenedor con cuatro plantas cada uno.

5.3.2 Factores de estudio

- Formas de producción: hidroponía y sustrato comercial.
- Concentraciones de fósforo en la solución nutritiva: 0, 10, 20, 50 y 100 ppm.

5.3.3 Tratamientos

- 1.- 0 ppm de P en hidroponia
- 2.- 10 ppm de P en hidroponia
- 3.- 20 ppm de P en hidroponia
- 4.- 50 ppm de P en hidroponia
- 5.- 100 ppm de P en hidroponia
- 6.- 0 ppm de P en sustrato comercial
- 7.- 10 ppm de P en sustrato comercial
- 8.- 20 ppm de P en sustrato comercial
- 9.- 50 ppm de P en sustrato comercial
- 10.-100 ppm de P en sustrato comercial
- 11.-Testigo 2.0 Kg de superfosfato de calcio triple / m³ de sustrato comercial

El tratamiento 11, es la forma, fuente y dosis en que aplican el fósforo los productores de Liliium en Villa Guerrero, México y equivale, en concentración de fósforo puro, a la aplicación diaria de una solución con 52 ppm de P, durante todo el ciclo. La concentración del resto de los nutrientes, fue la misma que para los demás tratamientos.

5.3.4 Variables respuesta

Para que resulte más clara la forma en que se midieron las variables que se evaluaron, obsérvese la Figura A.

Precocidad

Días transcurridos del momento de plantación a la antesis de la primera flor de cada planta.

Longitud del tallo

Medida (cm) en el mometo del corte del tallo (27 de agosto), de la base de la inflorescencia a el punto donde empieza el sistema radical adventicio (Figura A).

Diámetro basal y apical del tallo

Los tallos fueron cortados, 118 días después de que fueron plantados (27 de agosto), en el punto donde empezaba el sistema radical adventicio y posteriormente fueron medidos (mm) con un vernier.

Peso seco de tallo y hojas

Después de ser cortados los tallos, se les quitaron todas las hojas y éstas fueron metidas a bolsas de papel de estraza, usando una bolsa para cada planta, los tallos se rompieron en fracciones pequeñas y también fueron colocados en las mismas bolsas. Las bolsas se secaron en el horno a 80° C por 96 horas antes de ser pesadas.

Tamaño de flores en su apertura máxima

El tamaño de las flores se midió (cm) al momento de la antesis, usando para tal fin sólo la primera flor que abrió. La medida se tomó a partir del extremo de dos de los pétalos opuestos (Figura A).

Longitud de la base del tallo con hojas dañadas

Esta medida (cm) se tomó al momento de cortar los tallos, se consideraron hojas dañadas las que tenían la mitad ó más de su lámina foliar clorótica o necrótica. La medición se realizó a partir de donde termina el sistema radical adventicio hasta donde estaba la última hoja dañada.

Número de botones por planta

Se contaron todos los botones de cada planta, incluidos los muertos y los caídos, al momento de cortar las inflorescencias (18 al 27 de julio).

Número de botones que abren

Se contaron todos los botones de cada planta que llegaron a antesis.

Número de botones que mueren

Se consideraron botones muertos, todos aquellos que no llegaron a antesis ya sea por aborción ó por haberse marchitado.

Longitud de inflorescencia

Se midió (cm) a partir de la primera ramificación de la inflorescencia y hasta la base de la flor más apical. La medición se llevó a cabo al momento de cortar las inflorescencias (18 al 27 de julio).

Peso seco de inflorescencia

Una vez cortadas las inflorescencias, se fraccionaron y se metieron a bolsas de papel de estraza, posteriormente fueron llevadas al horno donde estuvieron 96 horas a 80° C antes de ser pesadas (g).

Peso y calibre del bulbo

La noche previa al día de la plantación (1 de mayo), todos los bulbos fueron pesados (g) y medidos (cm) en el ecuador. Posteriormente se etiquetaron para saber el lugar donde serían plantados. Al momento de sacar los bulbos (30 de agosto), se pesaron y midieron nuevamente en la forma como se hizo la primera vez.

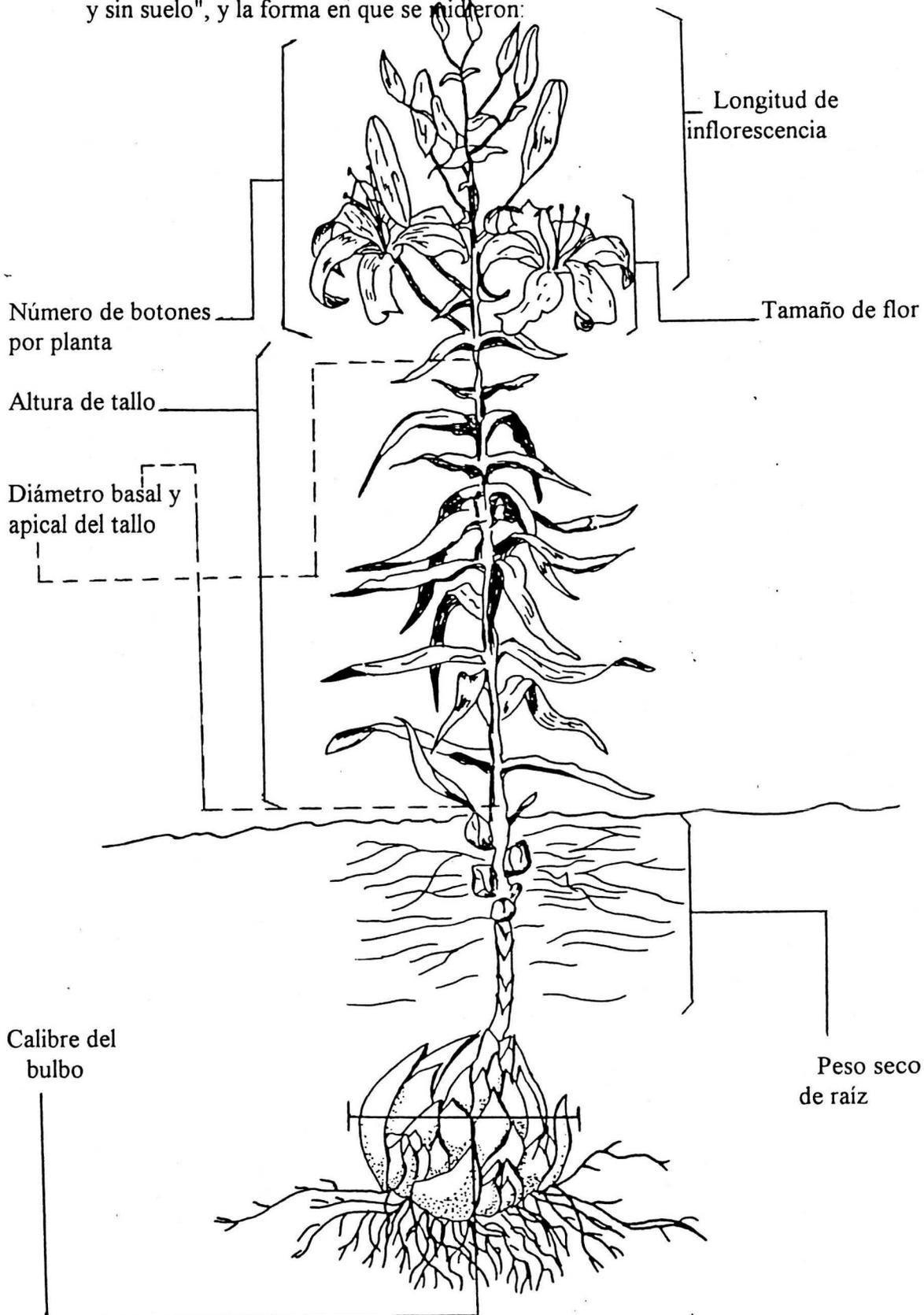
Peso seco de raíz

Esta variable se refiere al peso seco del sistema radical adventicio, que comprende desde donde se cortó el tallo hasta la parte que se encuentra pegada al bulbo (Figura A). Los sistemas radiculares, una vez que fueron separados del bulbo (30 de agosto), se metieron a bolsas de papel y fueron llevados al horno donde estuvieron 96 horas a 80°C antes de ser pesados.

Análisis foliar de hojas

El análisis foliar se realizó a partir de una muestra tomada para cada tratamiento, la muestra estuvo compuesta de la quinta a la décima hojas superiores de todas las plantas de un tratamiento. Las muestras fueron tomadas al momento del corte de los tallos (27 de agosto). En el análisis se midieron las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio mediante la siguiente metodología: KJELTEC-AUTOANALIZER 1030, fotocolorimetría por reducción con molibdo-vanadato, espectrofotometría de emisión de flama y espectrofotometría de absorción atómica respectivamente.

Figura A. Variables respuesta que se evaluaron en el experimento "Efecto de diferentes concentraciones de fósforo en plantas de *Lilium* cv "Eurovisión", manejadas con y sin suelo", y la forma en que se midieron:



5.3.5 Conducción del experimento

Una vez desinfectado el sustrato, se procedió al llenado de los contenedores, solo hasta la mitad para poder ubicarlos en el lugar que les tocaba en el invernadero y posteriormente poder sembrar. Los contenedores se acomodaron en camas de 1.2m de ancho dejando 30 cm entre maceta y maceta.

Según informes, los bulbos comprados habían tenido un tratamiento de frío (4°C) durante seis semanas y luego fueron almacenados por diez días más a 1°C hasta que fueron vendidos. Después de la compra se almacenaron nuevamente en un refrigerador a 4°C por tres días más hasta que fueron plantados (comunicación personal).

Los bulbos se sacaron del refrigerador 12 horas antes de la plantación para evitar cambios bruscos de temperatura. La plantación se hizo el día 1° de mayo, colocando 4 bulbos por contenedor poniéndolos a una profundidad aproximada de 10 cm (medidos de la punta del bulbo a la superficie del sustrato), en el sustrato previamente humedecido.

Una vez plantados los bulbos, se les aplicó una solución a base de 2 g/litro de benomyl, en dosis de 1 litro de la mezcla por contenedor.

Para evitar un sobrecalentamiento del sustrato y un posible quemado del brote que saldría se le puso a cada maceta un acolchado con paja de trigo.

A partir de 8 días después de la plantación se empezó a poner una tercera parte de la concentración total de la solución nutritiva, una semana después se les ponía ya el 50% de la concentración total y una semana después se les estaba ya aplicando la solución nutritiva completa.

A las plantas que se manejaron en hidroponía se les aplicó diariamente la solución nutritiva (2 litros/contenedor), una vez al día, hasta el final del ciclo, mientras que a las que se encontraban creciendo en sustrato comercial solo se les puso solución nutritiva dos veces por semana (1.5 litros/contenedor) y una vez por semana se les puso agua potable (1.5 litros/contenedor).

Las plantas fueron tutoradas con una malla de las usadas para crisantemos, con cuadros de 10 x 10 cm, ésta se fue moviendo hacia arriba según lo fueron necesitando las plantas, de tal manera que se procuró que la malla siempre se mantuviera a la mitad de altura total de éstas.

En lo referente a plagas se presentaron pulgones y mosca blanca, por lo que se realizaron aplicaciones de Folimat (1.5 ml/litro) ó Tamarón 600 (3.5 ml/litro) cada que las poblaciones de estas plagas se presentaban.

Para prevenir enfermedades se aplicaron Benlate (1.5 g/lt) y Daconil 2787 W-75(1.7 g/lt) semanalmente con una aspersora de 15 litros que portaba un boquilla de aspersión cónica.

El corte de las inflorescencias se llevó a cabo a partir del 18 de julio y hasta el 27 del mismo mes, después de que abría la primera flor, se medía y se ponía en una bolsa de papel. Cuando se cortó la totalidad de las inflorescencias se llevaron a la estufa para después cuantificar su peso seco.

El resto del tallo de las plantas se siguió cuidando igual que cuando todavía no se cortaban las inflorescencias por 30 días más. Posteriormente se cortaron, después de haber sido medidos, y fueron llevados también a la estufa. Después del corte del tallo, se suspendió toda labor de manejo a los bulbos y 3 días después fueron sacados y empacados por tratamiento y repetición y llevados a refrigeración para que vernalizaran a una temperatura de 4° C durante seis semanas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados obtenidos, se pudo observar que tanto las diferentes dosis de fósforo en la solución nutritiva, como las formas de producción del cultivo de *Lilium*, tuvieron efectos significativos sobre algunas de las variables evaluadas. El incremento en la concentración de fósforo en la solución nutritiva provocó incrementos estadísticamente significativos en el peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia así como también en el diámetro del tallo y calibre y peso del bulbo. En lo que se refiere al nivel nutrimental de la planta, se observó que los incrementos de la concentración de fósforo en la solución nutritiva, causaron un incremento en la concentración de nitrógeno, fósforo, y calcio en las hojas superiores de las plantas. Por otro lado, al evaluar las formas de producción se pudo comprobar que las plantas de *Lilium* manejadas en hidroponía tuvieron menor peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia, así como menor calibre y peso del bulbo; en comparación con las plantas manejadas con sustrato comercial.

A continuación se hace un análisis y discusión de los resultados, en cada una de las variables evaluadas.

6.1 Análisis foliar

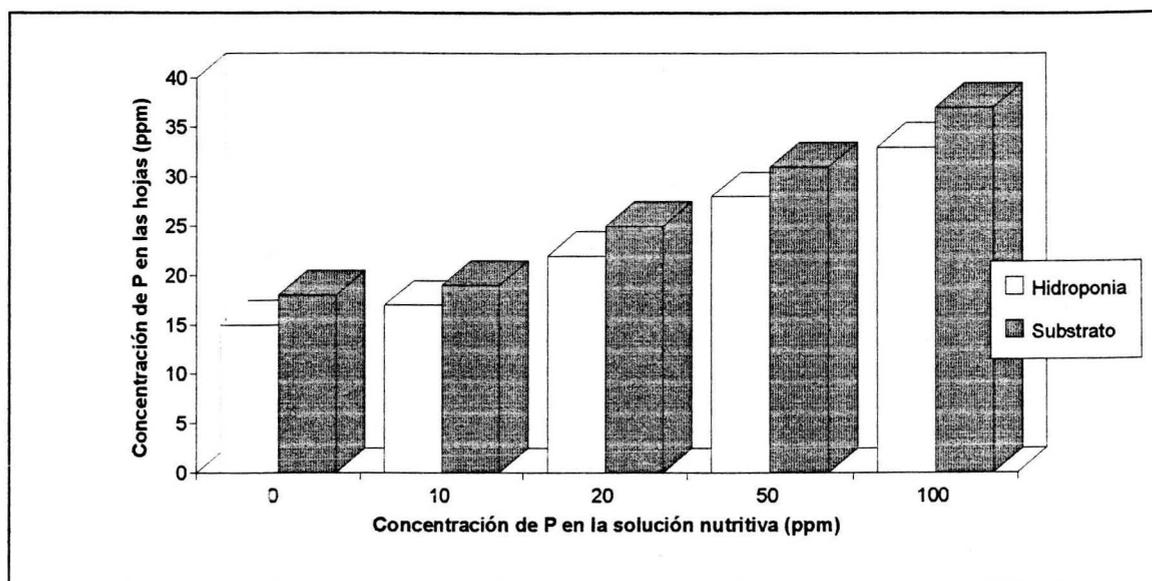
6.1.1 Contenido de fósforo

En la Figura 1, se puede observar la concentración de fósforo obtenida en el análisis foliar de las plantas de *Lilium* manejadas en hidroponía y sustrato comercial. En esa figura se ve que tanto en hidroponía como en sustrato comercial, el incremento de fósforo en la solución nutritiva coincide con un incremento en la concentración del mismo elemento en las hojas de las plantas. En la misma figura también se observa que la máxima concentración de fósforo usada en este experimento, no produce un estancamiento en la absorción del mismo, lo que indica que si aplicamos concentraciones de fósforo por arriba de las 100 ppm, la planta puede seguir absorbiendo al mencionado elemento, aumentando aún más su concentración foliar.

Los resultados observados en el presente experimento coinciden con la tendencia de los resultados obtenidos por Tsujita (1979) en plantas de *Lilium longiflorum*, quien reporta que en la medida que incrementó la concentración de fósforo en la solución nutritiva, se incrementó también la concentración del mismo elemento en las hojas de la planta. Por otro lado, Gárate (1986), al llevar a cabo un experimento con frijol,

encontró que la concentración de fósforo tiende a ser mucho mayor en los tejidos de las plantas que durante todo su ciclo tuvieron una cantidad adecuada de este elemento, comparadas con las plantas que durante 7 días no lo tuvieron, y concluye diciendo que: "... la deficiencia de fósforo en el sustrato, afecta fuertemente la absorción de dicho elemento, porque las plantas presentan un sistema radical escaso y poco eficiente". Apoyando la aseveración anterior, Nairam (1993) y Füleky y Nooman (1991) mencionan que las plantas para poder absorber a los nutrientes poco móviles, como el fósforo, sólo dependen del área de superficie de su sistema radical. Al respecto, Barber (1982), en experimentos hechos con maíz y frijol, encontró que las plantas con un mayor peso seco de raíz, eran las que tenían un mayor volumen radical, y eran también las que absorbían la mayor cantidad de fósforo.

Figura 1. Concentración foliar de fósforo* en plantas de *Lilium* cv Eurovisión, manejadas en hidroponía y sustrato comercial a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.



*Análisis hecho por el método de fotolorimetría por reducción con molibdo-vanadato.

Los resultados de los investigadores anteriores nos muestran que es común que al aumentar la concentración de fósforo en la solución del suelo ó en la solución nutritiva se aumente también la concentración de dicho elemento en las hojas. El presente experimento tiene similitud con el realizado por Barber (1982) en el sentido de que las mayores concentraciones de fósforo coinciden con los mayores pesos secos de la raíz (Cuadro 2), por lo que se podría suponer que sistemas radicales más pesados, exploran un mayor volumen de suelo por lo que pueden absorber una mayor cantidad de fósforo. El aumentar el volumen de exploración del suelo con el sistema radical, no necesariamente es la única causa por la que las concentraciones altas de fósforo en el suelo aumentan la concentración del mencionado elemento en los tejidos de las plantas, es posible que también aumente la eficiencia de traslocación.

En la Figura 1 también se puede observar que para todos los niveles de fósforo en la solución nutritiva, las plantas manejadas en hidroponía siempre tuvieron una menor concentración de fósforo en las hojas en comparación a las plantas manejadas en sustrato comercial. Es posible que la causa de esto sea una menor disponibilidad de agua para las plantas que crecieron en arena, es decir las plantas manejadas en hidroponía. También recordemos que el periodo de crecimiento se dio a partir del 1° de mayo, que es un época de temperaturas muy altas, sobre todo en invernaderos tipo túnel, lo que debió aumentar más las necesidades de agua por las plantas. Herminia (1993), citando a Bielecki (1973), menciona que la difusión del fósforo en agua es 200 veces más grande de lo que se observa en un sustrato húmedo con una alta concentración de fósforo; por lo tanto, pequeñas deficiencias de agua en un sustrato, pueden ser causa de pronunciadas reducciones en la absorción de fósforo, sobre todo si se sabe que aproximadamente el 93% del fósforo que absorbe una planta, es por difusión (Fageria, 1991).

6.1.2 Contenido de nitrógeno, potasio y calcio

La Figura 2 muestra la concentración del nitrógeno, potasio y calcio que se encontró en el análisis foliar de las plantas de *Lilium*. Lo más notorio en esta gráfica es el incremento en la concentración de nitrógeno y calcio a medida que aumentó la concentración de fósforo en la solución nutritiva con la que se nutrió a las plantas.

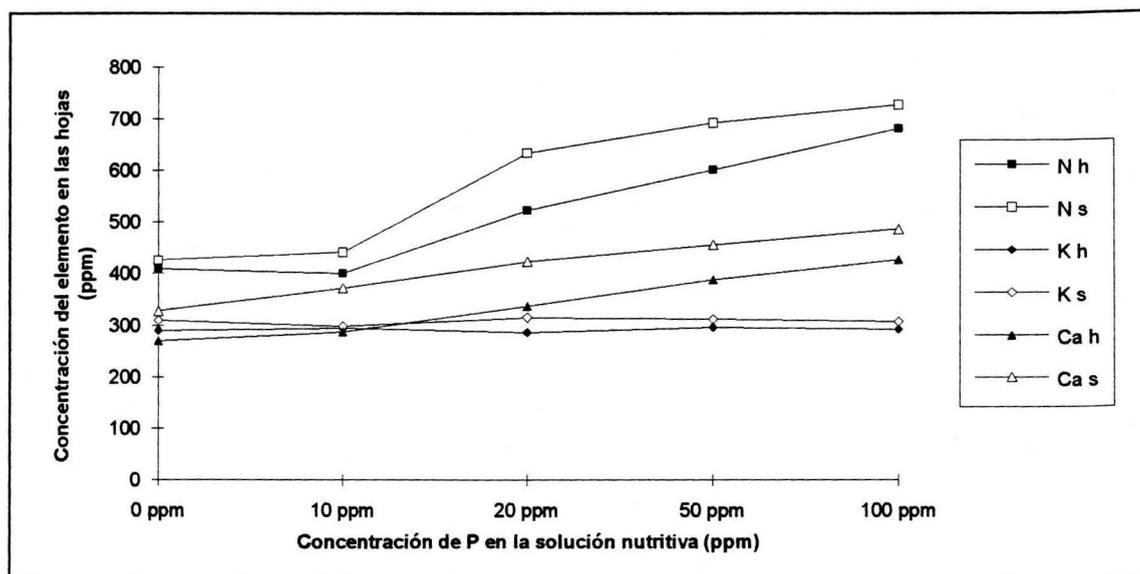
Los resultados obtenidos en este experimento concuerdan en cierta medida con lo que asegura Newman (1973, citado por Füleky y Nooman, 1991): "Al aumentar la concentración y disponibilidad del fósforo en un suelo, aumenta el volumen y la eficiencia radical de las plantas por lo que aumentará la absorción de los nutrientes y la concentración de éstos en los diferentes órganos". Esto lo podemos observar para el nitrógeno y el calcio, pero no para el potasio en este experimento.

Con base en lo que asegura Newman (1973, citado por Füleky y Nooman, 1991), es posible explicar porque la concentración de los tres elementos (N, K y Ca) es más baja para las plantas que fueron manejadas en hidroponía en comparación con las manejadas en sustrato comercial (ver Figura 2). En este experimento, el promedio de peso seco de raíz para las plantas manejadas en hidroponía fue de 3.28 g mientras que el promedio para el de las plantas manejadas en sustrato comercial fue de 4.07 g, teniendo los dos promedios una diferencia estadística altamente significativa, por lo que podemos suponer que las raíces más pesadas fueron las que tuvieron el mayor volumen de exploración del sustrato por lo que también fueron las que tuvieron la mayor absorción de nutrientes.

Reforzando lo antes mencionado, Barber (1982) menciona que el peso seco de raíces de las plantas está altamente correlacionado con la concentración y disponibilidad de fósforo en el sustrato, la longitud de las raíces, el radio radical y la longitud y densidad de los pelos radicales.

Por otro lado, Fageria (1991) menciona que el calcio y el nitrógeno se mueven a la zona de absorción de las raíces por medio del flujo de masas, de tal manera que una deficiencia de agua en el sustrato, traería como consecuencia una disminución en la absorción de estos elementos. Esto explica porque en éste experimento, las plantas en hidroponia manifestaron una menor concentración de nitrógeno y calcio principalmente.

Figura 2. Concentración foliar de Nitrógeno, Potasio y Calcio en plantas de *Lilium* cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.



Los análisis fueron hechos por los siguientes métodos: Para nitrógeno: KJELTEC-AUTO ANALYZER 1030. Para potasio: ESPECTROFOTOMETRÍA DE EMISIÓN DE FLAMA. Para calcio: ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. N= nitrógeno, K= potasio, Ca= calcio, h = plantas manejadas en hidroponia, s = plantas manejadas en sustrato comercial.

El incremento en la concentración foliar de calcio a medida que se incrementa la concentración de fósforo en la solución nutritiva que se aplicó a las plantas de *Lilium* se debe, según Jakobsen (1993), a que una absorción y traslocación de calcio a los puntos de crecimiento de la raíz, está dado por una traslocación simultánea de fósforo, la cual puede llevarse a cabo por formación de pares de iones complejos entre calcio y fósforo; por lo tanto, la traslocación de calcio a los puntos de crecimiento está asegurada en la medida que el fósforo sea absorbido y traslocado. Los experimentos de Jakobsen (1993) también demuestran que una deficiencia de fósforo casi siempre trae consigo problemas para la asimilación de calcio, que al no estar presente en los puntos de crecimiento de la raíz, ésta tiene problemas de absorción con el resto de los nutrientes, sobre todo nitrógeno, magnesio y calcio.

Lo mencionado por Jakobsen(1993), también le da explicación al incremento del nitrógeno foliar al aumentar la concentración de fósforo en la solución nutritiva

(Figura 2), lo que también fue observado por Gárate (1986), Newman (1973; citado por Füleky, 1991) y Pilbeam (1993); éste último, aparte de comprobar que la deficiencia de fósforo ocasiona deficiencias de nitrógeno, también descubrió que el transporte de nitratos de la raíz hacia las hojas es fuertemente disminuido cuando el fósforo es deficiente.

Martínez (1974) menciona que la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas de las plantas, disminuye a medida que ésta avanza en su desarrollo; explica que esto es debido a un efecto de traslocación ya que las plantas comienzan a movilizar los nutrimentos acumulados durante la fase vegetativa, hacia los órganos en desarrollo. El análisis foliar que se realizó en el experimento que podemos ver en las Figuras 1 y 2, fue en una etapa muy tardía de la planta, un mes después de antesis, por lo que es posible que la concentración de nutrientes en las hojas en ese momento, haya estado ya muy disminuida por traslocación de éstos, lo que quiere decir, que si el análisis se hubiera hecho en etapas más tempranas, posiblemente las diferencias en la concentración foliar de nutrientes en las diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, hubieran sido mayores. Es posible también que se hubieran podido observar concentraciones más altas de potasio en las plantas sometidas a concentraciones altas de fósforo, en contraste con las que fueron sometidas a concentraciones bajas, como lo reportado por Gárate (1986). Es decir, el hecho de que en este análisis no se observen incrementos en la concentración de potasio con los incrementos de fósforo, no quiere decir que este elemento no favorezca su absorción.

6.2 Peso seco de hojas

Según el análisis estadístico para esta variable, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos tanto entre las formas de manejo de las plantas de *Lilium* (en hidroponía o con sustrato comercial), como entre los diferentes niveles de fósforo en las soluciones nutritivas; siendo el efecto de mayor insidencia en la variabilidad, los niveles de fósforo. La interacción entre los dos factores no tuvo significancia estadística (Anexo 1).

Al realizar una prueba de F para las formas de producción, con un nivel de confiabilidad del 99%, se encontró que eran estadísticamente diferentes, siendo el mayor promedio, el que corresponde a las plantas de *Lilium* manejadas en sustrato comercial con un valor de 4.80g por planta contra 4.40g de las plantas que fueron manejadas en hidroponía (Anexo 2).

Aunque el promedio de peso seco de las hojas de las plantas manejadas en hidroponía, es menor que el de las manejadas en sustrato comercial, la diferencia no es mucha (9%), pero posiblemente sea causa de la mayor retención de agua del sustrato comercial en comparación con la arena de tezontle, en donde crecieron las plantas manejadas en hidroponía. Es importante mencionar, que el hecho de que la planta se desarrollara a temperaturas muy altas, por crecer a partir del mes de mayo y dentro de un invernadero tipo túnel, pudo incrementar las necesidades hídricas de las plantas.

Lawlor (1993) menciona que cuando la pérdida de agua por las plantas excede la absorción de ésta, el contenido de agua y el potencial de presión de las células en las hojas decrece, esto causa de manera casi inmediata, una disminución en la conductancia estomatal, que a su vez provoca una disminución de la turgencia, lo cual reduce la proporción de la transpiración, con el objeto de disminuir la deshidratación del tejido. La reducción de la transpiración, también trae como consecuencia una disminución del crecimiento de los órganos y por lo tanto se tendrá una pobre área foliar (y obviamente un menor peso seco de hojas) en condiciones de escasez de agua. Por otro lado, en las Figuras 2 y 3 se puede observar que el contenido de fósforo y nitrógeno foliar es más alto para las plantas manejadas en sustrato comercial, lo cual ya explicamos en la sección 6.1 de este capítulo, y que puede ser causa de un mayor volumen radical en estas plantas comparadas con las que crecieron en arena. Lawlor (1993) menciona que la concentración de nitrógeno en las hojas jóvenes, condiciona el tamaño de éstas, de tal manera que en el presente experimento, es posible que el mayor contenido de nitrógeno en las hojas de las plantas manejadas en sustrato comercial, provocó un incremento del crecimiento en las mismas, lo contrario pudo haber sucedido en las hojas de las plantas que crecieron en arena.

En lo que se refiere a los niveles de fósforo, se encontró que también existen diferencias estadísticas significativas como lo muestra el Cuadro 1.

Aunque las diferencias en los promedios del peso seco de las hojas de un nivel a otro de la concentración de fósforo no son drásticas, sí son notorias y estas tendencias a disminuir el peso seco del follaje coinciden con los resultados de numerosos experimentos que evalúan el crecimiento de las plantas bajo condiciones de fósforo deficiente en el sustrato ó en la solución nutritiva (Díaz, 1986; Herminia, 1993; Narayanan y Balakrishna, 1982; etc).

Cuadro 1. Promedios de peso seco de hojas por planta de *Lilium cv Eurovisión* sometidas a diferentes dosis de fósforo en la solución nutritiva.

Dosis de Fósforo (ppm)	Promedio de peso seco de hojas por planta (g)
0	4.31 a ^Z
10	4.20 a
20	4.41 a
50	4.97 a b
100	5.29 b

^Z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Como ya se ha mencionado, en este experimento el peso seco de raíz se incrementó en la medida que se aumentó la concentración de fósforo en la solución nutritiva (Cuadro 2). Nairam (1993), experimentando con los volúmenes radicales de varias

especies, reporta que dentro de una misma especie, las plantas que tengan mayor volumen radical absoverán mayores volúmenes de agua y nutrientes, lo que da como resultado plantas mejores nutridas y con una mayor producción de biomasa.

Los resultados de Nairam (1993) tienen similitud con lo que pudimos observar en las Figuras 2 y 3 y el Cuadro 4, en donde vemos que a medida que se incrementa la concentración de fósforo en la solución nutritiva, se incrementa el peso seco de las raíces de las plantas y se incrementa también el contenido de nitrógeno, fósforo y calcio en las hojas. Esto posiblemente, es lo que causa una mayor producción de biomasa foliar en las plantas que fueron sometidas a altos niveles de fósforo en la solución nutritiva en este experimento.

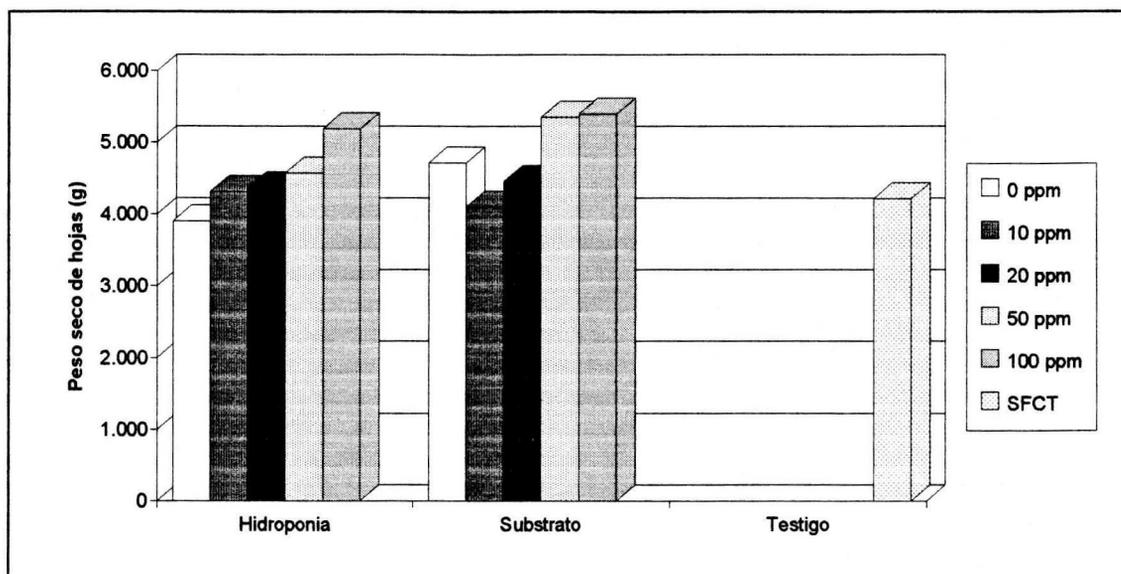
Por otro lado, Díaz (1986) observó que plantas de frijol con deficiencias de fósforo, que tenían pocas hojas y éstas eran de poca área comparadas con las plantas sin deficiencias. A nivel microscópico, el mismo autor observó que las hojas de las plantas con deficiencia de fósforo, presentaron amplios espacios intercelulares, causados por el colapso parcial ó completo de células, principalmente del parénquima en empalizada. En este mismo tejido, también se vió que las células de las plantas con deficiencias de fósforo tenían menos cloroplastos que las células de plantas sin la mencionada deficiencia. Las alteraciones que Díaz (1986) observó en plantas de frijol pudieron haberse presentado en las plantas de *Lilium* de este experimento que tenían las menores concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, pero seguramente, el efecto fue de una menor intensidad ya que aunque algunas plantas no tuvieron fósforo en la solución nutritiva que se les aplicó ni en el sustrato (tratamiento 1), la planta trae consigo un cierto abastecimiento de fósforo y de los demás nutrientes que necesita en el bulbo (Bañón, et al., 1993) de ahí que las plantas de *Lilium* del tratamiento 1 (0 ppm de P en la solución nutritiva y plantas manejadas en hidroponia), no mostraran los síntomas visuales típicos de la carencia de fósforo (senescencia temprana de hojas basales, floración pobre, hojas de color verde oscuro, tonalidades rojizas en hojas y tallos, etc), que generalmente, sólo pueden verse en plantas creciendo en ausencia total del elemento ó estando en concentraciones muy bajas en el suelo (Alcalde, 1981).

En la Figura 3 y Anexo 3, podemos observar que en esta variable la combinación de los factores y sus niveles que produjeron los valores más altos es la que corresponde al tratamiento 10 (100 ppm de P y sustrato comercial) con un promedio de peso seco de hojas por planta de 5.4 g, mientras que el promedio más bajo fue el del tratamiento 1 (0 ppm de P y manejo de las plantas en hidroponia), con un promedio de 3.89 g.

En el Anexo 3 y Figura 3, también podemos observar que para el peso seco de hojas, el testigo (2 Kg de super fosfato de calcio triple/ m³ de sustrato comercial) presentó un promedio de 4.21g, siendo estadísticamente ($\alpha=0.05$) menor que el tratamiento 9 (50 ppm de P y sustrato comercial), el cual podría ser su equivalente en lo que a concentración total de fósforo aplicado en todo el ciclo se refiere. Es posible, que ésto se deba a que el super fosfato de calcio triple es muy poco móvil, aparte de tardar cierto tiempo en que el fósforo que contiene quede disponible para la planta (Tisdale y

Nelson, 1982). A diferencia del fertilizante antes mencionado, la solución nutritiva lleva el fósforo en forma disponible de manera inmediata y se mueve junto con el agua en el sustrato, llegando a una mayor cantidad de pelos absorbentes por donde será absorbido, incluso desde el mismo momento en que se aplica.

Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, sobre el peso seco de las hojas de plantas de *Lilium* cv Eurovisión, manejadas en hidroponía y sustrato comercial.



Los datos que aparecen en el recuadro, corresponden a las diferentes concentraciones de fósforo, en partes por millón (ppm), usadas en la solución nutritiva. SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de sustrato comercial.

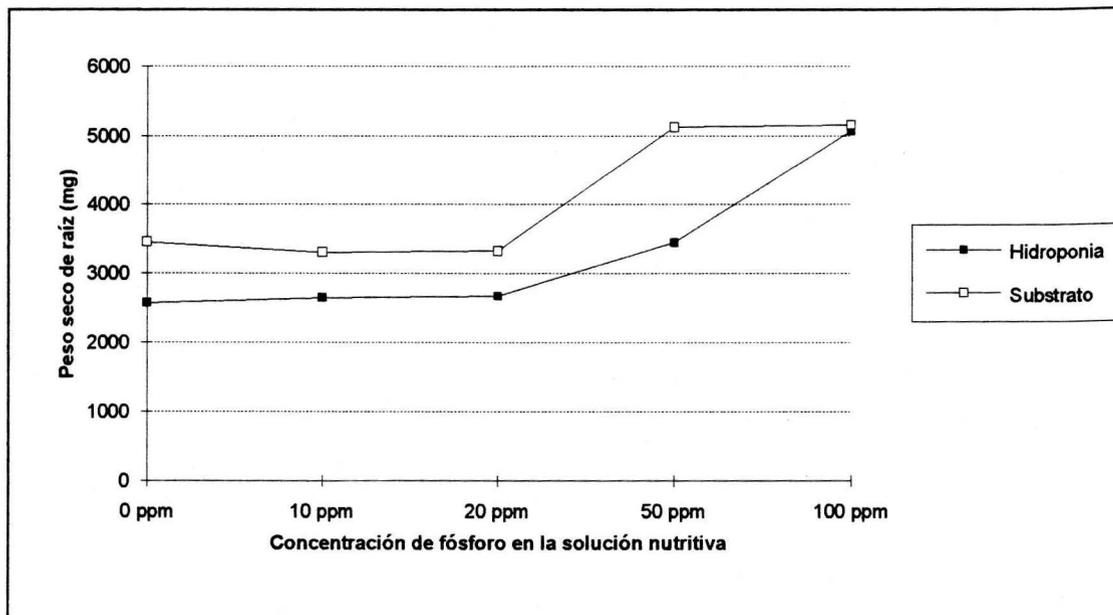
6.3 Peso seco de raíz

En esta variable también se presentaron diferencias estadísticas significativas tanto para factores como para la interacción, aunque la mayor variabilidad fue causa de los factores aislados (Anexo 4).

En la Figura 4 y Cuadro 2 se puede apreciar el efecto de interacción entre el factor formas de producción y el factor niveles de fósforo en la solución nutritiva, y se observa que el peso seco de la raíz se mantiene más o menos constante a través de los incrementos de fósforo, desde 0 ppm hasta 20 ppm, lo que nos indica que usando esas concentraciones en la solución nutritiva, no se producen cambios en la variable. Cuando la concentración de fósforo se incrementa de 20 a 50 ppm, se manifiesta un claro incremento en el peso seco de la raíz pero el incremento que se presenta en las plantas manejadas en sustrato comercial (54%), es casi el doble que el incremento que se presenta en las plantas manejadas en hidroponía (29%), de ahí que en el análisis de varianza para esta variable, se nos presenta una interacción significativa

(Anexo 4). Por otro lado, cuando la concentración de fósforo en la solución nutritiva pasa de 50 a 100 ppm, las plantas manejadas en hidroponía, presentan un incremento del 47% en el peso seco de la raíz, mientras que las plantas manejadas en sustrato comercial no presentan incremento.

Figura 4. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, sobre el promedio de peso seco de raíz por planta de *Lilium* cv Eurovisión, manejadas en hidroponía y sustrato comercial.



Los Cuadros 2 y 3 muestran la comparación de medias para el peso seco de raíz, entre el efecto de las concentraciones de fósforo en cada forma de producción y la comparación de medias entre las formas de producción para cada concentración de fósforo.

Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, sobre el peso seco de raíz (g) de plantas de *Lilium* cv Eurovisión en hidroponía y sustrato comercial.

Formas de producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppm P	100 ppm P
Hidroponía	2.57a ^z	2.62a	2.67a	3.44b	5.06c
Substrato	3.45a	3.30a	3.32a	5.12b	5.15b

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro3. Efecto de las formas de producción sobre el peso seco de raíz (g) de plantas de *Lilium cv Eurovisión* sometidas a diferentes concentraciones de fósforo.

Concentración de fósforo (ppm)	Hidroponia	Substrato
0	2.57a ^z	3.45b
10	2.65a	3.30b
20	2.67a	3.32b
50	3.44a	5.12b
100	5.08a	5.15b

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

El máximo peso de raíz es prácticamente el mismo para las dos formas de producción (Figura 4), sólo que ese máximo, se alcanza a la concentración de 50 ppm para las plantas manejadas en sustrato comercial, y a 100 ppm en las plantas manejadas en hidroponia, lo que indica, concretamente en este experimento, que el fósforo fue utilizado de una manera más eficiente por las plantas que se desarrollaron en el sustrato comercial en comparación con las que crecieron en arena. Esto, posiblemente sea porque de que las plantas que crecen en suelos con carencia de agua (lo que posiblemente ocurrió en las plantas manejadas en hidroponia en este experimento por las causas ya citadas en la sección 6.1 de este capítulo), presentan fuertes problemas para absorber fósforo, por la poca movilidad de este elemento en esas condiciones (Herminia et al., 1993), por lo que las plantas en hidroponia, necesitaron de concentraciones más altas para poder alcanzar la máxima producción de biomasa radical.

Al realizar la prueba de F ($\alpha=0.01$) los promedios de peso seco de raíz de las plantas manejadas en hidroponia con las manejadas en sustrato comercial, se comprobó que las primeras son estadísticamente inferiores a las manejadas en sustrato comercial (3.28g vs 4.07g).

Por otro lado, se encontró una correlación positiva ($R=0.60$, con una confiabilidad del 99%) entre el peso seco de las hojas y el peso seco de la raíz de las plantas de *Lilium* (Anexo 5), lo que puede sugerir que la menor masa foliar en las plantas que se manejaron en hidroponia, tienen una menor producción total de fotosintatos, en comparación a las manejadas en sustrato comercial, y que esos fotosintatos llegaron en menores cantidades a la raíz, lo que provocó que su crecimiento fuera menor, en comparación al que tuvieron las plantas manejadas en sustrato comercial, que tuvieron una mayor masa foliar.

En la sección 6.2 de este capítulo, se dio la posible explicación de por que era menor la masa foliar de las plantas manejadas en hidroponia, a causa de una posible deficiencia de humedad en el sustrato que se usó. Lawlor (1993), dice que las plantas afectadas por deficiencia de agua, disminuyen su fotosíntesis, como consecuencia de un área foliar escasa y una menor difusión del CO_2 al interior de las hojas. El mismo

autor, menciona que en condiciones de deficiencia de agua, las células del mesófilo pierden progresivamente la habilidad para realizar la fotosíntesis, esto a causa de un incremento en la fotorrespiración, una disminución del contenido de ATP y una disminución de la ribulosa difosfato en el cloroplasto. Esto pudo haber pasado en las plantas manejadas en hidroponia y al presentarse una menor producción de fotosintatos, éstos fueron también trasladados en menores cantidades, lo que posiblemente, dio como resultado un menor crecimiento radical en comparación con las plantas manejadas en substrato comercial, en donde la disponibilidad de agua fue mayor.

En lo que se refiere a los niveles de fósforo, también hubo diferencias estadísticas significativas, como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4 . Promedios de peso seco de raíz por planta de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.

Dosis de Fósforo (ppm)	Promedio de peso seco de raíz por planta (g)
0	3.01 a ^Z
10	2.97 a
20	3.05 a
50	4.26 b
100	5.11 c

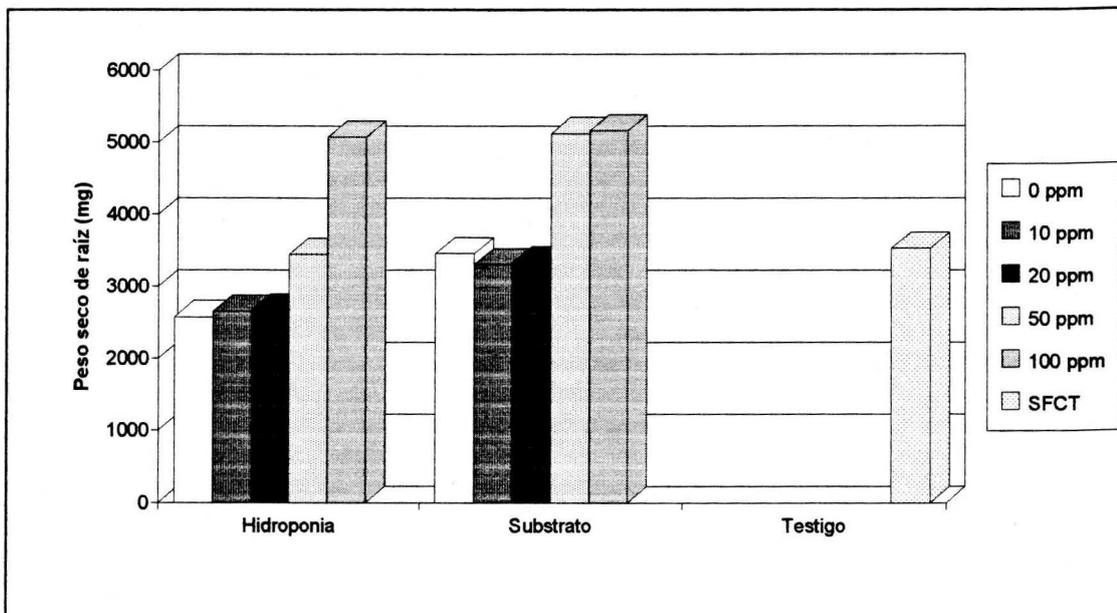
^Z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Es evidente que en el presente experimento las mayores concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, aumentaron el peso seco de raíz, lo cual coincide con los resultados de los experimentos realizados por Trotta (1991), Cornfort (citado por Füleky, 1991), Barber (1982), Narayanan (1982), etc la carencia de P en el suelo, propicia que las raíces sean escasas, delgadas y, sobre todo, largas para poder explorar estratos donde el fósforo esté más disponible (Rajki, 1991; Narayanan, 1982); por otro lado, también se sabe que el peso seco de las raíces de las plantas, está altamente correlacionado en forma positiva con el volumen de exploración del sistema radical, el radio radical, la densidad de los pelos radicales y la absorción de fósforo (Barber, 1982); mientras que el peso seco del sistema radical se encuentra correlacionado en forma negativa con la longitud de las raíces y el peso de raíz por unidad de longitud (Narayanan, 1982). Lo mencionado anteriormente, indica que generalmente las plantas con deficiencias de fósforo tienen raíces largas y de poco peso.

En el presente experimento, sólo se cuantificó el peso seco de las raíces adventicias de las plantas de *Lilium*; sin embargo, en forma visual se pudieron observar las características mencionadas por los investigadores citados en el párrafo anterior, es

decir, las plantas con poco peso seco de raíces, tenían un sistema radical poco denso y de raíces largas y delgadas, que como dice Trotta (1991), van en busca de fósforo a otros estratos. Ésto hace que los fotosintatos que la raíz demanda de las hojas, los utilice principalmente para crecer en sentido longitudinal, sin construir la estructura ramificada típica que normalmente tienen, ocasionando esto un bajo peso seco total del sistema radical.

Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, sobre el promedio de peso seco de raíz por planta de *Lilium* cv Eurovisión, manejadas en hidroponia y sustrato comercial.



Los datos que aparecen en el recuadro, corresponden a las diferentes concentraciones de fósforo, en partes por millón (ppm), usadas en la solución nutritiva. SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de sustrato comercial.

La causa por la cual se cree que las raíces de las plantas con deficiencia de fósforo no ramifican, es que se presenta un desbalance hormonal entre auxinas y citocininas, ya que se ha visto que concentraciones altas de citocininas evitan la ramificación de raíces mientras que concentraciones bajas la estimulan. Por otro lado, también se ha visto que las plantas con deficiencias de fósforo generalmente incrementan la concentración de citocininas en la raíz hasta en un 27% (Narayanan, 1982).

En la figura 5, podemos observar que para el peso seco de raíz, la combinación de factores y niveles que produjeron el mayor promedio, fueron los del tratamiento 10 (100 ppm de P y plantas manejadas en sustrato comercial), con un valor de 5.15g mientras que el menor promedio fue el del tratamiento 1 (0 ppm de P y plantas manejadas en hidroponia) con un valor de 2.57g (Anexo 6).

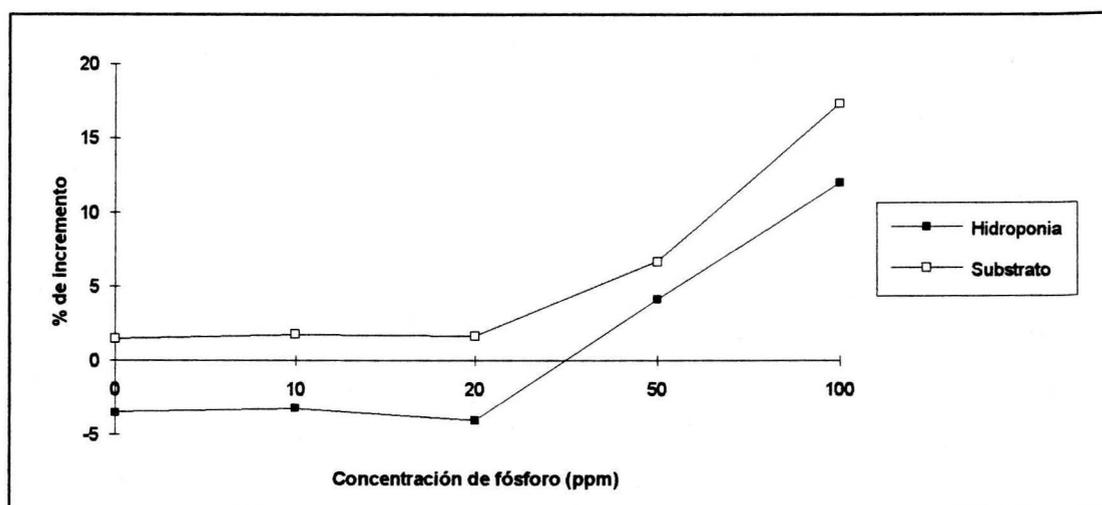
El testigo presentó un promedio de peso seco de raíz por planta de 3.53g, que es estadísticamente inferior al tratamiento 9 (50ppm de P y plantas manejadas en sustrato comercial), que se puede considerar como su equivalente, si consideramos la cantidad total de fósforo aplicada durante todo el ciclo. La causa por la cual el testigo presentó un menor rendimiento de raíz que su tratamiento equivalente, es el poco movimiento del superfosfato de calcio triple, así como su lentitud para quedar disponible para la planta, lo cual ya fue explicado con más detalle en la sección 6.2 de este mismo capítulo.

6.4 Incremento del calibre y peso del bulbo.

Al igual que las dos variables anteriores, las medias del incremento del calibre del bulbo también presentó diferencias estadísticas significativas en sus tratamientos, tanto para la forma de manejo de las plantas, como por los diferentes niveles de fósforo evaluados en la solución nutritiva aunque los mayores efectos fueron causa de los niveles de fósforo. También se encontró que existe un efecto significativo de la interacción entre los dos factores evaluados (Anexo 7).

En la Figura 6 se puede observar el efecto de interacción, entre el factor formas de producción y el factor concentraciones de fósforo, sobre el % de incremento del calibre del bulbo. En las dos formas de producción sólo se presenta un incremento en el calibre del bulbo, hasta que se pasa de 20 a 50 ppm de fósforo en la solución nutritiva, sólo que el incremento que se presenta en las plantas manejadas en hidroponía (8.11 unidades porcentuales), fue notablemente superior al que presentaron en sustrato comercial (5.04 unidades porcentuales).

Figura 6. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo sobre el % de incremento en el calibre del bulbo de plantas de *Lilium cv Eurovisión*, manejadas en hidroponía y sustrato comercial.



Por otro lado, la magnitud del incremento que se tiene al pasar de 50 ppm de P a 100 ppm de P en plantas en hidroponia (7.8 unidades porcentuales), es mayor que el que presentan las plantas manejadas en substrato comercial (10.6 unidades porcentuales), ésta es otra razón para que el análisis de varianza realizado en esta variable diera como resultado que el efecto de la interacción fuera significativo (Anexo 7).

Cuadro 5. Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el % de incremento del calibre del bulbo en plantas de *Lilium cv Eurovisión*, en diferentes formas de producción.

Formas de Producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppmP	100 ppm P
Hidroponia	- 3.48 a ^z	- 3.23 a	- 4.04 a	4.14 b	12.00 c
Substrato	1.51 a	1.77 a	1.64 a	6.68 b	17.32 c

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro 6. Comparación de medias entre los efectos de formas de producción, sobre el % de incremento del calibre del bulbo en plantas de *Lilium cv Eurovisión*, en diferentes concentraciones de fósforo.

Concentraciones de fósforo (ppm)	Hidroponia	Substrato
0	- 3.48 a ^z	1.51 b
10	- 3.23 a	1.77 b
20	-4.04 a	1.64 b
50	4.14 a	6.68 b
100	12.00 a	17.32 b

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

El Cuadro 5 muestra en forma evidente que en las concentraciones de 0 ppm de P a 20 ppm de P en la solución nutritiva, en las plantas manejadas en hidroponia, se presentó un decremento en el calibre del bulbo, es decir, al ser cosechados, presentaban una circunferencia menor a la que tenían al ser plantados, mientras que las plantas manejadas en substrato comercial, aún en las concentraciones más bajas, no presentaron decrementos.

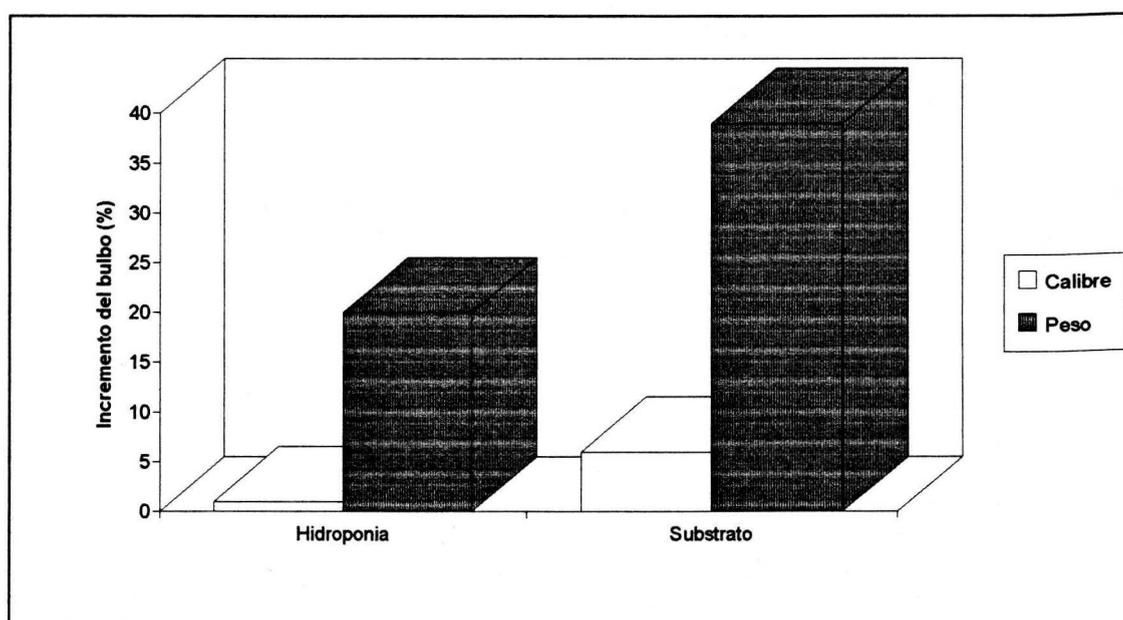
En el presente experimento se pudo observar que las plantas que se manejaron en hidroponia presentaban una menor concentración de nutrientes en las hojas, en comparación a las plantas manejadas en substrato comercial (Figuras 1 y 2); también se sabe que los bulbos de las plantas de *Lilium*, funcionan como importadoras de elementos nutritivos, por lo menos desde que tienen un mes de edad (Chaplin, 1981) es posible que las plantas que crecieron en hidroponia y con las concentraciones más

bajas de fósforo tuvieron que disponer de las reservas que tenía el bulbo, por más tiempo del que normalmente lo hacen, a falta de un sistema radical que les abasteciera, de manera satisfactoria, los nutrientes que necesitaban para todas sus funciones, provocando ésto, que las escamas que proporcionaron dichos elementos, murieran o por lo menos detuvieran su crecimiento y los primordios de escamas quedaran como tales, disminuyendo así la circunferencia total del bulbo. Las plantas que crecieron en substrato comercial, tuvieron siempre un mayor peso seco de raíz (Figura 4) y un mayor nivel nutrimental (Figuras 1 y 2), lo que posiblemente evitó que la poca o nula cantidad de fósforo en la solución nutritiva causara un decremento del calibre del bulbo; también hay que recordar que el substrato comercial, contiene materia orgánica y suelo franco, que contienen cierta cantidad de fósforo.

Al igual que para el calibre, el incremento del peso de los bulbos fue estadísticamente diferente entre los tratamientos, solo que para esta variable, el factor de mayor efecto fue la forma de producción mientras que el efecto a causa de los niveles de fósforo fue menor. La interacción de los factores no fue significativa (Anexo 8).

Al realizar una prueba de F para el peso y calibre del bulbo ($\alpha=0.01$), se encontró que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre las formas de producción del cultivo, siendo el cultivo de plantas en sustrato comercial el que produjo el mayor promedio de incremento del calibre y peso del bulbo (5.79 % y 39.70, % respectivamente), mientras que para las plantas manejadas en hidroponía el promedio de los incrementos fue de sólo 1.07 % y 19.65 % para calibre y peso, respectivamente (Anexos 7 y 8).

Figura 7. Porcentaje de incremento en el calibre y peso de los bulbos de *Lilium* cv Eurovisión, manejados en hidroponía y substrato comercial.



La figura 7, muestra en forma evidente que tanto el peso como el calibre del bulbo, fueron superiores en su porcentaje de incremento, en las plantas que crecieron en sustrato comercial, esto posiblemente fué efecto de una mayor disponibilidad de agua para estas plantas en comparación con las manejadas en hidroponia, por las causas ya explicadas en las secciones 6.1 y 6.2 de este capítulo.

La menor disponibilidad de agua en las plantas que crecieron en arena posiblemente provocó una disminución de agua y nutrientes así como una disminución de fotosíntesis (lo cual fué explicado con mayor detalle en las secciones 6.1, 6.2 y 6.3 de este capítulo); lo que dió como resultado un mayor calibre y peso de los bulbos que crecieron en sustrato comercial.

La razón por la que el incremento del peso del bulbo fue mayor que el incremento del calibre, tal vez consista en que el bulbo necesita acumular grandes volúmenes de agua y fotosintatos para poder mantenerse vivo durante su período de reposo (Roverts, 1964; citado por Chaplin, 1981). El incremento tan alto del peso del bulbo, también es posible que se deba a que su peso al momento de plantación es relativamente bajo, debido a que durante el reposo, ha sufrido deshidratación y consumo de fotosintatos para funciones como el crecimiento de las raíces del bulbo y la organogénesis floral, que en los híbridos asiáticos se realiza durante el reposo (Miller, 1992).

En lo que se refiere a los niveles de fósforo, también se encontraron diferencias estadísticas significativas entre medias, para el incremento del calibre del bulbo, como se aprecia en el Cuadro 7. En el mismo Cuadro también puede observar que en las dosis más bajas de fósforo no se presentó incremento del calibre del bulbo sino que al contrario se presentaron decrementos (Ver Anexo 9).

Para el incremento del peso del bulbo, a diferencia del incremento del calibre, no se encontraron valores negativos, es decir, no se presentaron decrementos pero si estuvieron presentes las diferencias estadísticas (prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$) entre los diferentes niveles de fósforo, lo cual puede verse en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Promedios del % de incremento del calibre de un bulbo de Liliun cv Eurovisión sometidos a diferentes concentraciones de fósforo.

Dosis de Fósforo (ppm)	Promedio del % de incremento del calibre de un bulbo
0	- 0.98 a ^Z
10	- 0.72 a
20	- 1.05 a
50	5.42 b
100	14.66 c

^Z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Chaplin (1981), al hacer estudios en plantas de *Lilium*, encontró que la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas de las plantas, tuvo una tendencia a la baja en forma constante, a partir de que las plantas tuvieron un mes de edad hasta antes de la cosecha, lo cual demuestra que el bulbo actúa como una fuerte demanda para estos elementos nutritivos. El mismo autor (citando a Rovers, 1964), indica que el calibre y peso de un bulbo, al final de un ciclo de crecimiento, está fuertemente influenciado por el número y tamaño de sus hojas.

Cuadro 8. Promedios del % de incremento del peso de un bulbo de *Lilium* cv Eurovisión sometidos a diferentes dosis de fósforo.

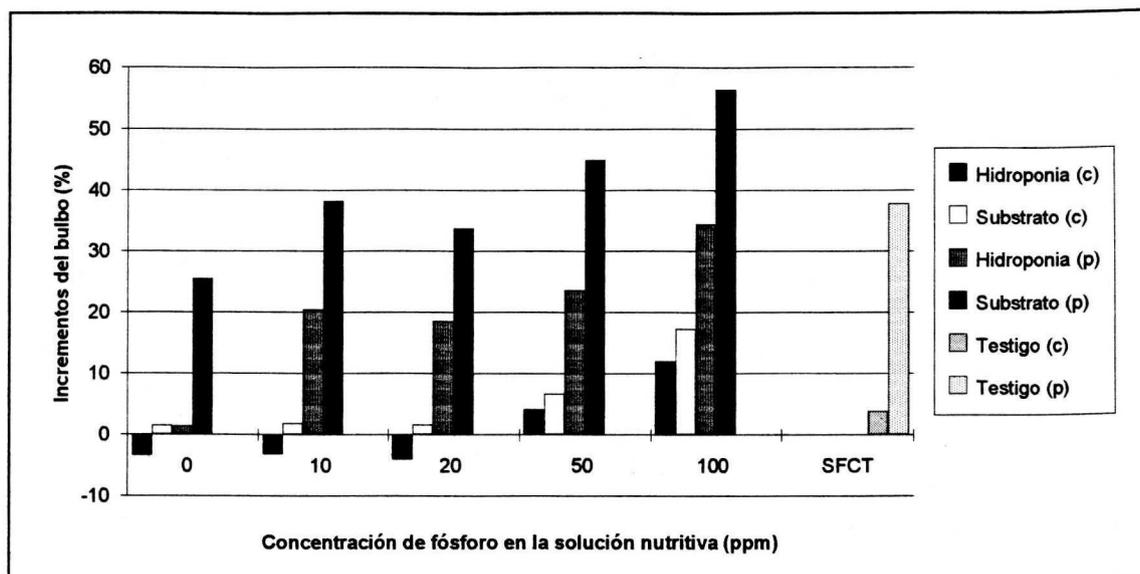
Dosis de Fósforo (ppm)	Promedio del % de incremento del peso de un bulbo
0	13.41 a
10	29.28 b
20	26.58 b
50	33.93 c
100	45.36 d

^Z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

En el presente experimento (ver Anexo 5), encontramos no sólo correlación entre el peso seco de las hojas y el calibre final del bulbo ($R = 0.87$, con una confiabilidad del 99%), sino que también se encontró una correlación para el peso seco de raíz con el calibre final del bulbo ($R = 0.74$, con una confiabilidad del 99%). Es posible que esto se deba (como ya se explicó con más detalle en las secciones 6.1 a 6.3), a que concentraciones altas de fósforo, produjeron un mayor incremento en el volumen de exploración del sistema radical, lo que a su vez, entre otras cosas, propició una mayor absorción de agua y nutrientes (Figura 1 y 2), que dio como resultado un mayor aumento en la cantidad de agua en los bulbos y a su vez propició una mayor biomasa foliar (Cuadro 1), que finalmente fue la que produjo los fotosintatos necesarios para que, junto con el agua absorbida por las raíces, dieran como resultado un incremento del calibre y peso del bulbo.

La combinación de niveles de los factores que produjeron el mayor promedio en el incremento del calibre del bulbo fueron los del tratamiento 10 (100 ppm de P y plantas manejadas en sustrato comercial) con un valor de 17.32% de incremento mientras que el promedio más bajo correspondió al tratamiento 3 que presentó un valor de - 4.04% es decir, las plantas sometidas a ese tratamiento (20 ppm de P y plantas manejadas en hidroponía), al cosechar sus bulbos, éstos habían sufrido un decremento de su circunferencia en un 4.04%. El testigo presentó, para esta variable, un promedio de 3.81% de incremento en el calibre del bulbo siendo éste estadísticamente inferior al tratamiento 10 (Figura 8 y Anexo 10).

Figura 8. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo, (promedio del % de incremento) en calibre y peso de un bulbo de Lilium cv Eurovisión, manejados en hidroponía y sustrato comercial.



(c) = Promedios del % de incremento en el calibre del bulbo. (p) = promedios del % de incremento en el peso del bulbo. SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de sustrato comercial.

Se sabe que el calibre de un bulbo de Lilium está altamente correlacionado con la altura final de la planta, el diámetro del tallo y el número y tamaño de las flores (Bañón, et al., 1993; Miller, 1992 y Corr y Wilkins, 1984; citados por Beattie y White, 1992). Apoyándonos en esto, podemos esperar que las plantas que en este experimento, presentaron el mayor incremento en el calibre y peso de los bulbos (plantas manejadas en sustrato comercial, con 100 ppm de P en la solución nutritiva), producirán las plantas de mayor calidad en el siguiente ciclo. Si generalizamos más, podríamos esperar que los bulbillos de Lilium en proceso de engorda, que crecieran en condiciones de altos niveles de fósforo disponible para la planta, alcanzarían más rápido su tamaño comercial y producirían plantas de mayor calidad en comparación con los bulbillos que crecieran bajo condiciones de deficiencia de fósforo (Figura 8).

Por otro lado, la combinación de los niveles de los factores que produjeron el promedio más alto para el incremento del peso del bulbo, fueron los del tratamiento 10 (100 ppm de P y sustrato comercial), con un valor de 56.37% de incremento en el peso del bulbo, mientras que el menor promedio fue para el tratamiento 1 (0 ppm de P y manejo en hidroponía) con un valor de solo el 1.37% de incremento. El testigo presentó un promedio de 37.73% de incremento siendo estadísticamente inferior (prueba de Tukey con $\alpha= 0.05$) al promedio del tratamiento 10 (Figura 8 y Anexo 11).

6.5 Longitud del tallo e inflorescencia

Para la longitud del tallo no se presentaron diferencias estadísticas significativas para ningún factor, ni para la interacción. El promedio general de altura del tallo de las plantas de Lilium, en este experimento, fue de 61.77 cm (Anexo 12 y Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedios de la longitud del tallo (cm) de plantas de Lilium cv Eurovisión, comparando a los once tratamientos estudiados.

Formas de producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppm P	100 ppm P	SFCT
Hidroponia	58.93a ^z	62.40a	62.65a	60.85a	62.10a	
Substrato	62.15a	60.92a	61.72a	61.60a	61.45a	
Testigo						61.75a

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de substrato comercial.

Cuadro 10. Promedios de la longitud de inflorescencia (cm) de plantas de Lilium cv Eurovisión, comparando a los once tratamientos estudiados.

Formas de producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppm P	100 ppm P	SFCT
Hidroponia	16.16a ^z	19.90a	16.97a	16.10a	16.83a	
Substrato	18.07a	16.58a	17.50a	16.79a	16.73a	
Testigo						16.85a

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de substrato comercial.

Respecto a la longitud de inflorescencia, tampoco fueron encontradas diferencias estadísticas para los efectos de los niveles de ninguno de los factores estudiados ni para su interacción, lo que demuestra que ni la deficiencia de fósforo ni las formas de producción afectan la longitud de inflorescencia de las plantas de Lilium. El promedio general de esta variable en las plantas evaluadas fue de 20.89cm, con extremos de 8.4 cm a 27.3 cm(Anexo 13 y Cuadro 10).

Varios autores (Bañón, 1993; Miller, 1992; Corr y Wilkins, 1984, citados por Beattie y White, 1992), coinciden en que la longitud de una planta de Lilium, es una característica que está íntimamente relacionada con el calibre del bulbo, de tal manera que los bulbos con mayores circunferencias, son los que producen las plantas más altas, siempre y cuando todos estén sometidos a las mismas condiciones ambientales.

En el presente experimento (Anexo 5) se encontró una correlación muy alta entre el calibre inicial del bulbo y la longitud final del tallo así como también con la longitud de la inflorescencia ($R = 0.94$ y $R = 0.93$, respectivamente, con un nivel de confiabilidad del 99%) esto hace suponer que en las plantas de Lilium, en las

condiciones de este experimento, las diferencias en el calibre inicial del bulbo son las que provocan las diferencias observadas en la longitud final de los tallos y las inflorescencias.

Por otro lado, se reporta que la altura promedio de los tallos de *Lilium cv "Eurovisión"* es de 85 cm (C.I.B.F., s.f., b) y en el presente experimento el promedio de altura para todos los tallos solo fue de 61.7 cm. La diferencia en altura entre lo que se obtuvo y lo que se esperaba, posiblemente se deba a lo que mencionan Beattie y White (1992) que dicen que temperaturas superiores a los 14° C durante la noche, hacen que los tallos queden cortos al final del ciclo. Es importante recordar, que el experimento se desarrolló durante la época caliente del año.

Heins (1982) dice que plantas bajo intensidades altas de luz pueden ser hasta 40 % más pequeñas que las plantas que han crecido en el mismo lugar pero bajo una malla sombra del 50 %, explicando que esto es porque las plantas con menores intensidades luminosas presentan una mayor concentración de auxinas. En la época en que se desarrollaron las plantas de este experimento fueron frecuentes las intensidades luminosas altas, sobre todo durante el primer mes de crecimiento.

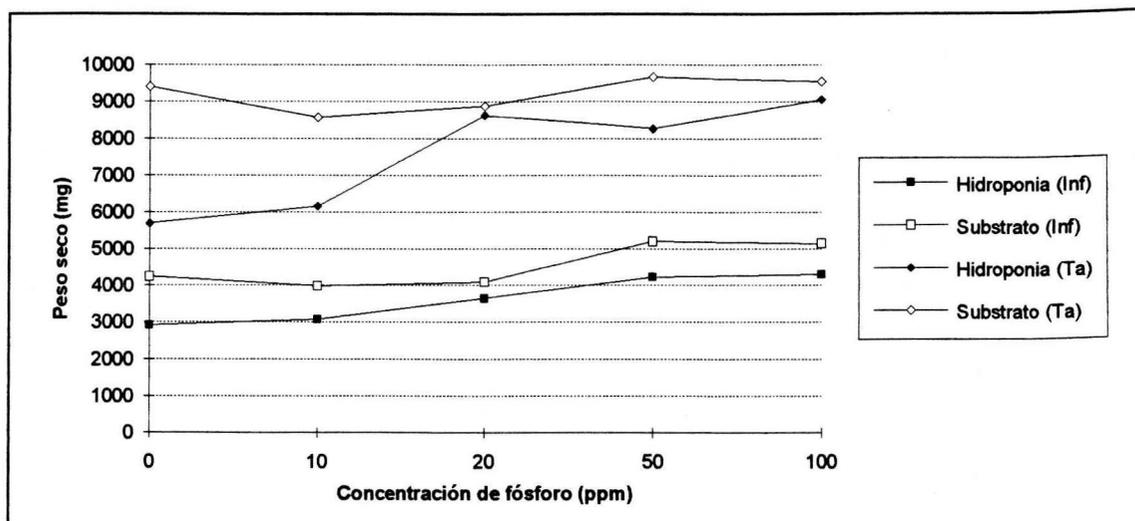
6.6 Peso seco de tallo e inflorescencia

Tanto el peso seco del tallo como el de la inflorescencia fueron afectados a causa de la forma de manejo de las plantas y de los niveles de fósforo evaluados así como también por la interacción de dichos factores, aunque en menor grado que los factores individuales (Anexo 14 y 15).

Es interesante ver que el incremento en el peso seco del tallo y de la inflorescencia, de las plantas que crecen en hidroponia, se da en el mismo punto en las dos variables, y esto posiblemente sea causa de que las plantas que crecieron en substrato comercial, tienen en la mezcla donde fueron plantados, una cierta cantidad de fósforo que les permite soportar de mejor manera, las concentraciones más bajas de este elemento en la solución nutritiva, sin la necesidad de reducir el aumento de biomasa en el tallo y en la inflorescencia, como ocurrió con las plantas que crecieron en arena.

En la Figura 9, podemos observar el efecto de interacción tanto para el peso seco del tallo como para el peso seco de la inflorescencia. Para el peso seco del tallo se observa, en las plantas que crecieron en substrato comercial, que al pasar de la concentración de 10 a 20 ppm de fósforo en la solución nutritiva no hay un incremento estadísticamente significativo, en cambio en las plantas que crecieron en hidroponia al pasar de una concentración de 10 a 20 ppm de fósforo, se da un incremento estadísticamente significativo en la misma variable (Cuadro 11).

Figura 9. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo sobre el promedio del peso seco del tallo y de la inflorescencia (mg) en plantas de *Lilium cv Eurovisión*, manejadas en hidroponía y substrato comercial.



Inf = Datos del peso seco de la inflorescencia. Ta = Datos del peso seco del tallo.

Para el caso del peso seco de inflorescencia, las plantas manejadas en substrato comercial, al pasar de 10 a 20 ppm de fósforo no tuvieron un incremento significativo, mientras que, en el mismo rango de concentraciones, las plantas manejadas en hidroponía tienen un incremento considerable en el peso seco de la inflorescencia (Figura 9 y Cuadro 12).

Cuadro 11. Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el peso seco del tallo (g) de plantas de *Lilium cv Eurovisión*, en diferentes formas de producción.

Formas de producción	0 ppm (P)	10 ppm (P)	20ppm (P)	50 ppm (P)	100 ppm (P)
Hidroponía	5.69 a ^z	6.15 a	8.62 b	8.26 b	9.05 b
Substrato	9.41 a	8.57 a	8.88 a	9.67 ab	9.54 ab

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro 12. Comparación de medias entre los efectos de las concentraciones de fósforo, sobre el peso seco de inflorescencia (g) de plantas de *Lilium cv Eurovisión*, en diferentes formas de producción.

Formas de producción	0 ppm (P)	10 ppm (P)	20 ppm (P)	50 ppm (P)	100 ppm (P)
Hidroponía	2.91 a ^z	3.07 a	3.65 b	4.23 c	4.30 c
Substrato	4.24 a	3.98 a	4.09 a	5.20 b	5.14 b

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Los Cuadros 13 y 14 muestran la comparación entre medias de cada forma de producción en cada una de las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva para el peso seco del tallo y de la inflorescencia, respectivamente.

Cuadro 13. Comparación de medias entre los efectos de formas de producción, sobre el peso seco del tallo en plantas de *Lilium* cv Eurovisión, en diferentes concentraciones de fósforo.

Concentraciones de fósforo (ppm)	Hidroponia	Substrato
0	5.69 a ^z	9.41 b
10	6.15 a	8.57 b
20	8.62 a	8.88 a
50	8.26 a	9.67 b
100	9.05 a	9.54 a

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro 14. Comparación de medias entre los efectos de formas de producción, sobre el peso seco de inflorescencia en plantas de *Lilium* cv Eurovisión, en diferentes concentraciones de fósforo.

Concentración de fósforo (ppm)	Hidroponia	Substrato
0	2.91 a ^z	4.24 b
10	3.07 a	3.98 b
20	3.65 a	4.09 b
50	4.23 a	5.20 b
100	4.30 a	5.14 b

^z Promedios con la misma letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro 15. Promedios de peso seco de un tallo y de una inflorescencia de *Lilium* cv Eurovisión a diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva.

Concentración de Fósforo (ppm)	Peso seco del tallo (g)	Peso seco de la inflorescencia (g)
0	7.55 a ^z	3.58 a
10	7.36 a	3.53 a
20	8.76 b	3.89 a b
50	8.95 b	4.70 c
100	9.30 b	4.72 c

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Los resultados que se observan en el Cuadro 15 concuerdan con los obtenidos por Tsujita (1978), quien encontró que bajas concentraciones de fósforo coincidían con bajo peso seco de los tallos.

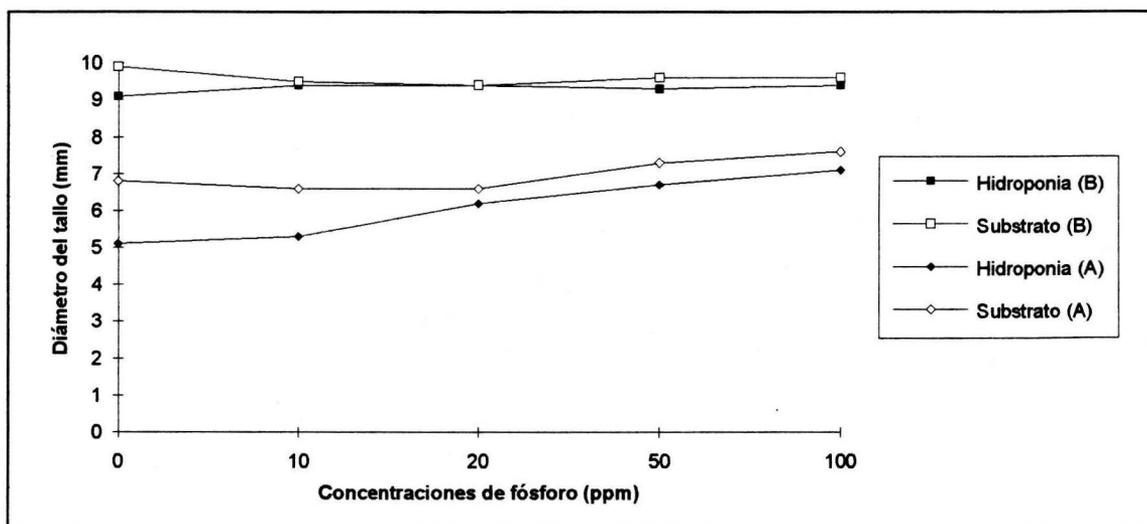
El menor peso seco de tallo y de inflorescencia que coincide con las menores concentraciones de fósforo, se podría atribuir a lo que reportan Narayanan (1982) y Herminia (1993), quienes coinciden en que las plantas que crecen en condiciones de deficiencia de fósforo, producen raíces muy largas a expensas del crecimiento de la parte aérea, lo que da como resultado plantas con tallo delgado y una escasa área foliar. Herminia (1993) dice que en condiciones de carencia de fósforo, las raíces se convierten en una demanda más fuerte que la parte aérea, con el objeto de aumentar su longitud para poder obtener el fósforo de estratos más lejanos.

Por otro lado, Martín (1983) reporta que en plantas con deficiencia de fósforo se presentan problemas en la reproducción celular del cámbium del tallo, lo cual afecta considerablemente el grosor de este órgano y la traslocación de nutrientes.

6.7 Diámetro del tallo

De acuerdo con el análisis de varianza para el diámetro basal de las plantas de *Lilium* no hay diferencias estadísticas significativas para el factor niveles de fósforo ni para el factor formas de producción (Anexo 16 y Figura 10), pero cuando se realizó el análisis para el diámetro apical se encontraron diferencias significativas para los dos factores y la interacción (Anexo 17 y Figura 10).

Figura 10. Promedios del diámetro basal y apical del tallo (mm) en plantas de *Lilium* cv Eurovisión, manejados en hidroponía y substrato comercial en diferentes concentraciones de fósforo.



B = datos para el diámetro basal del tallo. A = datos para el diámetro apical del tallo.

Bañón et al. (1993) dice que las plantas de *Lilium*, se nutren fundamentalmente del bulbo y las raíces de éste durante sus primeras tres semanas y es hasta después de ese período que la planta empieza a nutrirse por medio de su sistema radical adventicio; posiblemente es por eso que en este experimento no hay diferencias en la base del tallo, por que en el momento en el que quedó determinado, la nutrición estaba basada en el bulbo, pero en el momento en que empieza a funcionar el sistema radical adventicio, se empiezan a manifestar las diferencias en absorción de agua y nutrientes (por lo ya explicado en la sección 6.3), manifestándose así las diferencias en el grosor apical del tallo.

En este experimento (Anexo 5) se encontró una correlación positiva altamente significativa entre el peso seco del tallo y su diámetro apical ($R= 0.77$), lo que nos sugiere que los tallos menos pesados se encuentran en esa condición por no haber podido engrosar su parte apical.

Una medida que tal vez sea más real para evaluar el efecto del fósforo en el grosor del tallo es el porcentaje de pérdida de diámetro apical del tallo con respecto al diámetro basal ya que el grosor basal y apical de este órgano también está fuertemente influenciado por el calibre del bulbo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Promedios del % de pérdida de diámetro en el tallo (base-ápice) de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a diferentes dosis de fósforo.

Dosis de Fósforo (ppm)	Promedio del % de pérdida de diámetro en una planta
0	37.09 a
10	36.89 a
20	33.03 b
50	24.78 c
100	22.55 c

^Z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha =0.05$).

El Cuadro 16 nos indica que el incremento de fósforo en la solución nutritiva hace que disminuya el porcentaje de pérdida de diámetro del tallo es decir, hace que el tallo no sea tan delgado en su parte distal. Esto posiblemente se debe a que con deficiencias de fósforo las raíces de la planta se convierten en una demanda de fotosintatos más fuerte que la parte aérea para incrementar su longitud, acosta del crecimiento de la parte aérea, y llegar a otros estratos en busca de fósforo (Herminia, 1993), lo cual ya fué explicado con mas detalle en la sección 6.5.

6.8 Porcentaje de la base del tallo con hojas muertas o cloróticas

En esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de ningún factor ni para la interacción, lo cual indica que las hojas marchitas en la base del tallo, no son causa de la deficiencia de fósforo o de la forma de producción. El promedio general, del porcentaje del tallo con hojas dañadas en la base para todas las plantas evaluadas, fue 1.43%.

Tsujita (1979) encontró que concentraciones bajas de fósforo en el sustrato provocaron una gran senescencia de las hojas basales de *Lilium longiflorum* y que altas concentraciones del mismo elemento, redujeron considerablemente ese daño. El atribuye este problema a que con deficiencia de fósforo las hojas basales promueven la traslocación de este elemento a los puntos de crecimiento, que es donde más se necesita, provocando esto su muerte; también atribuye la muerte de las hojas basales a que hay un desequilibrio en el crecimiento raíz-parte aérea, creciendo la primera a costa de la segunda. Los resultados del presente experimento, no concuerdan con los de Tsujita (1979), ya que en estas plantas, la muerte de hojas basales solo se presentó en algunas plantas y en poca intensidad; posiblemente la causa de esto, sea que el *Lilium longiflorum* tal vez sea más susceptible a la deficiencia de fósforo que el cultivar Eurovisión en los híbridos asiáticos. También es posible que en el caso de los experimentos de Tsujita se haya presentado alguna influencia del medio ambiente en la traslocación del fósforo.

6.9 Días a floración

Esta es otra de las variables que no fue afectada por las formas de producción ni por los diferentes niveles de fósforo. El promedio general de los días a floración de todas las plantas del experimento fue de 83.21 días, con extremos de 79 y 88 días respectivamente (Cuadro 17).

Cuadro 17. Promedios de los días a floración de plantas de *Lilium* cv Eurovisión comparando los once tratamientos estudiados.

Formas de producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppm P	100 ppm P	SFCT
Hidroponia	83.87a ^z	83.30a	83.40a	83.42a	83.30a	
Substrato	83.10a	83.50a	83.42a	81.30a	83.55a	
Testigo						83.32a

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo = 2 Kg de SFCT/m³ de sustrato comercial.

El C.I.B.F. (s.f., b) reporta que el tiempo promedio de siembra a cosecha para el cultivar Eurovisión es de 91 días (7 semanas), lo cual es superior al promedio general de los días a antesis en las plantas de este experimento (83.21 días), quizá esto fué

causa de lo que menciona Derek et al. (1961), quienes dicen que temperaturas diurnas de más de 18° C y nocturnas de más de 14° C, aceleran la floración de las plantas de *Lilium*.

6.10 Número total de botones producidos por planta y tamaño de flor

Para esta variable tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas entre formas de producción o entre niveles de fósforo. El promedio general de botones producidos por planta fue de 7.19 con variaciones que fueron desde 1 hasta 13 botones por planta (Anexo 18 y Cuadro 18).

Cuadro 18. Promedios del número total de botones por planta de *Lilium* cv Eurovisión comparando los once tratamientos estudiados.

Formas de producción	0 ppm P	10 ppm P	20 ppm P	50 ppm P	100 ppm P	SFCT
Hidroponia	6.75a ^z	7.45a	7.20a	6.80a	7.17a	
Substrato	7.70a	6.95a	7.32a	7.12a	7.45a	
Testigo						7.40a

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). SFCT = super fosfato de calcio triple. Testigo= 2 Kg de SFCT/m³ de substrato comercial.

La razón por la cual ni las formas de producción ni los niveles de fósforo difirieron en esta variable es porque la iniciación y diferenciación floral, de muchas de los cultivares de *Lilium* que pertenecen al grupo de los híbridos asiáticos, se presenta antes de la emergencia de la planta (Miller, 1992) e incluso antes de ser cosechados del ciclo anterior (Zhang et al., 1990). Al respecto, Baranova (citada por Beattie y White, 1992) reporta que la organogénesis floral en varias especies de *Lilium* dura entre 1.5 a 2 meses, por lo que no es raro ver plantas de este grupo que emergen con los botones ya presentes.

En el presente experimento, es muy probable que al momento de plantar los bulbos, éstos ya hayan tenido su organogénesis floral completa, o por lo menos muy avanzada, ya que después de ser cosechados se les dió un tratamiento de frío (4° C) por lo menos durante 6 semanas. Por lo tanto, ninguno de los factores ambientales a los que fueron sometidas estas plantas pudo haber determinado el número total de botones.

En lo que se refiere al tamaño de flor, tampoco se presentaron diferencias entre los tratamientos causadas por las formas de producción o por las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva. El promedio general del tamaño de las flores fue de 15.71 cm con extremos de 11.4 cm como mínimo y 17.8 cm como máximo. En general, considero que ésta es una característica que no es muy afectada por factores nutricionales o ambientales a los que sean sometidas las plantas de *Lilium*, ya que en

toda la revisión bibliográfica hecha para este experimento, nunca se encontró reportado algún dato que mostrara cambios en esta variable. Es probable, que sean pocos los fotosintatos que las flores importan de las hojas, por lo que no llegan a ser deficientes.

6.11 Porcentaje de botones muertos.

En esta variable tampoco fueron encontradas diferencias estadísticas significativas para ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. El promedio del porcentaje de botones muertos por planta, para todos los individuos estudiados fue del 6.45% con extremos que fueron desde el 0% hasta el 100% de botones muertos por planta.

Es probable que la muerte de algunos de los botones fue debida a que en presencia de temperaturas altas, tanto en la noche como en el día, el contenido de fructosa, glucosa y sacarosa de las hojas y botones de las plantas de *Lilium*, es bajo en comparación con plantas que se han estado desarrollando en temperaturas mas frescas; lo que hace suponer que el abastecimiento de carbohidratos disponibles para el desarrollo de yemas florales, puede estar limitado en plantas con altas temperaturas (Rho, 1990).

Herreros (1983) menciona que las intensidades luminosas muy altas pueden provocar la aborción de botones florales, lo que es posible que se haya presentado en cierta medida en las plantas de este experimento, por la época del año en que se desarrollaron.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos, hipótesis y resultados del presente trabajo experimental, se concluyó lo siguiente:

El incremento de la concentración de fósforo en la solución nutritiva provocó un aumento en la concentración de nitrógeno, fósforo y calcio en las hojas de las plantas de *Lilium*, siendo las concentraciones de 50 y 100 ppm las que produjeron los mayores incrementos.

Las diferencias en la concentración de fósforo en la solución nutritiva no produjeron cambios estadísticamente significativos en: longitud del tallo e inflorescencia, días a floración, número total de botones producidos por planta, porcentaje de botones muertos por planta y tamaño de flores.

El incremento en la concentración de fósforo en la solución nutritiva produjo un incremento en el peso seco de hojas, siendo las concentraciones que produjeron los promedios más altos las de 50 y 100 ppm con valores de 4.97 y 5.29 g, respectivamente.

El peso seco de la raíz se incrementa conforme aumenta la concentración de fósforo en la solución nutritiva, siendo el promedio más alto el de 5.11 g que se produjo con la concentración de 100 ppm.

El incremento en la concentración de fósforo en la solución nutritiva provocó un incremento en el peso seco del tallo y de la inflorescencia. Las concentraciones que produjeron los mayores promedios para esta variable fueron las de 20, 50 y 100 ppm de fósforo y que produjeron valores de 8.76 a 9.30 g para el peso seco del tallo, y 50 y 100 ppm de fósforo que reportaron valores de 4.7 g para el peso seco de inflorescencia.

El calibre y peso del bulbo de las plantas de *Lilium* cv Eurovisión se incrementan al aumentar la concentración de fósforo en la solución nutritiva. La concentración de 100 ppm fue la que produjo el mayor incremento del calibre y peso del bulbo (14.66 % para calibre y 45.36 % para peso).

El diámetro del tallo de las plantas de *Lilium* cv Eurovisión sufre un decremento en su parte apical, con respecto a la basal, conforme la concentración de fósforo en la solución nutritiva disminuye, teniéndose el menor porcentaje en el decremento del diámetro apical del tallo para la concentración de 50 y 100 ppm de fósforo, que sólo

sufrieron un decremento del 26.78 al 22.55 % de su tallo, mientras que las concentraciones de 0 y 10 ppm de fósforo sufrieron un decremento en esta variable entre el 37 y 36.8 %.

Las plantas de *Lilium* manejadas en hidroponia, tuvieron menor peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia, así como menor calibre y peso del bulbo y menor diámetro de tallo que las plantas manejadas en sustrato comercial.

El uso de ácido fosfórico en la solución nutritiva como fuente de fósforo, dió como resultado plantas de *Lilium* con mayor calibre y peso del bulbo; mayor peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia y mayor diámetro apical del tallo, en comparación con el resultado que se obtuvo en las plantas en donde la fuente de fósforo fue el superfosfato de calcio triple, en las mismas concentraciones.

El uso de superfosfato de calcio triple en dosis de 2 Kg/m³ de sustrato, no causa síntomas de daños por flúor en plantas de *Lilium* cv Eurovision.

VIII. SUGERENCIAS

La concentración de fósforo que se recomienda en la solución nutritiva para la producción de plantas de *Lilium* cv Eurovisión de corte, es la de 50 ppm, para las plantas manejadas en hidroponía y en sustrato comercial.

La concentración de fósforo que se recomienda para las plantas de *Lilium* en las que se vaya a usar nuevamente el bulbo que ya produjo su tallo floral, es de 100 ppm, para las plantas manejadas en hidroponía y en sustrato comercial.

Se sugiere hacer pruebas con diferentes tipos de sustratos y su interacción con momentos, cantidad e intensidad de riegos en plantas de *Lilium* manejadas en hidroponía.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 1992. Primera mesa de trabajo sobre floricultura. ACERCA. México. 69 p.
2. Baca, C.G. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el sustrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
3. Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo. Ed. Lemos. Madrid, España.
4. Bañón, A. S., González, G. A., Fernández, H. J. y Cifuentes, R.D. 1993. Gerbera, Liliun, Tulipan y Rosa. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
5. Barber, S. A. 1982. Soil-Plant Root Relationships Determining Phosphorus Uptake. In: Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium. Warwick University, England.
6. Beattie, D.J. and White, J.W. 1992. Liliun. Híbridos and Species. In: De Hertog, A. and Le Nard, M. (eds.) The Physiology of Flower Bulbs. Ed. Elsevier. New York, USA. pp. 422- 454.
7. Beltrán, A.G. 1996. Calidad de Lilies. Jardines y flores de México, vol I, 5: 12-13.
8. Berghoef, J. and Kappelhof, G.S.J. 1981. Control of scorch on lilies, cv Pirate, requires further research. Vakblad voor the bloemisteris. 36 (22) 22-23.
9. Boontjes, J., Durieux, A.J.B. and Kamerbeek, G.A. 1975. Progress in the promotion of flowering in lilies by supplementary illumination. Acta Horticulturae, 51:261-262.
10. Cajuste, L.J. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
11. Centro Internacional de Bulbos de Flor (s.f. a). El liliun para flor cortada en zonas subtropicales. Hillegon, Holanda.
12. Centro Internacional de Bulbos de Flor (s.f. b). Manual para la elección de variedades de bulbosas de flor. Hillegon, Holanda.

13. Chaplin, M.H. and Roberts A. N. 1981. Seasonal nutrient element distribution in leaves of "ACE" and "Nellie White" cultivars of the Easter Lily, *L. longiflorum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12 (3), 227-237.
14. Derek, R.S. and Langhans, R.W. 1961. The influence of day and night temperatures on the growth and flowering of the Easter Lily. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 80: 593-599.
15. Díaz, D.L. 1986. El fósforo en el crecimiento y nutrición mineral del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
16. Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Jones, A.C. 1991. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. Marcel Dekker Inc. New York, USA.
17. FAO. 1990. *Soilless culture for horticultural crop production*. Plant Production and Protection. Paper 101. Roma.
18. Füleky, G. and Nooman, H. J. 1991. Effects of soil volume on root growth and nutrient uptake. In: McMichael, B. L. and Persson, H. (eds.). *Plant roots and their environment*. Elsevier Science Publishers. Holand.
19. Gárate, R. E. 1986. Efecto de un déficit de fósforo en el rendimiento, componentes del rendimiento y composición química del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
20. Hall, S.M. and Baker, D.A. 1972. The chemical composition of *Ricinus* phloem exudate. *Planta* 106, 131-140.
21. Heins, R. D., Pemberton, H. B., and Wilkins, H.F. 1982. The influence of light in lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 330-338.
22. Herminia, E. P.; Novais, R. F. and Sacramento, V. S. 1993. Reactions of three soybean cultivars to interruptions in phosphorus supply. In: Fragoso, M. A. C. and Beusichem, M. L. (eds.). *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
23. Herreros D. L. M. 1983. *Cultivo de lilium*. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 28 p.
24. Jakobsen, S. T. 1993. Nutritional disorders between potassium, magnesium, calcium and phosphorus in soil. In: Fragoso, M. A. C. and Beusichem, M. L. (eds.). *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

25. Lange, N. and Heins, R. 1990. The lowdown on how bulb size influences lily development. *Grower Talks*, 53: 52-54.
26. Lawlor D. W. 1993. *Photosynthesis. Molecular, physiological and environmental processes*. Longman Scientific and Technical. USA.
27. Marouski, F. J. 1981. Symptomatology of fluoride and boron injury in *lilium longiflorum*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106: 341-344.
28. Martín, R. P. 1983. *La planta viviente*. C.E.C.S.A. México.
29. Martínez, M. E. A. 1974. El análisis foliar de nitrógeno y fósforo en maíz de temporal como método para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y sus correlaciones con el rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
30. Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Switzerland.
31. Miller, W. B. and Langhans, R.W. 1989a. Reduced irradiation affects dry weight partitioning in Easter Lily. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114:306-309.
32. Miller, W.B. and Langhans, R.W. 1989b. Carbohydrate changes of Easter Lilies during growth in normal and reduced irradiance environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114:310-315
33. Miller, W.B. 1992. *Easter and Hibrid Lily Production. Principles and Practice*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
34. Narayanan, A. and Balakrihna, K. R. 1982. Effect of phosphorus deficiency on the form of plant root system. In: *Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium*. Warwick University, England.
35. Nairam, F. B. 1993. Effects of nitrate, phosphate and sulfate combinatios on growth and kinetics of phosphate and sulfate uptake by eucalypt seedlings. In: *Fragoso, M. A. C. and Beusichem, M. L. (eds.). Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
36. Pilbeam, D. J. 1993. Effect of withdrawal of phosphorus on nitrate assimilation and PEP carboxylase activity in tomato. In: *Fragoso, M. A. C. and Beusichem, M. L. (eds.). Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

37. Porcayo, Sánchez Leopoldo 1993. El cultivo del Liliun. (*Lilium* sp) con la técnica de hidroponia bajo condiciones de invernadero en Chapingo, Méx. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo.
38. Prince, T.A. and Cunningham, M.S. 1989. Production and storage factors influencing quality of potted Easter Lilies. *HortScience* 24:992-994.
39. Rajkai, K. V. 1991. Effect of soil water and nutrient supply on root characteristics and nutrient uptake of plants. In: McMichael, B. L. and Persson, H. (eds.). *Plant roots and their environment*. Elsevier Science Publishers. Holand.
40. Resh, H.M. 1981. *Hidroponic Food Production*. Woodbridge Press Publishing Company.
41. Rodríguez, S. F. 1982. *Fertilizantes, Nutrición vegetal*, AGT Editor, S.A. México.
42. Roh, M. S. 1990. Effect of high temperature on bud blast in asiatic hybrid lily. *Acta Horticulturae* 266:141-146.
43. Roorda Van Eijsinga, J.P.N.L. 1980 Leaf scotch on lilies due to fluorine. *Vakblad voor de blohemisterrj* (1980) 35 (48) 31-33.
44. Salisbury, F.B and Rooss, C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.
45. Sánchez, del C. F. y Escalante, R. E. 1989. *Hidroponia: Un sistema de producción*. Tercera edición. UACH. Chapingo, México.
46. Slagen, J. H. G., Krook G. J. Hof, N.A.A. 1989 Nitrogen dressing and nutrient absorption of lilies (*Asiatic Hybrids*) on sandy soils. *Netherland Journal of Agricultural Science* 37: 269-272.
47. Teuscher, H. y Adler, R. 1984. *El suelo y su fertilidad*. Ed. C.E.C.S.A. México.
48. Tisdale, S. L. y Nelson W.L. 1982. *Fertilidad de suelos*. Ed. UTEHA. México.
49. Tsujita, M. J., Murr, D. P. and Johnson, A. G. 1978. Influence of phosphorus nutrition and ancymidol on leaf senescence and growth of Easter lily. *Can. J. Plant Sci.* 58: 287-290.
50. Tsujita, M. J., Murr, D.P. and Johnson, A. G. 1979. Leaf senescence of Easter lily as influenced by root/shoot growth, phosphorus nutrition and ancymidol. *Can J. Plant Sci.* 59:757-761.

51. Villegas, R. H. 1994. Estudio fenológico de cuatro variedades de *Lilium* (híbridos asiáticos), bajo cubierta en Texcoco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

52. Wilkins, H. F. 1992. Easter lilies. In: Larson, R. A. (Editor). Introduction to Floriculture. Academic Press. New York, USA. pp. 327-352.

53. Schwarz, W. E. 1975. Effects of plant growth regulators on *Lilium longiflorum* Thunb. cv. Georgia. HortScience, 10: 611-613

54. Zhang, X., Beattie, D. J. and White, J. W. 1990. Flower initiation in three asiatic hybrid lily cultivars. Acta Horticulturae 266:183-188.

X. ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de varianza para el peso seco de hojas de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	99.965	11.107	4.08	0.0001
Error	390	1062.657	2.724		
Total	399	1162.623			

C. V. = 35.604

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	11.529	11.529	11.529	0.04
NP	4	71.268	17.817	17.817	0.0001
HID*NP	4	17.168	4.292	4.292	0.18

ANEXO 2

Prueba de Tukey para el peso seco de hojas de plantas de *Lilium* cv Eurovisión manejadas en dos formas de producción .

Formas de producción	Peso seco de hojas (g)
Hidroponia	4.466 a ^z
Sustrato comercial	4.806 b

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

ANEXO 3

Análisis de varianza para el peso seco de hojas de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo y manejadas en dos formas de producción.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	10	104.979	10.497	3.86	0.0001
Error	429	1167.696	2.721		
Total	439	1272.676			

C.V. = 35.88

ANEXO 4

Análisis de varianza para el peso seco de raíz de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	387.403	43.044	158.08	0.0001
Error	390	106.195	0.272		
Total	399	493.598			

C. V. = 14.18

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	62.346	62.346	228.97	0.0001
NP	4	297.560	74.390	273.20	0.0001
HID*NP	4	27.495	6.873	25.24	0.0001

ANEXO 5

Análisis de correlación entre las siguientes variables:

PSH = Peso seco de hojas.

PSR = Peso seco de raíz.

CIB = Calibre inicial del bulbo.

CFB = Calibre final del bulbo.

PCB = Porcentaje de botones muertos.

AT = Altura del tallo.

DAF = Días a floración

NTB = Número total de botones.

LI = Longitud de inflorescencia.

PSI = Peso seco de inflorescencia.

PST = Peso seco del tallo.

PTD = Porcentaje de la base del tallo con hojas dañadas.

DAT = Diámetro apical del tallo.

INCAL = Porcentaje de incremento del calibre del bulbo

SAS

CORRELATION ANALYSIS

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 400

	PSH	PSR	CIB	CFB	PCB	AT
	1.00000 0.0	0.59541 0.0001	0.90339 0.0001	0.86676 0.0001	-0.09922 0.0474	0.84739 0.0001
	0.59541 0.0001	1.00000 0.0	0.40096 0.0001	0.73915 0.0001	-0.02090 0.6769	0.36968 0.0001
	0.90339 0.0001	0.40096 0.0001	1.00000 0.0	0.81301 0.0001	-0.12080 0.0156	0.94155 0.0001
	0.86676 0.0001	0.73915 0.0001	0.81301 0.0001	1.00000 0.0	-0.08673 0.0832	0.76731 0.0001
	-0.09922 0.0474	-0.02090 0.6769	-0.12080 0.0156	-0.08673 0.0832	1.00000 0.0	-0.14185 0.0045
	0.84739 0.0001	0.36968 0.0001	0.94155 0.0001	0.76731 0.0001	-0.14185 0.0045	1.00000 0.0
	-0.82822 0.0001	-0.38125 0.0001	-0.91536 0.0001	-0.75891 0.0001	0.11870 0.0175	-0.86775 0.0001
	0.78443 0.0001	0.34727 0.0001	0.86501 0.0001	0.70306 0.0001	-0.12355 0.0134	0.82713 0.0001
	0.83417 0.0001	0.36571 0.0001	0.93521 0.0001	0.75466 0.0001	-0.11950 0.0168	0.85698 0.0001
	0.76856 0.0001	0.81685 0.0001	0.68949 0.0001	0.84412 0.0001	-0.07817 0.1185	0.66724 0.0001
	0.79169 0.0001	0.60650 0.0001	0.77820 0.0001	0.79436 0.0001	-0.08963 0.0733	0.81659 0.0001
	-0.09922 0.0474	-0.02090 0.6769	-0.12080 0.0156	-0.08673 0.0832	1.00000 0.0	-0.14185 0.0045
	0.03085 0.5384	0.09708 0.0524	0.00630 0.9000	0.02221 0.6579	0.03984 0.4269	0.02264 0.6517
	0.76754 0.0001	0.65351 0.0001	0.72788 0.0001	0.79549 0.0001	-0.09664 0.0535	0.69087 0.0001
	0.08365 0.0948	0.11000 0.0278	0.07025 0.1608	0.07000 0.1623	0.03066 0.5409	0.09480 0.0582
	0.17613 0.0004	0.68841 0.0001	-0.04956 0.3228	0.53827 0.0001	0.01894 0.7057	-0.04274 0.3939

SAS

CORRELATION ANALYSIS

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 400

DAF	NTB	LI	PSI	PST	PCB
-0.82822 0.0001	0.78443 0.0001	0.83417 0.0001	0.76856 0.0001	0.79169 0.0001	-0.09922 0.0474
-0.38125 0.0001	0.34727 0.0001	0.36571 0.0001	0.81685 0.0001	0.60650 0.0001	-0.02090 0.6769
-0.91536 0.0001	0.86501 0.0001	0.93521 0.0001	0.68949 0.0001	0.77820 0.0001	-0.12080 0.0156
-0.75891 0.0001	0.70306 0.0001	0.75466 0.0001	0.84412 0.0001	0.79436 0.0001	-0.08673 0.0832
0.11870 0.0175	-0.12355 0.0134	-0.11950 0.0168	-0.07817 0.1185	-0.08963 0.0733	1.00000 0.0
-0.86775 0.0001	0.82713 0.0001	0.85698 0.0001	0.66724 0.0001	0.81659 0.0001	-0.14185 0.0045
1.00000 0.0	-0.82337 0.0001	-0.84658 0.0001	-0.64464 0.0001	-0.72655 0.0001	0.11870 0.0175
-0.82337 0.0001	1.00000 0.0	0.80564 0.0001	0.59503 0.0001	0.68554 0.0001	-0.12355 0.0134
-0.84658 0.0001	0.80564 0.0001	1.00000 0.0	0.62570 0.0001	0.70092 0.0001	-0.11950 0.0168
-0.64464 0.0001	0.59503 0.0001	0.62570 0.0001	1.00000 0.0	0.82809 0.0001	-0.07817 0.1185
-0.72655 0.0001	0.68554 0.0001	0.70092 0.0001	0.82809 0.0001	1.00000 0.0	-0.08963 0.0733
0.11870 0.0175	-0.12355 0.0134	-0.11950 0.0168	-0.07817 0.1185	-0.08963 0.0733	1.00000 0.0
-0.00020 0.9968	0.03638 0.4681	0.00678 0.8924	0.02796 0.5771	-0.01836 0.7143	0.03984 0.4269
-0.68922 0.0001	0.65483 0.0001	0.68468 0.0001	0.80600 0.0001	0.77517 0.0001	-0.09664 0.0535
-0.05787 0.2482	0.09403 0.0603	0.06576 0.1893	0.06004 0.2308	0.03621 0.4702	0.03066 0.5409
0.02330 0.6422	-0.04114 0.4119	-0.05615 0.2625	0.45162 0.0001	0.23235 0.0001	0.01894 0.7057

SAS

CORRELATION ANALYSIS

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 400

	PTD	DAT	HDB	INCAL
	0.03085	0.76754	0.08365	0.17613
	0.5384	0.0001	0.0948	0.0004
	0.09708	0.65351	0.11000	0.68841
	0.0524	0.0001	0.0278	0.0001
	0.00630	0.72788	0.07025	-0.04956
	0.9000	0.0001	0.1608	0.3228
	0.02221	0.79549	0.07000	0.53827
	0.6579	0.0001	0.1623	0.0001
	0.03984	-0.09664	0.03066	0.01894
	0.4269	0.0535	0.5409	0.7057
	0.02264	0.69087	0.09480	-0.04274
	0.6517	0.0001	0.0582	0.3939
	-0.00020	-0.68922	-0.05787	0.02330
	0.9968	0.0001	0.2482	0.6422
	0.03638	0.65483	0.09403	-0.04114
	0.4681	0.0001	0.0603	0.4119
	0.00678	0.68468	0.06576	-0.05615
	0.8924	0.0001	0.1893	0.2625
	0.02796	0.80600	0.06004	0.45162
	0.5771	0.0001	0.2308	0.0001
	-0.01836	0.77517	0.03621	0.23235
	0.7143	0.0001	0.4702	0.0001
	0.03984	-0.09664	0.03066	0.01894
	0.4269	0.0535	0.5409	0.7057
	1.00000	0.00236	0.98392	0.03024
	0.0	0.9624	0.0001	0.5465
	0.00236	1.00000	0.03524	0.30674
	0.9624	0.0	0.4822	0.0001
	0.98392	0.03524	1.00000	0.02128
	0.0001	0.4822	0.0	0.6713
L	0.03024	0.30674	0.02128	1.00000
	0.5465	0.0001	0.6713	0.0

ANEXO 6

Análisis de varianza para el peso seco de raíz de plantas de Liliium cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo y manejadas en dos formas de producción.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	10	394.335	39.433	148.05	0.0001
Error	429	114.267	0.266		
Total	439	508.602			

C.V. = 14.07

ANEXO 7

Análisis de varianza para el % de incremento del calibre del bulbo de Liliium cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	17 402.51	1933.61	130.76	0.0001
Error	390	5766.907	14.786		
Total	399	23169.423			

C. V. = 30.02

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	2220.34	2220.34	150.16	0.0001
NP	4	14999.89	3749.97	253.60	0.0001
HID*NP	4	182.28	45.57	3.08	0.016

ANEXO 8

Análisis de varianza para el % de incremento del peso del bulbo de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	84470.73	9385.63	145.10	0.0001
Error	390	25226.39	64.68		
Total	399	109697.12			

C. V. = 27.09

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	40200.89	40200.89	621.51	0.0001
NP	4	43059.65	10764.91	166.43	0.0001
HID*NP	4	1210.17	302.54	4.68	0.001

ANEXO 9

Prueba de Tukey para el % del incremento del calibre del bulbo de plantas de *Lilium* cv Eurovisión manejadas en dos formas de producción .

Formas de producción	% de incremento del calibre del bulbo
Hidroponia	1.077 a ^z
Sustrato comercial	5.790 b

^z Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

ANEXO 10

Análisis de varianza para el % de incremento del calibre del bulbo de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo y manejadas en dos formas de producción.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	10	17419.07	1741.907	116.70	0.0001
Error	429	6403.549	14.92669		
Total	439	23822.62			

C.V. = 30.02

ANEXO 11

Análisis de varianza para el % de incremento del peso del bulbo de plantas de *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo y manejadas en dos formas de producción.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	10	87154.05	8715.40	148.35	0.0001
Error	429	25202.59	58.74		
Total	439	112356.64			

C.V. = 25.20

ANEXO 12

Análisis de varianza para la altura del tallo de plantas *Lilium cv Eurovisión* sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	895.71	99.52	0.70	0.71
Error	390	55766.03	142.98		
Total	399	56661.75			

C. V. = 19.35

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	60.84	60.84	0.43	0.51
NP	4	54.72	13.68	0.10	0.98
HID*NP	4	780.14	195.03	1.36	0.24

ANEXO 14

Análisis de varianza para el peso seco del tallo de plantas *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	681.55	75.72	13.46	0.0001
Error	390	2194.00	5.62		
Total	399	2875.56			

C. V. = 28.27

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	274.15	274.15	48.73	0.0001
NP	4	243.71	60.92	10.83	0.0001
HID*NP	4	163.69	40.92	7.27	0.0001

ANEXO 15

Análisis de varianza para el peso seco de inflorescencia de plantas *Lilium cv Eurovisión* sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	200.24	22.24	38.69	0.0001
Error	390	224.25	0.57		
Total	399	424.49			

C. V. = 18.55

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	81.09	81.09	141.02	0.0001
NP	4	110.96	27.74	48.25	0.0001
HID*NP	4	8.18	2.04	3.56	0.0073

ANEXO 16

Análisis de varianza para el diámetro basal del tallo de plantas *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	0.1659	0.0165	0.49	0.89
Error	390	13.27	0.0341		
Total	399	13.43			

C. V. = 19.43

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	0.0912	0.045	1.34	0.26
NP	4	0.0037	0.0009	0.03	0.99
HID*NP	4	0.071	0.0177	0.52	0.72

ANEXO 17

Análisis de varianza para el diámetro apical del tallo de plantas *Lilium* cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	2.506	0.278	13.72	0.0001
Error	390	7.917	0.020		
Total	399	10.424			

C. V. = 21.71

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	0.783	0.783	38.58	0.0001
NP	4	1.403	0.350	17.29	0.0001
HID*NP	4	0.319	0.079	3.93	0.003

ANEXO 18

Análisis de varianza para el número total de botones por planta de Liliun cv Eurovisión sometidas a cinco concentraciones de fósforo (NP) y manejadas en dos formas de producción (HID).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	9	32.437	3.60	0.63	0.77
Error	390	2243.73	5.75		
Total	399	2276.17			

C. V. = 33.34

Modelo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
HID	1	5.522	5.522	0.96	0.32
NP	4	5.228	1.307	0.23	0.92
HID*NP	4	21.68	5.421	0.94	0.43