



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

ACLIMATACION DE GLOXINIAS (*Sinningia speciosa*),  
EVALUANDO DOS DIFERENTES SUSTRATOS Y  
SOLUCIONES NUTRIMENTALES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRICOLA**

**P R E S E N T A N :**

**CABRERA MUÑOZ TEOFILO**

**MELECIO CHAVEZ VICTOR CARLOS**

ASESOR: ING. JUAN ROBERTO GUERRERO AGAMA

274822

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO

1999

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Aclimatación de Gloxinias (Sinningia speciosa), Evaluando dos  
Diferentes Sustratos y Soluciones Nutrimientales.

que presenta el pasante: Víctor Carlos Melecio Chavez  
con número de cuenta: 9460812-0 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 04 de Febrero de 1999

PRESIDENTE I.A. Gustavo Ramírez Ballesteros

VOCAL I.A. Francisco Cruz Pizarro

SECRETARIO I.A. Juan Roberto Guerrero Ayama

PRIMER SUPLENTE I.A. Felipe Solís Torres

SEGUNDO SUPLENTE I.A. Antonio Soroa Cerecero



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 AVILA 14  
 MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Aclimatación de Gloxinia (Sinningia speciosa), evaluando dos  
diferentes sustratos y soluciones nutritivas.

que presenta el pasante: Teofilo Cabrera Muñoz  
 con número de cuenta: 9460818-2 para obtener el TITULO de  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de febrero de 199 9

PRESIDENTE I.A. Gustavo Ramirez Ballesteros

VOCAL I.A. Francisco Cruz Pizarro

SECRETARIO I.A. Juan Roberto Guerrero Agama

PRIMER SUPLENTE I.A. Felipe E. Solis Torres

SEGUNDO SUPLENTE I.A. Antonio Soroa Cerecero

FALTA PAGINA

No.

1

## **Agradecimientos**

Gracias DIOS todo poderoso por haberme permitido realizar mi más anhelado sueño. Señor tu infinito amor y misericordia que me brindaste me dio fuerzas para recorrer este sendero con gran éxito.

Agradezco a mis padres por sus palabras de aliento y su gran comprensión para la realización de este gran logro, ya que es invaluable y bendito el apoyo que me brindaron.

Agradezco infinitamente a Silvia Romero Cruz, por su comprensión, cariño y apoyo desmedido que me brindo para lograr uno de mis más grandes sueños.

A mis hermanos y amigos, les expreso mis más sincero agradecimiento por su gran apoyo moral para poder terminar este gran reto.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan (UNAM) y a mis profesores que participaron en mi formación, les agradezco infinitamente por haberme transmitido su conocimiento que contribuirá a mi formación.

**Melecio Chavez Victor Carlos**

## **Agradecimientos**

A DIOS por concederme la vida y permitirme éste gran logro.

A mis padres Evodia y Agustín, por su apoyo, comprensión y confianza recibidos a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Leticia, Juana, Roberto y Sergio, por sus muestras de cariño y apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por ofrecerme, una gama de alternativas para mi superación profesional.

A todos los profesores por brindarme conocimientos, experiencias y consejos; estímulos para ser mejor en la vida.

**Teofilo Cabrera Muños**

## INDICE

<b>i</b>	<b>Índice de cuadros</b>	<b>6</b>
<b>I</b>	<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>II</b>	<b>Objetivos e hipótesis</b>	<b>9</b>
<b>III</b>	<b>Revisión bibliográfica</b>	
<b>3.1</b>	<b>Características botánicas</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Condiciones climáticas que requiere el cultivo</b>	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Propagación de Gloxinias</b>	<b>12</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Producción de Gloxinias por micropropagación.</b>	<b>13</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Fases de la micropropagación</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Características de las plantas micropropagadas</b>	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Aclimatación</b>	<b>21</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Procesos de la aclimatación</b>	<b>23</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Métodos de aclimatación</b>	<b>25</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Actividad fotosintética en la etapa de aclimatación</b>	<b>27</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Influencia de la fuente de carbono</b>	<b>27</b>
<b>3.5.5</b>	<b>Influencia del CO<sub>2</sub>, e intensidad luminosa</b>	<b>28</b>
<b>3.5.6</b>	<b>Influencia de la temperatura</b>	<b>29</b>
<b>3.5.7</b>	<b>Influencia de la humedad relativa</b>	<b>30</b>
<b>3.5.8</b>	<b>Actividad fotosintética y transpiración</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Invernaderos</b>	<b>33</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Ventajas del invernadero</b>	<b>33</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Factores a tomar en la instalación de un invernadero</b>	<b>34</b>
<b>3.7</b>	<b>Acondicionamiento del invernadero para la aclimatación</b>	<b>39</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Control climático</b>	<b>39</b>

<b>3.7.1.1</b>	<b>Calefacción</b>	39
<b>3.7.1.2</b>	<b>Ventilación, refrigeración, humidificación</b>	40
<b>3.7.1.3</b>	<b>Fertilización carbónica</b>	41
<b>3.7.1.4</b>	<b>Control de luz</b>	41
<b>3.8</b>	<b>Contenedores</b>	42
<b>3.8.1</b>	<b>Manejo en contenedores</b>	43
<b>3.9</b>	<b>Sustratos</b>	43
<b>3.9.1</b>	<b>Características deseables de un sustrato</b>	44
<b>3.9.2</b>	<b>Turba</b>	45
<b>3.9.2.1</b>	<b>Características de la turba</b>	45
<b>3.9.3</b>	<b>Vermiculita</b>	46
<b>3.9.3.1</b>	<b>Características de la vermiculita</b>	47
<b>3.9.4</b>	<b>Tierra de hoja</b>	47
<b>3.9.4.1</b>	<b>Características de la tierra de hoja</b>	48
<b>3.10</b>	<b>Riego</b>	49
<b>3.10.1</b>	<b>Técnicas de riego</b>	50
<b>3.10.2</b>	<b>Métodos de riego</b>	50
<b>3.10.2.1</b>	<b>Nebulización</b>	51
<b>3.10.2.2</b>	<b>Fertirrigación</b>	51
<b>3.10.3</b>	<b>Comportamiento de los elementos en el suelo</b>	56
<b>3.10.3.1</b>	<b>Nitrógeno</b>	57
<b>3.10.3.2</b>	<b>Fósforo</b>	58
<b>3.10.3.3</b>	<b>Potasio</b>	60
<b>3.10.3.4</b>	<b>Calcio</b>	62
<b>3.10.3.5</b>	<b>Magnesio</b>	63
<b>3.10.3.6</b>	<b>Azufre</b>	64

3.10.3.7	Micronutrientes	66
3.10.4	Manejo de la solución nutritiva	69
3.10.5	Calidad del agua para riego	69
3.11	Fertilización	70
3.11.1	Soluciones nutritivas	70
3.11.2	Principales elementos minerales y su función	71
3.12	Plagas y enfermedades	78
<b>IV</b>	<b>Materiales y métodos</b>	
4.1	Ubicación del área experimental	80
4.1.1	Características del área de investigación	80
4.2	Sustratos	80
4.3	Soluciones	81
4.4	Diseño experimental	82
4.5	Tratamientos	83
4.6	Manejo experimental	84
4.7	Parámetros a evaluar	85
<b>V</b>	<b>Análisis y resultados</b>	
5.1	Sustratos	92
5.2	Soluciones	95
<b>VI</b>	<b>Conclusiones</b>	98
<b>VII</b>	<b>Bibliografía</b>	100

## **INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1. Condiciones ambientales apropiadas para crecimiento y floración de Gesneriaceas</b>	<b>12</b>
<b>Cuadro 2. Características de los sustratos de peat-moss+vermiculita y hojarasca</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 3. Plagas y enfermedades de las Gloxinias</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro 4. Solución nutrimental con macro y micronutrientes</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 5. Solución nutrimental con macronutrientes</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro 6. Promedios de altura de planta</b>	<b>88</b>
<b>Cuadro 7. Promedios del número de hojas</b>	<b>90</b>
<b>Cuadro 8. Promedio del tamaño longitudinal de hoja</b>	<b>92</b>

## I INTRODUCCION

En México, la floricultura a nivel comercial es una actividad que en la actualidad cuenta con cerca de 6 000 hectáreas destinadas al cultivo de flores, de estas solamente 700 hectáreas se dedican a la exportación, de las cuales del 45 al 50 % se tiene en condiciones de invernadero.

En el ámbito comercial la Gloxinia (*Sinningia speciosa*) ocupa el segundo lugar en importancia después de la violeta africana, esto en cuanto a superficie cultivada. La Gloxinia tiene una flor de colores muy atractivos, esto hace que sea muy apreciada en el mercado por los compradores; siendo demandada principalmente para interiores de casa habitación, oficinas, etc., como en maceta

Generalmente, la producción comercial de Gloxinia es por medio de semilla, aunque también se realiza a través de material vegetativo por medio de tubérculos y en algunas especies a través de hojas. En la actualidad, con los avances en la biotecnología es posible la propagación *in vitro*, con esta técnica se puede obtener un mayor número de plantas libres de problemas fitosanitarios, con mejores características ya que permite que las plantas hijas sean idénticas a la madre.

La etapa más importante para el desarrollo de las plantas obtenidas bajo la técnica de micropropagación es la aclimatación, para el caso de la Gloxinia se debe realizar desde los tubos de ensayo de manera que mediante este proceso queden endurecidas para enfrentar el nuevo ambiente donde se establecerán para su aclimatación, bajo condiciones adecuadas lo que pueden realizarse permitirá a las plantas *in vitro* adaptarse de forma gradual a condiciones ambientales diferentes, cercanas a las que se encontrará *in vivo*.

Se puede realizar una aclimatación directa después de la fase *in vitro*, manteniendo *in vivo* una humedad relativa alta, una baja irradiación y temperatura, así como puede pulverizarse o las

plantas con antitranspirantes para reducir la transpiración *in vivo* aunque esto produce siempre un efecto negativo.

Las áreas de aclimatación y establecimiento deben encontrarse preferentemente cerca del laboratorio para minimizar una posible contaminación. Sin embargo, este debe ser enfatizado para una buena designación y con una especial atención será beneficiado con una alta producción y un mejor sistema de manipulación de laboratorio como en el área de plantación o en el invernadero y últimamente en el empaque y área de embarque.

## II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### Objetivo General

Evaluar el efecto en el incremento del número, longitud de hojas y altura de planta durante la fase de aclimatación de Gloxinias (Sinningia speciosa), generadas *in vitro*, utilizando dos sustratos y dos soluciones nutritivas.

### Objetivo Particular

Determinar cual sustrato y concentración de solución nutritiva tiene el mejor efecto en la adaptación y crecimiento de plantas de Gloxinia (Sinningia speciosa), durante la fase de aclimatación.

### Hipótesis

Al provenir de un manejo estricto de las condiciones de propagación, una planta tendrá mejor adaptación si el sustrato en el cual se está aclimatando cuenta con las condiciones óptimas que la especie requiere y la aplicación de una solución nutritiva coadyuvará al establecimiento de la planta en un lugar definitivo.

### III REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Características Botánicas.

Gesneriáceas es una familia muy numerosa que comprende, sobre todo, arbustos y hierbas tropicales. A ella pertenecen muchas plantas cultivadas como ornamentales muy populares, de las cuales más conocida son las Gloxineas Gesneri y las Violeta africanas.

La Gloxinia es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia Gesneriaceae. Son plantas herbáceas que llegan alcanzar una altura de 20-25 cm, sus hojas son de forma ovalada, arqueada, opuesta y con bordes ondulados. Tanto el envés como el haz están cubiertos de finos bellos, el color de la hoja varía de un tono verde claro a un intenso.

Las flores se disponen a lo largo de la parte superior del tallo en un racimo lateral, las flores pueden ser erectas o inclinadas y en su forma pura pueden ser de color blanco, rojo, violeta y morado, y que al ser cruzadas entre sí se obtienen flores bicoloradas.

El cáliz tiene una base tubular, redondeada, angulosa o atado, y cinco frondosos lóbulos anchos y finos al igual que cinco ovarios tipo boquilla.

La corola es un tubo largo que varía desde la forma acampanada a cilíndrica que se va ensanchando y expandiendo de cinco lóbulos redondeados. Presentan cuatro estambres fértiles que tienen finos filamentos en la base del tubo de la corola. Las anteras están unidas en círculo, de dos a cinco glándulas componen el disco alrededor del ovario medio inferior. El estilo alargado continúa hacia la parte superior con un estigma que generalmente tiene forma de boca. Cuando el fruto maduro resulta ser una cápsula seca que se abre de 2 a 4 aberturas en la punta librande semillas muy pequeñas y separadas.(Heywood, 1985)

División: Embiophyta.  
Clase: Dicotyledoneae  
Sub-clase: Asteridae  
Orden: Scrupulariales  
Familia: Gesneriaceae  
Genero: Sinningia  
Especie speciosa

### 3.2 Condiciones Climáticas que requiere el cultivo.

Para la producción de Gloxinia bajo condiciones de invernadero se requiere de temperaturas que oscilen entre 21 y 23 °C, sin embargo, la temperatura ideal se debe mantener en 21 °C y no deberá tenerse a menos de 16 °C pues provocaría que la planta detenga su crecimiento. Went, 1957, noto que las temperaturas nocturnas de 20-23 °C y una temperatura diurna de 14 °C produjeron un mejor crecimiento en violeta africana, planta perteneciente a la misma familia que las Gloxinias.

Con relación a la Humedad relativa, esta planta requiere de aproximadamente un 80%, para ello se deben evitar tener corrientes de aire que puedan generar una disminución de humedad en el interior del invernadero, la humedad que debe tenerse en el sustrato deberá ser siempre constante usando agua templada y evitar mojar las hojas y flores que pueden demeritar su calidad por golpeteo de la gotas.

En cuanto a luz es necesario que se tengan lamparas de luz brillante o bien la luz solar pero evitando que esta sea directa. La iluminación que se requiere para obtener un optimo crecimiento es de 25.8 klx (Maztlerz, 1971). Sin embargo, la iluminación adicional puede ser benéfica para reducir los riesgos de un retardo en la floración ; para este caso se utilizan focos incandescentes de 100 watts

espaciados a 120 cms., por encima de las plantas y prendiéndolos de 4-5 horas cada noche. Larson. (1991), Heywood. (1981).

Stinson y Laurice, (1954) encontraron que se podía obtener plantas excelentes bajo luces fluorescentes de 6.5 lux durante 12-18 horas diariamente. También se encontró que el tiempo para producir violeta africana en maceta podría reducirse utilizando luces artificiales.

Los detalles específicos relacionados con el cultivo de varios géneros de Gesneríaceas son resumidos en el cuadro No. 1. Larson. (1991), Mc Gary. (1982)

**Cuadro 1. Condiciones ambientales apropiadas para el crecimiento y la floración de Gesneríaceas.**

<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE CULTIVO PARA LAS Gesneriaceae</b>			
<b>CULTIVO</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>LUZ (KLX)</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>
<b>GLOXINIA</b>	<b>21</b>	<b>25.5</b>	<b>50-70</b>
<b>VIOLETA AFRICANA</b>	<b>21</b>	<b>10.7</b>	<b>70</b>
<b>EPISCIA</b>	<b>18</b>	<b>11.8</b>	<b>75</b>
<b>SINNINGIA MINIATURA</b>	<b>21</b>	<b>11.8</b>	<b>70</b>
<b>STREPTOCARPUS</b>	<b>16</b>	<b>10.7</b>	<b>70</b>

Fuente : Larson,1991

### **3.3 Propagación de Gloxinias**

El avance de la horticultura ornamental ha ido paralelo al desarrollo de técnicas de controlar correctamente todas las condiciones de cultivo (sustratos, abonados, riegos, clima, plagas y enfermedades, etc.), como las propias características de las plantas que se cultivan Para ello es preciso reproducirlo mas fielmente que se pueda y de forma económica, la mayor cantidad posible

de plantas que han demostrado ser las mejores para nuestros objetivos. Y ese es el cometido de las técnicas de reproducción.

Muchas plantas pueden reproducirse comercialmente utilizando uno de los mecanismos que la naturaleza utiliza; la reproducción sexual. Para ello, se emplean las semillas o esporas situándolas en el ambiente más favorable posible para que se desarrollen las nuevas plantas.

En otros casos, la conservación de las características de la variedad empleada exige que sea reproducida vegetativamente. Hablaremos en este caso de reproducción asexual o multiplicación. Las técnicas de multiplicación varían mucho según la parte de la planta que se tome. Existe una técnica muy especializada que se desarrolla en parte en laboratorio y trataremos posteriormente corresponde a la propagación *in vitro*. Caballero: (1990)

Las gloxinias son plantas que se pueden propagar por vía sexual y asexual:

- Propagación sexual. Se efectúa por semilla y es la vía más utilizada para la producción comercial.
- Propagación asexual. Generalmente este género se propaga mediante tubérculo y esquejes de hoja. El tubérculo requiere de calor para favorecer la brotación, de tal manera que el calor se elimina cuando esta en crecimiento y a menos que sea invierno, ya que la gloxinia reacciona favorablemente en una atmósfera fresca. En cuanto al esqueje de hoja, se emplean hojas que conservan el pedúnculo. El esqueje se siembra en un sustrato compuesto por arena y agrolita cubriendo hasta la mitad del pedúnculo. Por cada esqueje se obtiene una planta joven y vigorosa. Hartmann, (1990). Vic. (1991)

### **3.3.1 Producción de Gloxinias por micropropagación**

La aplicación de las técnicas de cultivo de tejidos a la regeneración y propagación comercial de plantas enteras, es un desarrollo más reciente que se ha convertido en una alternativa importante

de los métodos convencionales de propagación en una amplia gama de especies de plantas. Hartmann. (1990), Vic. (1991).

La multiplicación *in vitro* facilita la propagación clonal rápida de especies cuyos factores de producción se ven limitados tanto por efectos ambientales como fisiológicos de la misma planta y ayudan a que estas sean genética y morfológicamente uniformes y que sean producidas bajo reglas fitosanitarias, con lo que se logra incrementar la calidad.

La técnica de cultivo *in vitro* consiste en cultivar en medios nutritivos adecuados y en forma aséptica, ápices de raíz y de tallo, primordios de hojas o partes inmaduras de flores, órganos aislados del tallo y hoja y algunas veces, ovarios, óvulos, anteras y polen (Street 1977; citado por Navarro y Vera, 1994). La micropropagación consiste en producir plantas a partir de porciones muy pequeñas de ellas, de tejidos o células cultivadas asépticamente en un tubo de ensayo u en otro recipiente en que se pueden controlar estrictamente las condiciones de ambiente y nutrición.

La propagación *in vitro*, es uno de los sistemas de multiplicación de plantas en forma asexual que en la actualidad ofrece una serie de ventajas con respecto a los sistemas tradicionales de propagación (estacas, estolones, tubérculos, rizomas y bulbos). Murashige (1978); citado por Cruz. (1983).

La propagación clonal de plantas por cultivos de tejidos se basa en el principio de que toda célula vegetal tiene la información genética para generar un organismo completo y para que la célula pueda expresar este potencial, es necesario que se le proporcionen las condiciones ambientales

necesarias, utilizando principalmente medios nutritivos de composición definida en recipientes de vidrio y en condiciones asépticas en todas las etapas de propagación.

### **3.3.2. Fases de la Micropropagación**

Murashige (1974), definió tres fases en el proceso de multiplicación *in vitro* de plantas. Estas han sido ampliamente adoptadas tanto por instituciones de investigación como por laboratorios comerciales, ya que describen los pasos a seguir en el proceso de micropropagación; además, consideran diferentes condiciones ambientales del cultivo, las que pueden ser modificadas de acuerdo con cada necesidad. Los requerimientos de cada fase varían de acuerdo con el método de propagación usado y muchas veces el proceso de cultivo no se ajusta estrictamente a las fases establecidas, e incluso se pueden omitir algunos pasos. Acosta. (1993)

Se suelen definir 5 etapas en el proceso de micropropagación que son las siguientes:

#### **FASE 1 Preparación de las plantas madre.**

Las plantas madre deben cultivarse en invernadero, controlando cuidadosamente las condiciones de luz, temperatura, humedad relativa, estado nutricional y fitosanitario. En algunos casos se someten además a tratamientos específicos como la aplicación de reguladores de crecimiento, la etiolación, etc., a fin de acondicionar el crecimiento de las partes que van a ser empleadas en la iniciación. Caballero. (1990)

#### **FASE 2 Iniciación**

De las plantas madre se toma pequeñas porciones de tejido que deben ser desinfectadas cuidadosamente para obtener, a partir de ellas, los explantes primarios, usualmente yemas, ápices

meristemáticos o meristemas, raíces semillas y polen que serán colocados en el medio de cultivo. Caballero. (1990).

Es importante considerar el hecho de que el aislamiento del tejido u órgano de la planta provoca un estado de tensión que altera el metabolismo celular y el balance hormonal. Se considera un buen inoculo aquel que sobrevive al desequilibrio mencionado, en condiciones *in vitro*. Acosta (1993), Orozco. (1993).

### **FASE 3 Multiplicación**

Transcurrido el tiempo de iniciación, aquellos explantes no contaminados por microorganismos que han iniciado su crecimiento son repicados a un nuevo medio de cultivo especialmente formulado para inducir la multiplicación. Los repicados en este medio se repiten a intervalos regulares de 4 a 8 semanas.

La multiplicación *in vitro* puede conseguirse por diversas vías:

1. Elongación de tallos y obtención de microesquejes.
2. Producción de brotes auxiliares.
3. Producción de brotes adventicios.
4. Regeneración de plantas a partir de tallos y cultivos celulares.

Solo la producción de brotes axiliares y adventicios se utiliza de una forma general en la micropropagación comercial. Caballero. (1990); Debergh (1981).

#### **FASE 4 Elongación y enraizamiento.**

Las plantas producidas en la etapa anterior se colocan en un medio capaz de inducir su elongación y en algunos casos, también su enraizamiento. Durante esta etapa frecuentemente se aumenta la intensidad de luz con el fin de preparar a las plantas para su próximo paso al exterior. Caballero. (1990).

Asimismo, se requiere cambiar el balance hormonal, que consiste en disminuir Citocininas y aumentar las Auxinas. En algunas especies, la eliminación de las Citocininas Exógenas es suficiente para provocar la formación de raíces. Orozco. (1993).

#### **FASE 5 Transplante y aclimatación**

Abarca el traspaso de plantas del medio aséptico de cultivo al ambiente de vida natural en el invernadero y luego a su sitio definitivo en el suelo. Al inicio de esta fase, la plántula puede o no estar enraizada. En cualquiera de los casos, para que pueda sobrevivir debe pasar por un periodo de aclimatación, en el que se deben de volver autótrofas, desarrollando brotes funcionales y aumentando su resistencia a la desecación y al ataque de patógenos. Hartmann. (1990); (1981).

Normalmente es necesario disponer de condiciones de elevada humedad relativa, temperatura al rededor de 25 ° C y baja iluminación.

No obstante, en muchos casos la iniciación de raíces ocurre fácilmente y puede prescindirse de la etapa 3 que ocurre simultáneamente a la 4 en el invernadero. Caballero. (1990)

#### **3.4 Características de las plantas micropropagadas**

Durante el cultivo de tejidos, los explantes son confinados a un ambiente casi o totalmente hermético y controlado, lo que puede ocasionar modificaciones tanto en la composición de los

gases de la atmósfera del frasco de cultivo, como en la morfología, anatomía y fisiología de las plantas. Vázquez (1994); citado por Coumac et al.,(1991), Yue et al., (1992).

Un factor importante es el tamaño de las plantas micropropagadas, que es muy pequeño comparado con el de aquellas que provienen de otros sistemas de propagación; pero, es el estado general de las plantas, considerado este el factor más importante que influye en la aclimatación. El estado general de las plantas o (calidad) se refiere a las características morfológicas, fisiológicas y anatómicas que posee como consecuencia de las condiciones *in vitro* y se compara con las características propias de la especie.

Las características anatómicas que se han reportado en las plantas micropropagadas que difieren de las que crecen en el invernadero o en el campo son: el número de las capas de células del parénquima en empalizada, generalmente es menos y esto repercute en un menor grosor de la hoja; la menor longitud de las células del parénquima en empalizada, el grado de diferenciación de este tipo de parénquima con respecto a las demás células del mesófilo, la forma de los estomas que es circular y no elíptica, el número de estomas que en algunos casos es mayor, en otro menor, la menor cantidad y composición de ceras epicuticulares de la epidermis. Por otro lado, las diferencias fisiológicas encontradas en las hojas formadas *in vitro* es la mayor relación de peso fresco/peso seco, debido al porcentaje de contenido de agua y el menor peso seco/superficie con relación a las plantas de invernadero.

Estudios morfológicos bajo microscopio electrónico de rastreo han relevado una cutícula poco desarrollada, tanto en el haz como en el envés de las hojas, además de una considerable disminución o ausencia total de ceras, por lo que la excesiva pérdida de agua es también debida a la deficiencia cuticular que desarrollan durante el cultivo *in vitro*.

La cutícula es una delgada capa continua extracelular, que cubre la superficie exterior de las partes aéreas de las plantas, compuestas principalmente por sustancias lipídicas. El control de la pérdida

de agua a través de la cutícula se realiza por medio de sustancias impermeables; la cutina y las ceras, se encuentran en una proporción variable, dependiendo de la planta, el estado de desarrollo de la misma y las condiciones de luz y humedad.

La cutícula de las plantas cultivadas *in vitro* contiene una menor cantidad de ceras, y poseen una morfología distinta a la producida en invernadero, es decir, forman cristales de menor tamaño, que no cubren totalmente la superficie, como ocurre en una estructura cristalina normal.

Las diferencias antes descritas son atribuidas a las condiciones ambientales de cultivo, principalmente; intensidad de luz y porcentaje de humedad relativa. Ya que se ha visto que el aumento de la energía radiante y el descenso de la humedad relativa estimula la producción y depósito de ceras.

Las raíces generadas *in vitro*, generalmente carecen de ramificaciones y pelos radicales, así como en algunos casos de una completa conexión vascular entre el brote y la raíz que restringe la absorción de agua y el crecimiento. Otros investigadores han observado una inusual organización de los tejidos, un contenido atípico de células corticales y células hipertróficas en las raíces, derivadas del cultivo *in vitro*.

Lo anterior se explica en parte, al conocer la morfología foliar *in vitro*, ya que se ha visto que muchos de los estomas parecen perder su capacidad reguladora, proponiéndose que la deformación de éstos puede ser una de las principales causas de la excesiva transpiración, así como una deshidratación asociada con la transferencia de plantas generadas por cultivo de tejidos. El pobre funcionamiento de los estomas se atribuye al desarrollo irregular de las microfibrillas de las células guarda. Se ha demostrado la correlación entre la incapacidad de las paredes celulares de los estomas para contraerse en soluciones hipertónicas, con una anormal orientación de las microfibrillas de la celulosa y la alta disposición de calosa en las células guarda malformadas. Otro factor que está involucrado es la pobre selectividad en la acumulación de sodio (Na), potasio (K) y Magnesio (Mg) en las células guarda formadas *in vitro*. Por ejemplo; en hojas de manzano

desarrolladas en brotes primarios, durante el subcultivo se calcularon de 475 a 575 estomas abaxiales por  $\text{mm}^2$ , que son mas de los encontrados en hojas de árboles de manzano. Al ocurrir *in vitro* la expansión de la hoja, la frecuencia estomatal de la superficie abaxial disminuyo de 240 a 280 estomas por  $\text{mm}^2$ , donde aproximadamente el 70% de éstos fueron elípticos, con células guarda en desarrollo o completamente desarrolladas, mientras que en el resto de los estomas (30%), las células guarda mostraron una sobre-extensión, es decir, los vestíbulos se abrieron ampliamente.

Es así como, cuando el desarrollo de la hoja ocurre *in vitro*, más del 95% de los estomas originales, forman amplios vestíbulos circulares (arriba de 20  $\mu\text{m}$  en diámetro), donde las células del mesófilo pueden verse a través de los vestíbulos de los estomas deformes. Y los estomas pueden elevarse de 3  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$  sobre la superficie carecer de una cámara pre-estomática, y al ser las células guarda no funcionales, pierde la capacidad de abrir y cerrar el vestíbulo y por lo tanto de regular la transpiración.

Por último, estos autores indican que la deformación estomatal es irreversible y que los estomas de hojas de brotes cultivados *in vitro*, muestran una gran variación en tamaño, en comparación con las hojas que crecen en los árboles. Vázquez. (1994); citado por Brainerd y Fuchigami. (1981), Sutter. (1985), Donnelly et al., (1985).

En relación con las características anatómicas que presentan las plantas micropropagadas hay funciones fisiológicas que se ven alteradas. Al respecto, han encontrado que estas plantas presentan un control deficiente de la transpiración, ya que al someterla a condiciones de baja humedad relativa tienden a perder mas agua debido a la menor cantidad de ceras epicuticulares o a la presencia de estomas no funcionales de la misma forma, se han descrito anomalías en la función fotosintética, que es ligeramente superior a la respiración y no se ha establecido una relación con la concentración de pigmentos. Acosta, (1993).

### 3.5 Acclimatación

Toda planta que ha sido propagada *in vitro*, requiere de una fase que se le ha denominado adaptación o aclimatación, presentándose detenidamente en el siguiente capítulo.

La aclimatación se define como el proceso por el cual un organismo se adapta a un cambio ambiental. La transferencia de plantas o brotes de un medio de cultivo a un sustrato para enraizamiento y aclimatación debe considerar el uso de mezclas de enraizamiento esterilizadas, uso de sombras parciales y de alta humedad relativa durante algunos días.

Las características morfofisiológicas de las plántulas micropropagadas necesitan de una aclimatación gradual del medio ambiente en donde tengan que ser trasladadas, ya sea invernadero o campo. Para ello se utilizan técnicas que en su mayoría resultan satisfactorias para el proceso de la aclimatación, porque se dirigen los cambios a los factores como la humedad relativa, niveles de luz, el crecimiento autótrofo y la asepsia del ambiente que son característicos del invernadero.

Por tanto la aclimatación es el proceso en el cual las plantas cultivadas *in vitro* son establecidas o trasplantadas a condiciones de invernadero, donde las plantas paulatinamente se van adaptando a las nuevas condiciones ambientales como resultado de procesos naturales.

El trasplante a suelo implica que las plantas deben adaptarse a una nutrición autótrofa y a las nuevas condiciones ambientales, para ello los cambios deben ser graduales para permitir la adaptación morfológica y fisiológica.

Los factores que influyen en este proceso son las características de las plantas micropropagadas y el proceso de adaptación. Acosta. (1993).

Las plantas trasplantadas inicialmente deben ser protegidas de la deshidratación y estar en un sombreado, con alta humedad o con una nebulización de agua.

La etapa del trasplante para su aclimatación involucra el incremento de agua y/o concentración de sacarosa, la intensidad de luz en algunos casos se incrementa.

Durante la fase de aclimatación, los cultivos deberán ser colocados durante una o dos semanas bajo un ambiente controlado donde la intensidad lumínica deberá ser de 10,000 lux; tanto como la temperatura y el fotoperiodo serán regulados de acuerdo con las necesidades de cada cultivo.

La planta dentro del tubo de ensaye se encuentra bajo condiciones de esterilidad y con alta humedad relativa, la cual deberá reducirse eliminando el papel parafilm (si se usa) unos cinco días antes del trasplante al suelo o establecimiento, lo que dará a la planta mayor tolerancia a la baja humedad relativa del medio ambiente; facilitándole a su mejor adaptación a condiciones autótrofas, donde tendrá que regular adecuadamente sus procesos de absorción, translocación y transpiración de agua. Debergh. (1990).

Para mejorar el establecimiento *in vivo*, de plantas producidas *in vitro*, el enraizamiento debería tener lugar en un medio pobre en sales.

A veces es necesario dar un tratamiento de frío (4-8 semanas a 5 ° C), a la planta *in vitro*, o inmediatamente después a su paso *in vivo*, para romper la dormancia. La ruptura de la dormancia es generalmente necesaria en bulbos formados *in vitro*.

La aclimatación *in vitro* se lleva a cabo, especialmente cuando se exponen las plantas a una humedad relativa baja, se incrementa la tasa de supervivencia cuando las plantas se transfieren al suelo. Si se transfieren a invernadero plantas *in vitro*, se deberán bajar gradualmente

la humedad relativa y la irradiancia para evitar un retardo en el desarrollo y la floración. Algunas especies de plantas producidas *in vitro*, se promueven también, con un enriquecimiento del ambiente de CO<sub>2</sub> y luz.

La disponibilidad del agua y la intensidad luminosa afectan la cantidad de ceras superficiales. La reducción del agua de riego ha demostrado incrementar significativamente la producción de ceras epicuticulares y consecuentemente disminuir las pérdidas de agua al momento del trasplante.

La nutrición durante la aclimatación es necesario considerarla cuando los periodos de aclimatación son prolongados; aunque, en general, no se le considera un factor determinante del proceso.

### **3.5.1 Proceso de aclimatación**

Las plantas micropropagadas se adaptan para controlar la pérdida de agua formando ceras en la cutícula o en el funcionamiento normal de sus estomas en las hojas formadas en cultivos *in vitro*. Estas hojas no tienen un aumento de su área foliar, pero sí de su relación peso seco/superficie al ser expuestas a mayor intensidad luminosa. También deben adaptarse al funcionamiento autótrofo, aunque no se ha encontrado aumento en la actividad fotosintética en las hojas formadas *in vitro*, se reporta que la formación de las hojas tras el trasplante, debe realizarse gracias al cúmulo de reservas formadas en los tejidos *in vitro*. Estas últimas, tienen características medias entre las formadas *in vitro* y las formadas meses después respecto a su área foliar, a la estructura histológica, o bien, respecto a su actividad fotosintética. Las hojas no afectadas por las condiciones de cultivo *in vitro* tienen un desarrollo normal y marcan la diferencia del proceso de aclimatación.

La supervivencia y desarrollo de las plantas de cultivo *in vitro* aún es un problema para algunos cultivos. Las plantas que se transfieren de un frasco de cultivo al invernadero o campo, deben someterse a un programa de endurecimiento gradual, con periodos de disminución, de la humedad relativa. A pesar de que existen protocolos de aclimatación, en donde se usa nebulización

intermitente, frecuentemente ocurren pérdidas significativas, particularmente en especies leñosas de dicotiledóneas. El periodo crítico para la supervivencia ocurre de los primeros diez días a dos semanas después de sacar las plantas de cultivo *in vitro*. En éste tiempo las plantas son extremadamente frágiles.

El factor más importante para tener éxito durante la transición de las plantas o brotes, es la calidad intrínseca del material vegetal. Para describir el material micropropagado, frecuentemente se hace una distinción entre plantas normales y anormales.

Comparadas con plantas propagadas convencionalmente, las plantas micropropagadas son anormales desde el punto de vista anatómico y fisiológico. Aunque hay diferentes metodologías que permiten corregir este comportamiento anormal, mientras las plantas están en cultivo. Debergh, (1991).

La deshidratación es una de las principales razones de la muerte de plantas de cultivo *in vitro* durante su transferencia al suelo. Generalmente este problema se debe a la escasa cutícula sobre la superficie de las hojas, al funcionamiento anormal de los estomas y al deficiente desarrollo del sistema vascular.

Asimismo bajo condiciones estándar las plantas micropropagadas no son fotoautótrofas, por lo tanto los factores que afectan la fotosíntesis tienen un papel importante en la aclimatación de las plantas. Una de las tendencias es estimular la condición autótrofa de las plantas micropropagadas, incrementando la densidad del flujo fotónico y mejorando la concentración de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

Sin embargo, es un concepto erróneo pensar que las plantas micropropagadas necesariamente deben ser autótrofas, para sobreponerse al paso del trasplante con menos dificultades. Debergh, (1991). Se ha demostrado que las plantas de rosa (*Rosa multiflora*), micropropagadas tienen mejores resultados de aclimatación (mayor porcentaje de supervivencia en menor tiempo), si se les

proporciona suficiente azúcar al final de la etapa de micropropagación. Esto permite inferir que el almidón es usado por los brotes generados *in vitro* durante la etapa de aclimatación. Pedraza, (1998), citado por Capellades et al., (1990).

### 3.5.2 Métodos de aclimatación

Los trabajos que describen métodos de aclimatación han aumentado en los últimos años debido al interés de su aplicación. Los procedimientos empleados para facilitar a las plantas micropropagadas su adaptación a las nuevas condiciones ambientales están basados en distintos principios: adaptación *in vitro* a baja humedad relativa, aumento *in vitro* del potencial osmótico del medio de cultivo, aumento durante el cultivo *in vitro* de la intensidad de luz, enraizamiento *in vitro*, promoción de la capacidad fotosintética *in vitro*, aplicación de antitranspirantes, inoculación con micorrizas, sombreados y adaptación a altas intensidades de luz y descenso gradual de la humedad relativa. Debergh,(1990); Pierik , R.L.M.,(1990).

En esta revisión solo se describirán la técnica de descenso gradual de la humedad relativa, la cual permite a las plantas desarrollar mecanismos de protección a las nuevas condiciones ambientales. Es el procedimiento mas empleado por su comodidad, rapidez y por los buenos resultados que generalmente se obtienen. Para lograr lo anterior se emplean túneles o laminas de plástico transparente que cubran las plantas transplantadas en invernadero, túneles de PVC, o en una cámara de crecimiento de ambiente controlado o semicontrolado. Otra forma de mantener la humedad alta es por nebulización intermitente, utilizando camas abiertas en invernadero o en túneles cerrados, en ambos casos se emplea el sombreado para evitar aumento de temperatura que perjudica el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la alta humedad relativa que se genera en los primeros días de la aclimatación favorece el desarrollo de hongos que afectan negativamente la sobrevivencia de las plantas micropropagadas, para evitarlo es recomendable aplicar fungicidas

inmediatamente después del trasplante, mojado el sustrato y el cuello de la planta. Acosta. (1993); Vázquez. (1994), citado por Welander. (1985), Miller. (1983).

Las cámaras de crecimiento, tienen la ventaja de conservar una alta humedad relativa, mediante el empleo de microaspersores o nebulizadores, además dentro de ésta es posible controlar la temperatura, como la intensidad lumínica (Vázquez, 1994; citado por Read y Fellman, 1985).

Read y Fellman, (1985) indican que durante los primeros 15 días ó durante todo el tiempo que dure el proceso de aclimatación, es recomendable emplear mallas para sombreado, con la finalidad de reducir al inicio la intensidad lumínica y evitar el excesivo aumento de la temperatura, que pueda perjudicar el desarrollo de las mismas. Otro aspecto que debe cuidarse, es el tipo de sustrato, el cual deberá ser; suave y poroso. De la misma forma, es conveniente esterilizar o desinfectar el sustrato, para prevenir enfermedades.

La aclimatación se inicia con un procedimiento, el cual consiste en disminuir la humedad relativa y controlar la temperatura y luz. Plancarte M., (1994).

Las plantas deben habituarse a una humedad relativa baja gradualmente. Un método sería dejar abierto el tubo en un ambiente estéril durante algunos días para ajustarse a las condiciones *in vivo*. Otro método sería el eliminar los residuos del medio de cultivo y llenar diariamente durante una semana con una solución nutritiva a la mitad de su concentración en un ambiente estéril.

También se hace una pre-adaptación a los regímenes de luz y temperatura que prevalecerán en el invernadero durante el trasplante, llevando los tubos a este lugar por algunos días.

Al ser trasplantadas las plántulas se les debe eliminar el agar para evitar infecciones por hongos y bacterias, deben sumergirse en una solución fungicida e impregnar la raíz con algún enraizador comercial, para facilitar la formación de raíces.

En los últimos años los sistemas de nebulización se han generalizado para la aclimatación de plantas *in vitro*, manteniendo una humedad relativa alta en donde también se incrementa la

humedad del sustrato, por consiguiente se eleva la sobrevivencia de las plantas. Pierik. (1990); Zimmerman (1991).

Otro aspecto que debe cuidarse para la aclimatación de las plantas micropropagadas es el sustrato que debe estar desinfectado, presentar buen drenado que permita la aireación y conserve la humedad para estimular el desarrollo radical. La buena textura de la mezcla facilita el trasplante, la sobrevivencia y el desarrollo posterior de las plantas.

La cantidad de agua empleada en los riegos y su frecuencia, así como la fertilización no son descritos con detalle en la literatura, mas bien se basan en la propia experiencia sobre el manejo de las plantas y sustratos. Hartmann. (1981)

### **3.5.3 Actividad fotosintética en la etapa de aclimatación**

Las plantas cultivadas *in vitro* registran una tasa fotosintética baja comparada con las plantas que crecen en condiciones de invernadero. En muchos casos la actividad fotosintética es menor porque el balance de carbono es negativo, y en la transferencia a suelo las hojas producidas *in vitro* nunca recuperan la competencia fotosintética y las nuevas hojas producidas *ex vitro* son fotosintéticamente activas. Ammirato. (1994).

### **3.5.4 Influencia de la fuente de carbono**

La capacidad fotosintética puede ser manipulada *in vitro*, de tal forma que las plantas sean capaces de crecer autotróficamente, de esta forma se espera que en la transferencia a suelo, en la etapa de aclimatación bajo condiciones de invernadero, las plantas respondan en menor tiempo y con mayor éxito a su adaptación. Al respecto Leaset et al. (1991) investigaron el efecto de la fuente de carbono en el medio sobre la capacidad fotosintética de *Clematis* y su posterior transferencia al

suelo. Encontraron que la aclimatación fue más exitosa para las plantas que *in vitro*, registraron mayores niveles de fotosíntesis al momento de ser transferidas en este caso, las plantas que crecieron en medio con glucosa.

### 3.5.5. Influencia del CO<sub>2</sub> e intensidad luminosa

En la década pasada muchos experimentos fueron conducidos para caracterizar la anatomía y fisiología de los tejidos de plantas micropropagadas durante la aclimatación (Donnelly y Vidaver, 1984). Se ha investigado sobre como preparar a las plantas antes de sacarlas de los recipientes de cultivo, los procedimientos más comunes son reducir la humedad relativa, incrementar la intensidad de luz y concentración de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, son pocos los resultados sobre el efecto posterior de los tratamientos *in vitro* en la aclimatación Acosta. (1993); McDaniel. (1982).

La tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> es baja en hojas producidas *in vitro* e insuficiente para generar materia, pero aumenta significativamente en la subsecuente formación de hojas. Esto indica que las hojas producidas *in vitro* son usadas como fuente de carbono para el crecimiento y desarrollo inmediatamente después del trasplante. Lo anterior sugiere dos posibles alternativas para mejorar el éxito de la aclimatación de plantas micropropagadas, una sería incrementar la inducción de nuevas hojas *ex vitro* empleando intensidad lumínica y ambiente enriquecidos con CO<sub>2</sub>. Se sabe que una intensidad lumínica alta trae consigo cambios morfológicos y fisiológicos de las hojas en la aclimatación; estas son más gruesas y con mayor tasa de materia seca acumulada, y por otro lado se favorece el desarrollo de la raíz. Acosta (1993).

Las características de radiación que influyen el desarrollo de la planta en general son clasificadas en intensidad, calidad de espectro y longitud del periodo diario de exposición. Los tejidos *in vitro* normalmente no crecen autotróficamente y por eso no requieren alta radiación; sin embargo, a medida que las plantas están en proceso de aclimatación se requieren altos niveles de luz, debido a que se ven obligadas a fotosintetizar y producir el carbón que el medio de crecimiento

les estaba proporcionado previamente. Las hojas de las plantas que han crecido *in vitro* en bajas intensidades de luz son usualmente delgadas, generalmente poseen una capa de parénquima empalizada pobremente desarrollado, con cloroplastos grandes y dispersos en dicho tejido. Al ser transferidos a otro medio con intensidades de luz mayores presentan algunos cambios anatómicos, morfológicos y fisiológicos. Al parecer las nuevas plantulas formadas se sitúan en un estado intermedio entre las producidas *in vitro* y las aclimatadas donde la intensidad de luz es mayor. En la medida en que las hojas están mas expuestas a intensidades altas los cloroplastos tienden a alargarse, las hojas tienen menos espacios intercelulares con más estomas por unidad de áreas. El efecto más importante de la luz sobre la aclimatación está dado por un incremento en la cantidad de cera y la complejidad morfológica de las mismas en la medida en que las plantas son sometidas a intensidades mayores de luz. Zamora. (1989); Orozco. (1993).

### **3.5.6. Influencia de la temperatura**

La temperatura en el aire y el medio de crecimiento son generalmente controlados durante la aclimatación; tratando de mantener niveles estables de este factor dependiendo de los requerimientos óptimos de cada especie. Ajustando las condiciones de sombreado y humedad se puede influir en el control de la temperatura, así como también si se instala un sistema de enfriamiento por ventilación, de nebulización o aire acondicionado, y calefacción que pueden ser provistas alrededor de la construcción o invernadero, también puede ser controlado por lamparas, que además controlan el fotoperiodo. Las temperaturas del aire deben mantenerse generalmente en un rango entre 13 y 30° C estando determinada primordialmente por la especie de la planta.

La temperatura en la zona radicular es importante para la inducción del desarrollo radicular. El medio debe ser cálido en el aire para una buena actividad radicular y al aumentarse la humedad alrededor la corta. Dustan & Turner, (1984); Mc Cown, (1986). Para mantener los

gradientes durante los meses calientes cuando la radiación solar es alta y se incrementa la temperatura en el aire, es importante debido a que cuando la temperatura disminuye se inhibe el crecimiento y desarrollo de la planta. Después de que las plantas han sido aclimatadas ya no es necesario mantener por largos periodos el calor. Dunstan & Turner. (1984).

La temperatura es de gran importancia sobre todo la nocturna, para mejor el crecimiento de las especies de invernadero. La temperatura nocturna debe ser de alrededor de 21° C estas nos dan un crecimiento ideal, para varias especies o grupos de plantas. Un gran numero de plantas puede mantenerse a 15 °C, pero con muy poco crecimiento o ninguno. Muchas de las temperaturas generalmente nos resulta un crecimiento etiolado y baja la calidad de las hojas cuando las plantas son trasladadas a bajas temperaturas en el hogar.

Las plantas de maceta tienen un límite específico de la temperatura para su floración. Sin embargo, muchas florecen cuando la temperatura es de 15 °C o muy cercano a este valor excepto la violeta africana y Gloxinias. Debergh. (1990).

### **3.5.7. Influencia de la humedad relativa**

Este factor es de suma importancia durante los primeros días, seguidos al trasplante, que son la etapa crítica para la sobrevivencia. Un significativo número de laboratorios comerciales tienen que evitar el uso de un sistema automático de nebulización para este propósito (Metcalfe 1983). Aunque la nebulización ha sido frecuentemente usado para la aclimatación, porque esto permite que algunos problemas de gasto excesivo de agua se vean reducidos.

Una planta que se ha generado *in vitro* difiere en varios aspectos de las que se originan *in vivo*. Las plantas cultivadas *in vitro* tienen la cutícula (capa de cera) escasamente desarrollada; debido a la

alta humedad relativa que va del 90 al 100%; y cuando se transfiere al suelo se produce una transpiración muy elevada ya que la humedad del aire es más baja.

Las hojas de una planta producida *in vitro* son blandas y fotosintéticamente poco activas y en consecuencia mal adaptadas a las condiciones que puedan encontrar *in vivo*. Las hojas presentan células empalizadas con grandes espacios intercelulares y baja presencia de estomas y poco operativos, esto hace que dichas plantas sean más sensibles a la pérdida de agua.

La humedad relativa es factor de gran importancia en el invernadero pues con la manipulación de esta se pueden evitar plagas y enfermedades. La humedad relativa para especies de invernadero oscila entre 70-80 %.

Las plantas tienen un buen crecimiento si se colocan en una humedad relativa alta, pero sufre un estrés hídrico, si no se tiene la luz y las condiciones de temperatura apropiadas.

Sin embargo, el movimiento interior de los fertilizantes puede reemplazar el aire húmedo del invernadero con aire seco del exterior. Cuando la ventilación sea inadecuada deberá evitarse e impedir que la humedad relativa baje menos del 40%. No se debe permitir que la puerta del invernadero permanezca abierta por largos periodos. Debergh, (1990); Caballero. (1990).

### **3.5.8. Actividad fotosintética y transpiración**

Las hojas de muchos cultivos *in vitro* bajo condiciones de alta humedad y menor intensidad de luz se caracterizan por una reducción en la acumulación de la capa epicular, por malformación estomatosa y por una menor habilidad fotosintética. Tales características afectan la sobrevivencia del trasplante al invernadero. Debergh, (1990).

Yue et al. (1992) ha investigado como la actividad fotosintética y la transpiración afectan el crecimiento y la aclimatación de las plántulas micropropagadas y de aquellas que crecen en condiciones de invernadero. Encuentra que la tasa fotosintética de las plantas en cultivo *in vitro* es tan alta como las que crecen en invernadero, pero su transpiración es mucho mayor. Ahora bien, la tasa fotosintética es considerablemente menor en plántulas de cultivo *in vitro*, excepto a una mayor concentración de CO<sub>2</sub>, mientras que su transpiración es similar a las crecidas en invernadero. Aún cuando las plántulas de espárragos presentan tasa fotosintética alta, la excesiva pérdida de agua que ocurre en los brotes en el periodo de aclimatación limita la nueva formación de brotes y se reduce la fotosíntesis total de la planta. Por lo que sugieren que el factor más importante para la sobrevivencia de las plántulas durante el periodo de aclimatación en prepararlas *in vitro* al estrés hídrico; observa en pruebas preliminares que al destapar los frascos por algún tiempo antes del trasplante se reduce la transpiración. (Acosta, (1993); Ammirato. (1994).

Las plántulas *in vitro* pueden desarrollar vías para prevenir la pérdida de agua y sobrevivir después de transferirlas a una menor humedad. Esta aclimatación puede involucrar engrosamiento de la capa epicuticular y cambios en la función estomativa. Al respecto, Brainerd y Fuchigami (1982) determinan si los estomas de hojas de manzano en tubo como en aclimatación responden en forma similarmente en la obscuridad, bajo estrés hídrico causado por manitol, con aplicaciones Exógenas de ABA y concentraciones de CO<sub>2</sub> (4 veces mas que el atmosférico). En todos los tratamientos menos de 5% de los estomas de hojas *in vitro* estuvieron cerrados, en contraste con el 96% de los estomas de hojas que crecen en el invernadero que permanecieron cerrados después de 4 horas en obscuridad, el 56% después de 4 horas en manitol, el 90% después de una hora en 10 m., de ABA y el 61% después de una hora en una atmósfera de CO<sub>2</sub> al 0.12%. No observaron que estomas de hojas *in vitro* tengan un mecanismo de cierre pero las nuevas hojas adquieren uno durante la aclimatación. Concluyen que la carencia de un cierre estomático fue la principal causa de la rápida pérdida de agua durante la transferencia de una baja humedad relativa. Acosta. (1993); Orozco. (1993).

Un proceso de adaptación fisiológico crítico es el establecer la actividad fotosintética normal. En las células vegetales *in vitro* se ha reportado que tienden a reducir la cantidad de fotosíntesis y de clorofila debido a la sacarosa, fitohormonas en el medio, y a la cantidad y calidad de luz. En fresa la fijación de CO<sub>2</sub> fue insuficiente para lograr un crecimiento autotrófico, pero se incrementa significativamente con el tiempo en las nuevas hojas formadas.

Warrang et al. (1989) al comparar la tasa fotosintética postcultivo en plantas micropropagadas y producidas por semilla de Eucalyptus grandis hill, relacionan la fotosíntesis neta con la concentración de clorofila a y b, además de la concentración de Nitrógeno foliar total. Encuentran que las plántulas de semilla presentaron mas fotosíntesis neta, clorofila y concentración de Nitrógeno a lo largo de 40 días, sin embargo, a medida que el experimento se realiza las diferencias decrecieron y al final alcanzaron valores similares a las plántulas de semilla y microplantas con una tendencia similar para todos los parámetros medidos. Debergh, (1990); Zamora. (1989).

### **3.6. Invernaderos**

Los invernaderos o abrigos son construcciones agrícolas que tienen por objeto la producción sistemática y fuera de estación, de productos hortofrutícolas, convirtiéndose en un instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente los rendimientos en calidad y cantidad. Quezada. (1994).

#### **3.6.1. Ventajas del invernadero**

Las principales ventajas que aportaran los invernaderos sobre los cultivos allí desarrollados son las siguientes:

- Precocidad de cosecha (se acorta el ciclo vegetativo).
- Aumento de rendimiento (3-5 veces mayor que la obtenida en plantaciones al aire libre).
- Posibilidades de obtener cosechas fuera de época.
- Frutos de mayor calidad (limpios, sanos, uniformes, etc.).

- Ahorro de agua (la evaporación es mínima).
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Posibilidades de instalaciones de riego automáticas.
- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.
- Posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo, dos o tres cosechas al año.

### **3.6.2. Factores a tomar en la instalación de un invernadero**

Entre los muchos factores que se deben de tomar presentes a la hora de instalar un invernadero, cabe destacar los siguientes: vientos, orientación, luminosidad, resistencia, ligereza de estructura, dimensiones y forma, estanqueidad, riegos , hidrometría y ventilación, materiales de soporte y de recubrimiento.

#### **Vientos**

En las zonas de fuertes vientos es importante que los invernaderos estén protegidos contra la acción de éstos ya que pueden ocasionar destrucción y caída de las estructuras, así como desgarres en las cubiertas plásticas acortando así su vida útil. Quezada (1994)

#### **Orientación**

La orientación del invernadero con respecto a la dirección de los vientos debe ser de tal manera que la estructura frene lo menos posible a éstos, por lo tanto nunca deberá orientarse en dirección perpendicular a ellas, sino hay que situar las fachadas más estrechas del invernadero frente a la dirección del viento colocándolo de manera esquinada. Alpi. (1991).

## **Luminosidad**

El ángulo de inclinación de la techumbre así como su forma deberá ser elegida de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona. Las techumbres planas con ángulos de inclinación menores de 15°, permiten gran luminosidad dentro del invernadero, pero no son aptas para regiones de alta precipitación y con nevadas, ya que éstas podrían derrumbar el techo pero sí son recomendables para zonas de escasa lluvia ya que ofrecen gran resistencia al viento.

Los invernaderos con techumbres curvas permiten gran iluminación dentro del invernadero, evacuan fácilmente el agua y ofrecen poca resistencia al aire. Alpi. (1991), Quezada. (1994).

## **Resistencia**

La resistencia del invernadero es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta en el momento de proyectar el invernadero.

Es necesario guardar un equilibrio entre la resistencia del invernadero y el costo de construcción. Por lo tanto se logrará dar mayor resistencia al invernadero si se elige correctamente el lugar donde se colocará respecto a los vientos dominantes e incluso protegiéndolo con cortinas rompivientos, así como seleccionado los materiales adecuados con construcción.

Hay que distinguir entre cargas permanentes y sobrecargas o cargas de funcionamiento, entre las caras permanentes, la principal de ellas es la del material de cobertura, que puede ser de 7-15 kg/m<sup>2</sup> cuando se emplea vidrio y hasta 4 o 5 kg/m<sup>2</sup> en el caso de materiales plásticos. Quezada. (1994).

En las sobrecargas hay que considerar dos aspectos: los creados por el clima de la zona, por ejemplo viento, nevadas, granizo, etc. Y las sobrecargas de funcionamiento que comprende las de

los equipos de calefacción, refrigeración, humidificación, iluminación, riego, acondicionamiento de entutorado, sombreado, etc. La sobrecarga más importante a tener en cuenta para la instalación de invernaderos son los vientos, todos los cálculos se realizan en este sentido y establecen relación entre la velocidad del viento y la presión estática correspondiente. Alpi. (1991).

El amazón que constituye un invernadero debe ser lo más ligera posible para no restar luminosidad a las plantas cultivadas en el interior y no afectar el óptimo desarrollo de las plantas.

Por otro lado las estructuras ligeras abaratan las instalaciones, factor a tener en cuenta por la elevada inversión del capital que requieren los invernaderos, siempre y cuando esta ligereza cumpla con las especificaciones de resistencia necesarias. Quezada. (1994).

### **Dimensiones y forma**

Las dimensiones de los invernaderos estarán determinadas por la climatología de la zona. Para controlar mejor los factores climáticos (humedad y temperatura) es más recomendable construir varios invernaderos de pequeñas y medianas dimensiones (1,000 a 2,000 m<sup>2</sup>) que uno de gran superficie.

La altura deberá ser aquella que permita a las plantas tener un óptimo desarrollo. Las techumbres demasiado altas encarecen el costo del invernadero, la estabilidad térmica está condicionada por las dimensiones del invernadero, particularmente por el volumen del aire almacenado por metro cuadrado de superficie (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), para climas mediterráneos la relación será aproximadamente de (2.7-3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

## **Estanqueidad**

Es la capacidad que tiene un invernadero de mantener su temperatura, la cual es un factor que debe reunir todo invernadero y cuanto mayor sea esta capacidad, menores son las pérdidas de calor y más protección tendrán las plantas en momentos de bajas temperaturas. Esta característica estará dada por la forma de la estructura y los materiales de la cubierta de manera de lograr mayor hermetismo y por lo tanto mayor estanqueidad. Quezada. (1994).

## **Riegos**

Los cultivos de invernadero necesitan a lo largo de su ciclo vegetativo grandes cantidades de agua para satisfacer sus necesidades.

Los riegos son más frecuentes que al aire libre, pero en menor cantidad ya que dentro del invernadero hay menor evaporación, debido a éstas necesidades es preciso disponer cerca del invernadero de una fuente de suministro de agua cuya capacidad cubra las necesidades de los cultivos. Alpi. (1991).

## **Higrometría y ventilación**

El porcentaje de humedad requerido por las plantas está determinado por la especie y variedad, incluso la fase vegetativa del cultivo, de ahí que sea importante controlar en el invernadero la humedad ambiental.

La mejor manera de controlar esta humedad es por medio de la ventilación estática o ventilación por medio de ventanas instaladas en las partes laterales del invernadero y mejor aún en las cumbres ya que en estas partes se acumula el calor.

La ventilación cenital permite la renovación más fácilmente del aire caliente y el calor de la humedad.

### **Materiales de soporte**

La armadura soporte de un invernadero deberá de ser de tal naturaleza que pueda soportar, además de su propio peso, otras cargas como las de los tutores utilizados en los cultivos, las sobrecargas debido a la nieve, el empuje del viento y eventualmente los mecanismos de automatización, así como los materiales de cubierta, los cuales varían ampliamente en peso. Quezada. (1994)

### **Materiales de recubrimiento.**

La misión de la cubierta de los invernaderos es crear un clima en el interior que permite el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluso en aquellas épocas cuyas condiciones climáticas no permiten que los cultivos puedan desarrollarse al aire libre, de esta cubierta dependerán principalmente los resultados logrados en los cultivos.

Los materiales usados para recubrimiento de invernaderos, según Quezada, (1994), son los siguientes:

- PVC plastificado (armado o sin armar).
- Polietileno normal (armado o sin armar).
- Polietileno de larga duración.
- Polietileno térmico.
- Polipropileno.

### **3.7. Acondicionamiento del invernadero para la aclimatación**

Este aspecto es de gran importancia para la aclimatación de cualquier especie de plantas, pues de este depende la reacción de la plántula en el momento del trasplante, así mismo la calidad de la planta final, por lo tanto debe tener una buena iluminación, mantener la temperatura adecuada de acuerdo con las necesidades del cultivo y contar con todas las instalaciones y equipo necesario para el control de plagas y enfermedades. Alpi. (1991).

#### **3.7.1. Control climático**

El uso de sistemas avanzados de control climático es naturalmente, función del clima y del nivel de tecnología a que se trabaja. El uso de sistemas pasivos de manejo climático, es el primer paso a dar en un proceso normal de sofisticación del invernadero.

El sistema de control climático es disponer de un buen equipo de medida de las condiciones ambientales, de modo que sepamos exactamente que clima tenemos. Los sensores han de ser lo más confiables posible y deben ser contrastados con frecuencia. Caballero. (1990).

##### **3.7.1.1. Calefacción**

La calefacción es uno de los principales medios con que cuenta normalmente para mejorar la eficiencia del invernadero, prevenir momentos puntuales de bajadas bruscas de temperatura en cuyo caso se le suele denominar calefacción de apoyo y también asegurar de forma más estable unos mínimos térmicos para los cultivos.

La instalación de calefacción deberá ir acompañada de sistemas complementarios de ahorro energético como sistema de doble pared, pantallas aluminizadas, etc. De manera que se disminuya las pérdidas.

La tendencia actual en la mayoría de los cultivos es aplicar la calefacción localizada en el suelo o a nivel de la raíz colocando tubos de calefacción a baja temperatura 40 ° C justo en la base de las macetas. Caballero. (1993). Alpi. (1991).

### **3.7.1.2. Ventilación, refrigeración y humidificación**

Es difícil separar a efectos prácticos estos conceptos, por lo que vamos a considerarlos de forma conjunta. La forma más sencilla de ventilación es el manejo de ventanas y aperturas del invernadero.

Cualquier sistema eficiente necesita del uso de ventiladores que muevan grandes caudales de aire. Si además se desea refrigerar y mantener niveles de humedad importantes, es preciso acudir a sistemas basados en el enfriamiento del aire por evaporación de agua.

Hay dos sistemas posibles: el clásico de evaporación de cortina y extractor, y la combinación de inyector de aire con nebulización a alta presión.

Este último sistema permite mantener niveles de humedad cercanos a la saturación, si bien no consigue tanta eficiencia en el enfriamiento del invernadero. Ello puede o no tener importancia en muchas plantas tropicales de hoja, si se mantiene la humedad alta, dado que son capaces de crecer a alta temperatura siempre que se mantenga la humedad cercana a la saturación. Acosta. (1993).

La humidificación de los invernaderos es absolutamente fundamental en la mayoría de las plantas en maceta. En condiciones óptimas de crecimiento, la propia transpiración de las plantas será capaz de mantener niveles de humedad ambiente suficiente.

Un procedimiento elemental es regar suelo y pasillos, pero en general no es suficiente. El sistema más eficiente es el de nebulización a alta presión, ya descrito. Caballero. (1990); Chistiansen. (1991).

#### **3.7.1.3. Fertilización carbónica**

El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con anhídrido carbonico ( $CO_2$ ), ejerce un notable efecto en el crecimiento de la mayoría de las plantas en maceta.

Para enriquecer la atmósfera del invernadero se han ensayado diversas sistemas, desde quemar parafina o propano hasta el más moderno y fiable método de utilizar carbono licuado y purificado Caballero. (1990); Heywood. (1985).

#### **3.7.1.4. Control de la luz**

La luz es el factor más importante y decisivo para el crecimiento vegetal. La intensidad de luz puede disminuirse por medio de sombreado que puede ser fijos o móviles. El cultivo tiene un rango de intensidad lumínica en el que debe mantenerse.

El aumento de la luz puede conseguirse mediante iluminación suplementaria, utilizando lamparas incandescentes o fluorescentes.

La duración del fotoperiodo se puede regular tanto para disminuir como para aumentar el número de horas de luz. Para disminuir se recurre a la cobertura con plástico negro, y para prolongar las horas de luz o interrumpir el periodo de oscuridad se emplean lamparas de incandescencia.

La calidad de luz se puede controlar mediante el uso de materiales fotoselectivos. Hay cultivadores que utilizan aditivos colorantes los que se atribuye un efecto de filtro de determinado tipo de radiación. Alpi. (1991); Caballero. (1990).

A pesar de ser uno de los factores que se le da poca importancia en la producción de plantas de ornato, la luz, es por demás difícil de comprender pues esto es la principal fuente de energía para la fotosíntesis y además afecta a la floración de las plantas sensibles al fotoperiodo.

Una planta con cantidad excesiva de luz se amarillará notablemente del follaje, crecerá lentamente, presentara dureza de los tallos y palidez de la flor, pudiendo llegar a quemarse sus hojas y raíces. Bajo condiciones de invernadero, una cantidad excesiva de luz trae como consecuencia una temperatura muy alta y humedad relativa baja. Las temperaturas altas limitan el crecimiento y la baja humedad relativa aumentara la transpiración aumentando el consumo de agua por las plantas.

### **3.8. Contenedores**

Los recipientes utilizados en el establecimiento de plantas obtenidas *in vitro*, frecuentemente son más pequeños debido al tamaño de las plantas, que los empleados en los viveros e invernaderos. La adecuada elección del recipiente se reflejará en el crecimiento satisfactorio de las mismas, en la facilidad de su manejo y en el ahorro económico que implica.

Algunos autores han reportado las características de los recipientes utilizados durante la etapa del establecimiento como Hasegawa. (1989), quien utilizó recipientes de plástico de 10 x 40 cm en el establecimiento de rosa. Garton et al., (1981) utilizaron recipientes de 7.5 cm. Snick (1987), emplearon recipientes de cápsula de turba expansible de 10 cm con una mezcla artificial de suelo. Mientras Howard y Heather (1987), utilizaron durante el establecimiento de ciruela, recipientes de plástico y barro de 8 cm de diámetro, sin encontrar diferencias en cuanto al crecimiento de las plantas. Chua et al., (1988) ocuparon recipientes de plástico de 5 cm de diámetro para establecer *Dracaena* sp.

Las macetas pueden ser agrupadas o clasificadas según criterios muy diversos, por ejemplo, teniendo en cuenta los materiales (barro, plástico, material ligero, etc.); el uso y destino (jardinera, tarrina, de mesa, etc.).

Las macetas de barro, que poseen indudablemente ventajas con respecto a la aireación e intercambio de agua de las raíces, tienen el gran inconveniente del peso, por lo que cada vez están más en desuso, no solo por su manejo engorroso sino también por su precio. Alpi. (1991)

### **3.8.1. Manejo en contenedor**

El manejo en el contenedor inicia inmediatamente después de que la planta se haya aclimatado a las condiciones *in vivo*. En esta etapa es cuando el producto debe proporcionarle a la planta todas las condiciones y manejos necesarios para obtener una buena calidad de la flor.

Uno de los manejos principales que se debe realizar en maceta es tener un buen espaciamiento entre ellas para tener una buena aireación de las plantas y así poder evitar que se presenten problemas fitosanitarios.

Una ventaja del manejo en macetas es que existe un mejor control de enfermedades, por que al identificar la planta enferma se puede alejar fácilmente del lugar y destruirla. Otra ventaja que nos presenta el manejo en macetas es que existe un riego dirigido al tallo de la planta y así evitar el contacto con el follaje. Caballero. (1990).

### **3.9. Sustrato**

En la mayoría de las plantas se requiere que sea poroso, con buen drenaje, buena aireación y con un pH adecuado. En relación al mejor tipo de mezclas, generalmente se ha empleado peat-moss, vermiculita y ceniza y/o perlita, vermiculita y arena, entre otros. Pierik. (1987), Lewandows. (1991)

han empleado un sustrato compuesto de 70 % de corteza de pino, 25 % de Sphagnum y 5 % de cenizas, además de 4 gr de osmocote con buenos resultados.

Las mezclas de sustratos a usar en el trasplante (musgo, agrolita, vermiculita, arena , entre otros), pueden influir en el porcentaje de sobrevivencia. Las distintas especies pueden desarrollarse bien en diferentes sustratos, sin que exista una norma general para todas las plantas; sin embargo, es aconsejable emplear aquéllos en los cuales las especies normalmente se desarrollan, al utilizar los métodos convencionales de propagación vegetativa.

El uso de sustratos orgánicos e inorgánicos ha tenido gran impulso en los últimos años debido a sus características propias como Hartmann (1990):

- Físicas: Retención de humedad, gran porosidad, excelente drenaje, Buena estabilidad estructural, proporciona excelente aireación al sistema radicular, es duradero, y peso ligero.
- Químicas: Químicamente inerte, que no reacciona con la Solución permite intercambio catiónico.
- Biológicas: Es inerte, y está libre de plagas y enfermedades.
- Económicas: Bajo costo y disponible en la zona.

### **3.9.1. Características deseables de un sustrato**

Según, Penningsfeld. (1983),. Martinez (1990).

- 1) Buena textura. Que contengan partículas de todos tamaños.
- 2) Buena aireación, para tener un buen drenaje.
- 3) Buena retención de humedad.

- 4) Densidad adecuada. No demasiado pesado para manejo y embarque más fácil y no demasiado ligero para que no caigan las macetas.
- 5) Alta calidad de intercambio cationico.
- 6) Un adecuado porcentaje de saturación de bases (PSB). Un pH favorable para lo que se quiere producir.
- 7) Alta capacidad amortiguadora (buffer).
- 8) Bajo en sales solubles.
- 9) Libre de plagas, enfermedades y malezas.
- 10) Libre de sustancias tóxicas
- 11) Que la mezcla sea homogénea.
- 12) Uniformidad de lote a lote.
- 13) Fácil disponibilidad.
- 14) Precio razonable.

### **3.9.2. Turba**

**Turba.** Por sus características es el material base para cualquier sustrato.

Los vegetales que dan origen a la turba pueden ser muy variables pero, de todos, los más interesantes son ciertos musgos (Sphagnum sp) ya que tienen la propiedad, durante mucho tiempo después de morir, de seguir reteniendo agua en grandes cantidades. Otro aspecto importante es el grado de descomposición; con el tiempo de las turbas van perdiendo sus características físicas, se hacen más oscuras y se apelmaza. Resh. (1992),Martínez. (1990).

#### **3.9.2.1. Características de la turba**

- 1) Sus partículas son de tamaño intermedio.
- 2) Tiene poca aireación y deficiente drenaje.
- 3) Excelente retención de agua. Hasta un 60% de su volumen en agua.

- 4) Densidad baja. Ayuda a aligerar la mezcla.
- 5) Baja capacidad de intercambio catiónico.
- 6) Baja PSB y pH bajo: 3.5/4.0.
- 7) Baja capacidad amortiguadora.
- 8) Bajo en sales solubles.
- 9) Libre de plagas y enfermedades.
- 10) Libre de sustancias tóxicas.
- 11) Fácilita su mezcla con otros sustratos de manera homogénea. Puede incorporarse hasta en un 80%.
- 12) Hay uniformidad de lote a lote.
- 13) Aunque se tiene que importar, hay muchos distribuidores que facilitan su disponibilidad.

Uno de los efectos más conocidos de la turba es la influencia benéfica para el desarrollo de raíces, se ha demostrado que la turba tiene sustancias de crecimiento como son; auxinas, ácidos húmicos, Ácido  $\beta$  indolacético, cuyo efecto como estimulador para la formación de raíces. Penningsfeld. (1983). Según estudios hechos evaluando varios sustratos (turba, grava, tierra de hoja), Los cultivos implantados en turba tienen un mejor desarrollo radicular, crecimiento vegetativo y floración, debido a los elementos que estos poseen.

La circulación de nutrientes es más rápida en turba que en tierra normal, debido a la gran cantidad de espacios porosos que esta posee. Resh (1992).

### **3.9.3. Vermiculita**

La Vermiculita es un mineral micáceo que se expande mucho al calentarlo. Químicamente es un silicato hidratado de magnesio, hierro-aluminio. Una vez expandida, la Vermiculita es muy liviana,

pesando de 90 a 150 Kg. por m<sup>3</sup> de reacción neutral con buenas propiedades de amortiguamiento químico e insoluble en agua. Puede absorber grandes cantidades de agua de 400 a 500 cm<sup>3</sup> por dm<sup>3</sup>. La Vermiculita tiene una capacidad relativamente elevada de intercambio catiónico y así puede mantener nutrientes en reserva y después liberarlos. Contiene magnesio y potasio para aprovisionar a las plantas. Martínez (1990), Penningsfeld. (1983).

#### **3.9.3.1. Características de la vermiculita**

- 1) Partículas grandes de producción y chicas para germinación.
- 2) Buena aireación.
- 3) Buena retención de humedad.
- 4) Baja densidad. Aligera las mezclas.
- 5) Muy alta CIC.
- 6) PSB intermedio. pH cercano a neutro.
- 7) Excelente capacidad amortiguadora.
- 8) Bajo contenido de sales solubles.
- 9) Libre de plagas y/o enfermedades.
- 10) Libre de sustancias tóxicas.
- 11) Fácil de mezclar. Puede usarse hasta en un 60% de la mezcla.
- 12) Hay uniformidad entre los lotes.
- 13) No se le encuentra fácilmente. Este material se importa.

#### **3.9.4. Tierra de hoja**

La hoja de encino es bastante estable y permite airear el sustrato. Se mezcla con una turba en proporciones variables (entre un 25 y 50%). La hoja es difícil de mojar y en su utilización deben aportarse cantidades suplementarias de nitrógeno y agregar nutrientes complementarios.

Debido a su costo relativamente bajo, su peso liviano y disponibilidad de este material son ampliamente usados en las mezclas de suelo para plantas que se cultivan en macetas Acosta, (1991), Martínez. (1990), Resh.(1992).

#### **3.9.4.1. Características de la tierra de hoja**

- 1) Normalmente de textura franca. Contiene partículas de todos los tamaños y una buena cantidad de materia orgánica en diferentes etapas de descomposición.
- 2) Regular aireación y drenaje.
- 3) Regular retención y drenaje.
- 4) Densidad adecuada.
- 5) Alta capacidad de intercambio catiónico, sobre todo, cuando es rica en humus.
- 6) Bajo porcentaje de saturación de bases. Normalmente tiene un pH bajo.
- 7) Por su alto CIC, tiene una capacidad Buffer.
- 8) Contenido de sales solubles variables.
- 9) Debe esterilizarse ya que contiene gran cantidad de hierbas y organismos.
- 10) Normalmente esta libre de sustancias tóxicas.
- 11) Deben mezclarse de manera homogénea. Puede usarse hasta en un 70% de la mezcla.
- 12) Presenta baja permeabilidad.
- 13) Presenta disponibilidad de elementos nutricionales poco aprovechables.

Boertje (1980) realizó un estudio comparando los sustratos de peat-moss y tierra de hoja observando las características que se muestran el siguiente cuadro

**Cuadro 2** Diferencia de las características de los sustratos.

Peat-moss	Tierra de hoja
Por ser un material que ya presenta un proceso de descomposición requiere un estudio para conocer las necesidades exactas de los minerales.	No requiere de grandes cantidades de minerales ya que presenta una descomposición ligera aportando nutrientes al medio.
Produce flores de mayor calidad y tamaño adecuado.	Produce menor número de flores por planta debido a las características que posee.
Tiene una excelente aireación.	Tiene una mediana aireación.
Gran capacidad de retención de humedad por periodos prolongados.	Por ser un material muy ligero pierde con gran facilidad el agua, teniendo de mediana a baja retención de humedad,
Gran cantidad de espacios porosos y mejor desarrollo radicular.	Menor cantidad de espacios porosos y buen desarrollo radicular
Debido a la composición de sus materiales presenta mayor consistencia (tallos fibrosos).	Por ser partes de tallos, hojas, raíces, troncos de consistencia más sólida tiende a compactarse.

### 3.10. Riego

Entre las sustancias necesarias para el crecimiento de las plantas, el agua es, sin lugar a dudas, la que se utiliza en mayor medida. Sin embargo, menos del 5% de la que penetra en las plantas en los tejidos, ya que la mayor parte de ellas pasa a la atmósfera de la transpiración de las hojas.

El papel del agua en la vida de las plantas es indudablemente muy importante. Intervienen en la constitución de protoplasmas; actúa como disolvente de los gases, los iones minerales y otros solutos que penetran y se desplazan por el interior de la planta; constituye el ingrediente necesario

para asegurar la turgencia de las células, representa el reactivo en muchos procesos fisiológicos fundamentales. Caballero. (1990); Ervin (1991).

### **3.10.1. Técnicas de riego**

El riego es una práctica de suma importancia debido a que el momento óptimo para su aplicación y la cantidad de agua a suministrar en cada uno debe ser la adecuada.

La decisión de regar puede ser tomada en función del aspecto exterior de la planta, del estado de carencia hídrica en los tejidos de la planta, del contenido de humedad del suelo o de la insolación.

El método más extendido es el basado en la experiencia del producto que de algunas reacciones aparentes de planta seca se concluye de cuando es momento oportuno para regar. El riego en función del terreno se basa en la medida de la energía libre del agua que depende no solo del contenido hídrico sino también de la composición granulométrica, de la estructura y del contenido en materia orgánica del suelo. Los suelos con textura fina retienen el agua con mayor energía que los de textura gruesa, por lo que se puede comprobar que una planta se marchita en un suelo arcilloso con una cierta cantidad de agua y crece normalmente en un suelo con la misma humedad. Alpi. (1991); Fuentes. (1993).

### **3.10.2. Métodos de riego**

En el invernadero de multiplicación, empleados para el encarnizamiento de estaquillas en donde es indispensable conseguir una adecuada humectación del terreno y una elevada humedad en la atmósfera se emplea la aspiración con nebulizadores que distribuyen el agua en forma de gotas finísimas a intervalos de tiempo según el grado de la atmósfera. Hartmann. (1981).

### **3.10.2.1. Nebulización**

Los sistemas que distribuyen finalmente agua pulverizada sobre la superficie foliar de esquejes o plantas, son una herramienta básica en la multiplicación y presenta una notable ayuda en el mantenimiento de la temperatura y humedad como veremos más adelante.

La nebulización a baja presión se utiliza generalmente cuando se emplean emisores de plásticos. Con estos sistemas, que suelen trabajar entre 1 y 5 atmósferas, se obtiene una niebla a bajo costo que en muchos casos es suficiente para el enraizamiento de esquejes, aunque la uniformidad de distribución no es muy grande. Caballero. (1990).

La principal característica de los buenos sistemas de alta presión es que tales tamaños de partículas permiten mantenerlas en suspensión en el aire el tiempo suficiente para que, si la temperatura es elevada, se evaporen sin caer al suelo o mesas de cultivo.

Los sistemas de nebulización o atomización no deben considerarse de riego propiamente dichos. Se emplean básicamente para el enraizamiento de esquejes, aclimatación de especies procedentes de propagación *in vitro* y elevación de la humedad ambiente. Ocasionalmente estos sistemas sirven de vehículo para la aplicación de pesticidas y de abonos foliares. Christiansen. (1991).

### **3.10.2.2. Fertirrigación**

Se entiende por fertirrigación a la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego. Esta práctica no es exclusiva del riego por goteo, pero en este sistema es donde más se ha desarrollado y donde se sacan las mayores ventajas. Olalla. (1993).

Esta técnica, nace con el empleo del sistema de riego por goteo; método de aplicación del agua en forma eficiente y frecuente con los mínimos desperdicios de agua; así como de los fertilizantes al ser aplicados mediante este sistema.

La aplicación de fertilizantes bajo este medio depende de varias condiciones las cuales son: el tipo de suelo y cultivo, método de riego, calidad del agua, tipo de fertilizante disponible y en general de lo económico cuando se compara con otras vías de aplicación.

Una de las principales características que influyen en la eficiencia de la fertirrigación es la textura del suelo. La fertirrigación es la más favorable en suelos de textura gruesa y suelos arenosos comparados con suelos de textura fina. Lo anterior es especialmente para fertilizantes nitrogenados.

En los suelos de textura gruesa, con alta posibilidad de retención, la aplicación de nitrógeno es pequeña durante varios tiempos de la estación de crecimiento, para retenerlo y ser destinado principalmente a la zona radicular. En el otro extremo, los suelos de textura fina donde la retención de nutrientes es restringida y una aplicación básica es adecuada al inicio de la estación de crecimiento, pudiendo no tener la fertirrigación una ventaja sobre los otros métodos de aplicación.

La textura del perfil de un suelo es importante considerarlo para el movimiento del nitrógeno en la zona radicular. Se ha demostrado que en suelos arenosos con capas de material de fina textura en una profundidad de 50-70 cm., el método de aplicación del nitrógeno ha tenido influencia en el rendimiento. Aquí el movimiento descendente y la pérdida de nitratos fue restringida por la fina textura de las capas.

La textura del suelo influye en la penetración de los fertilizantes fosfatados sobre los suelos profundos.

El fosfato es considerado como un nutriente inmóvil en el suelo. Sin embargo, en algunos suelos de textura gruesa, los mecanismos de fijación del fosfato pueden ser escasos y la aplicación de fosfatos en la fertirrigación puede ser ventajosa. Fuentes. (1992).

Otra consideración en la decisión de usar la fertirrigación es el método de riego. Si el riego es superficial y en surcos, la distribución del agua sobre los campos es desigual y el uso de la fertirrigación puede resultar de forma semejante. Si la fertirrigación es practicada en tales sistemas se reduciría la desigual distribución de fertilizantes. Otros sistemas de riego donde se emplea la fertirrigación son, el de pivote central, el de rociado o espolvoreado (nebulizado) y el de riego por goteo, estos dan una mejor uniformidad en la distribución del agua y los fertilizantes sobre el campo. El manejo del agua, particularmente la cantidad de agua suministrada y la frecuencia de riego, influyen en la distribución de fertilizantes sobre el suelo. Fuentes. (1992)

Especialmente influye en esos fertilizantes que no son fijados en las capas superiores del suelo como son los nitratos. La aplicación de agua en exceso, puede inducir a una pérdida de nutrientes en la zona de la raíz y una ineficiente utilización de los fertilizantes suministrados.

Los porcentajes de nutrientes que demandan las plantas varían de acuerdo al período de crecimiento. Por fertirrigación los nutrientes pueden ser suministrados de acuerdo a las necesidades de las plantas y se puede alcanzar una mayor eficiencia. M. de fertirrigación. (1994).

### **Ventajas de la Fertirrigación**

Según., M. de fertirrigación.(1994). Olalla. (1993).

A) Los fertilizantes se localizan en la zona donde se encuentran las raíces. Por otra parte, los fertilizantes nitrogenados se distribuyen de una forma homogénea por todo el bulbo.

- B) Los fertilizantes fosfóricos y potasios pueden alcanzar una profundidad de 50-60 cm., lo que facilita una mejor absorción por las plantas.
- C) Los fertilizantes se suministran a la planta de acuerdo a sus necesidades en las distintas etapas de su desarrollo, aún que esta gran ventaja no se aprovecha más que parcialmente debido al desconocimiento de las necesidades de muchos cultivos en sus distintas etapas.
- D) Reducción de pérdidas por lavado y volatilización de fuentes nitrogenadas en suelos arenosos, también el mejor aprovechamiento de los fertilizantes por los cultivos, suponen un ahorro que puede alcanzar el 30% y aun más del producto.
- E) El costo de distribución de los fertilizantes es muy reducido, si bien se necesita un equipo más caro que el convencional.
- F) Ahorro de agua.
- G) Aplicación dirigida de fertilizantes.
- H) Fraccionamiento de los fertilizantes y por ende mayor producción y eficiencia en el uso del fertilizante.

#### **Desventajas de la Fertirrigación**

- A) Mayor inversión inicial por unidad de superficie que con otros sistemas de riego.
- B) Requisitos administrativos mayores, ya que el retraso en las decisiones de operación puede causar daños irreversibles al cultivo.

C) El daño de roedores, insectos y humanos a tubos de goteo causa fugas y reparaciones.

D) Las pequeñas aberturas del gotero se pueden taponar y requieren filtración cuidadosa del agua, y mantenimiento adecuado del equipo.

De gran importancia resulta conocer las extracciones concretas del cultivo y a ser posible la variación en la absorción de cada uno de los elementos a lo largo del ciclo para tratar de correlacionar la solución nutritiva con las propias exigencias de la planta. El conocimiento de la composición química y física del suelo y los análisis de plantas, son básicos en el manejo de la fertirrigación. M. de fertirrigación. (1994), Fuentes. (1992).

Algunos de los más grandes logros que se han obtenido en el porcentaje de aplicación de fertilizantes a través de la fertirrigación comparado con la aplicación convencional han sido obtenidos cuando el sistema de riego por goteo es usado. Esto es un indicador de que el suministro de fósforo debe ser inducido por fertirrigación en riego por goteo, esto favorecerá significativamente el crecimiento y desarrollo de la planta.

El tipo de fertilizante a usar en la fertirrigación ha de ser elegido muy cuidadosamente. La calidad del agua juega un papel muy importante en las decisiones de que tipo de fertilizantes emplear. Una elección inapropiada puede causar obstrucción en el sistema de riego, corrosión o pérdidas de nutrientes.

Los fertilizantes nitrogenados que se consideran para la fertirrigación son, amoníaco anhídrido y agua amoníaca. Sin embargo, se usan fertilizantes que estén libres de amoníaco porque pueden causar taponamiento en la tubería o boquilla. Fuentes. (1992).

### 3.10.3 Comportamiento de los elementos en el suelo

Los fertilizantes nitrogenados pueden tener tres formas: Ureica amídica, amoniaca y nítrica. Las plantas absorben mayoritariamente el nitrógeno bajo la forma nítrica y pequeñas cantidades bajo la forma amoniaca.

Mediante transformaciones llevadas a cabo por los microorganismos del suelo, la forma ureica pasa a amoniaca y ésta a nítrica. Para que se produzcan estas transformaciones, el suelo tiene que tener suficiente humedad y temperatura. De las tres formas de nitrógeno en el suelo, la ureica y la nítrica permanecen en la solución del suelo y pueden ser arrastradas a capas profundas por lavado, mientras que la forma amoniaca es retenida por el complejo cambio de suelo. Si embargo, en el riego localizado el contenido amoniaca es suficiente para saturar los lugares de fijación, lo que permite al amonio sobrante moverse hacia las zonas más profundas. Este amonio se transforma en nitrato, y en el riego siguiente se desplaza con facilidad en toda la zona radicular.

El fósforo y el potasio asimilables son retenidos por el complejo de cambio, por lo que su movimiento en el suelo es muy limitado. Sin embargo, esto demostró que ambos elementos tienen una considerable movilidad en el suelo cuando se aplican en riego localizado. El fósforo se mueve 5-10 veces más que en el sistema tradicional de abonado, y el potasio puede moverse 50-90 veces en una ocasión. De este modo, al haber mayor volumen de suelo con disponibilidad de estos nutrientes se facilita la absorción para las plantas y aumenta la eficacia del abonado. Tisdale. (1982).

En estos suelos no conviene hacer grandes aportaciones de nitrógeno amoniaca, pues debido a su escaso poder retentivo podría haber en la solución del suelo una saturación de amonio y una escasez de nitrato, lo que acarrearía dificultades en la absorción de nutrientes por las plantas. Por parte, el nitrógeno ureico, al no ser retenido en el suelo ni asimilado por la planta, se puede perder arrastrado por el agua de lavado. M. de fertirrigación. (1994).

Los suelos arcillosos se caracterizan por su gran poder retentivo de agua y de fertilizantes. El agua circula lentamente y la aireación es deficiente, por lo que las transformaciones microbianas son lentas. Como consecuencia de ello se pueden hacer aportaciones espaciadas de fertilizantes con alta dosificación. En estos suelos las formas ureicas responden con lentitud, sobre todo en épocas de baja temperatura. Tisdale (1982).

### **3.10.3.1. Nitrógeno**

El nitrógeno interviene en muchos procesos vitales para la planta, por lo que las deficiencias de éste elemento afecta a su crecimiento. Cuando no hay nitrógeno suficiente, las plantas tienen poco desarrollo y hay una vegetación raquítica. Si la deficiencia es grave, los bordes de las hojas adquieren un color anaranjado o violáceo, la maduración se produce antes de tiempo y las flores y frutos son pequeños y de poca calidad.

El exceso de nitrógeno produce un aspecto contrario al originado por la deficiencia, esto es: las plantas adquieren un gran desarrollo, las hojas son de color verde oscuro, la maduración se retrasa y la calidad de las flores y frutos desciende notablemente. Además las plantas se vuelven menos resistentes a las heladas, sequía y a las enfermedades.

### **Formas de Nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como orgánico e inorgánico. El nitrógeno orgánico forma parte de la materia orgánica, este nitrógeno, que representa una gran parte del nitrógeno contenido en el suelo, no puede ser aprovechado por las plantas mientras no se transforme en nitrógeno inorgánico .

Las formas más importantes del nitrógeno inorgánico son: amonio y nitrato. El amonio puede ser adsorbido por el complejo de cambio, mientras que el nitrato no es adsorbido y tiene que permanecer siempre en la solución del suelo. Tisdale. (1982).

En una primera fase el nitrógeno orgánico es transformado por bacterias amonificantes en amoniaco constituyendo una forma amoniaca. Esta sustancia es luego convertida en nitrato por las bacterias nitrificantes a la fase nítrica del proceso.

La transformación del nitrógeno orgánico al nitrógeno utilizable por las plantas depende de distintos factores: temperatura del suelo, humedad, aireación y pH.

### **Forma de absorción del nitrógeno por la planta**

Las plantas toman la mayor parte del nitrógeno bajo la forma de nitrato, y en mucho menor cantidad bajo la forma de amonio. Estas son las dos formas de nitrógeno asimilable por la planta. El balance del nitrógeno en el suelo bajo la forma asimilable es el resultado de un continuo movimiento, en donde se produce entradas y salidas del nitrógeno en el suelo. Las entradas son la fijación de nitrógeno de la atmósfera y mineralización de la materia orgánica. Las salidas son desnitrificación, volatilización, nitrificación, etc.

### **3.10.3.2 Fósforo**

El fósforo interviene activamente en los procesos del crecimiento de la planta. La deficiencia de este elemento origina un desarrollo débil, con hojas de menos tamaño y coloración de tonalidad azul verdoso oscuro, con tinte bronceado o púrpura. Las hojas más viejas son las que presentan mayores síntomas de deficiencia.

## **Formas de fósforo en el suelo**

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se halle. La fracción orgánica se halla en humus y otros materiales, que pueden estar o no asociados con él. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio y otros elementos. Estos compuestos son tan solo muy ligeramente solubles en el agua. El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que el fósforo orgánico

La solubilidad del fósforo depende de la presencia de otros iones (calcio, hierro, aluminio) y del pH del suelo. El pH comprende entre 6-7.5 favorece la solubilidad del fósforo.

En suelos ácidos los fosfatos asimilables (monobásicos y dibásicos) se combinan con el hierro y el aluminio y con los distintos hidróxidos, formándose sales y complejos químicos insolubles.

En los suelos alcalinos se combinan principalmente con el calcio y el magnesio y se forman sales insolubles como el fosfato tricálcico. Tisdale. (1982).

## **Formas de absorción del fósforo por la planta**

Las formas en que son absorbidos los fósforos son: el monobásico y dibásico, siendo el primero el más absorbido fisiológicamente por la planta. También hay una absorción muy pequeña de otras formas como el pirofosfato, metafosfato y otros compuestos orgánicos.

La mayor absorción de los fosfatos por parte de la planta depende de los siguientes factores: Capacidad de solubilidad de las raíces. Las raíces excretan permanentemente, por sus funciones metabólicas bióxido de carbono a la solución edáfica, permitiendo solubilizar distintos compuestos a partir de las partículas del suelo, mediante la formación de ácidos carbónicos en la solución que

tiene un poder disolvente, una especie que tenga buena producción de CO<sub>2</sub> tiene mayor capacidad de solubilizar el fósforo asimilable. Tamaño de raíz, un sistema radicular desarrollado permite una mayor extracción de nutrientes, principalmente de los pocos móviles. Fuentes. (1997).

### **3.10.3.3. Potasio**

Las funciones del potasio en la planta son muy variadas. Favorece la formación de hidratos de carbono y su acumulación en los órganos de reserva. Este elemento favorece la resistencia de las plantas a la sequía, frío y las plagas y enfermedades. Tisdale. (1982).

La deficiencia de potasio ocasiona una reducción de flores, por lo tanto una disminución obtenida de semillas. Cuando la deficiencia es grande aparecen manchas en las hojas, en donde desaparece el color verde, con quemaduras en las puntas y bordes.

Cuando hay un exceso de potasio asimilable en el suelo , las plantas absorben mayor cantidad de la necesaria sin que aumente la producción. Por otra parte, un exceso de potasio origina deficiencia de absorción de otros elementos, como el magnesio. Fuentes. (1997)

El potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. M. de fertirrigación. (1994).

### **Comportamiento en el suelo**

En el suelo hay potasio orgánico e inorgánico. El potasio orgánico procede de la descomposición de restos vegetales y animales. El potasio inorgánico está contenido en ciertos minerales, que al descomponerse proporcionan potasio asimilable para las plantas.

El potasio mineral pasa primero liberándose en una forma llamada cambiabile, es decir deja de estar fijado a las moléculas minerales complejas y pasa a su forma catiónica  $K^+$ . Este potasio cambiabile se encuentra en el complejo absorbente del suelo ligado a las cargas negativas de los otros cationes (calcio, sodio, magnesio).

Otra forma de estar el potasio en el suelo es en forma de catión en solución del suelo, disuelto en el agua de los microporos y totalmente asimilable por el sistema radicular de la planta.

### **Formas de absorción del potasio por la planta**

El potasio es absorbido por la planta en su forma catiónica,  $K^+$ . La absorción en el suelo esta relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso de magnesio, por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad.

### **Factores que afectan el equilibrio del potasio en el suelo**

Se conocen ciertos factores que influyen en la conversión del suelo y del potasio añadido a formas menos disponibles. Algunas de éstas son: 1) tipo de coloide, 2) temperatura, 3) humedad y sequedad, 4) pH del suelo.

- A) Tipo de coloide. Como ya se señaló, la fijación del potasio da lugar solamente en los suelos que contienen barros motmorillonitos, o barros expansivos, o illita. Los barros 1:1 no fijan iones potasio de la manera descrita para el barro de tipo 2:1.
- B) Temperatura. Los estudios realizados han demostrado que un aumento en la temperatura incrementa el nivel de potasio cambiabile.

C) Humedad y sequedad. Cuando en el campo los suelos húmedos se secan, hay usualmente un aumento en la cantidad de potasio cambiante que puede ser extraído de estos suelos.

D) pH del suelo. El estudio de la influencia de este factor ha sido sujeto a controversias, por lo cual no se tiene resultados específicos. Teuscher. (1981).

#### **3.10.3.4 Calcio**

El calcio, al igual que el potasio, es absorbido por las plantas como ion,  $Ca^{+2}$ , lo cual se verifica ampliamente en la solución del suelo y posiblemente, en una menor extensión, por el proceso de cambio por contacto. M. de fertirrigación. (1994).

#### **Fuente de calcio en el suelo**

El calcio presente en los suelos, tiene su origen en las rocas y los minerales de los que el suelo está formado. El calcio está constituido en un cierto número de minerales dolomita, calcita, apatita, feldespatos cálcicos, y anfíboles, y por su desintegración y descomposición es liberado.

Los iones calcio situados libremente en solución pueden: 1) ser perdidos en las aguas de drenaje, 2) absorbidos por organismos, 3) adsorbidos en las partículas de barro circundantes, 4) precipitados como un compuesto cálcico secundario, particularmente en los climas áridos. Tisdale. (1982).

#### **Comportamiento del calcio en el suelo**

El calcio en los suelos ácidos de las regiones húmedas se halla sobre todo en forma cambiante y como minerales primarios no descompuestos.

Si la actividad del calcio disminuye en la fase de la solución, como puede ocurrir por filtración o eliminación de las plantas, tiende haber un remplazamiento de la fase adsorbida.

Los factores del suelo que se cree que son de máxima importancia en determinar la disponibilidad de calcio para las plantas son los siguientes:

- 1) La cantidad de calcio cambiante.
- 2) El grado de saturación del complejo de intercambio.
- 3) El tipo de coloide del suelo.
- 4) La naturaleza de los iones complementarios adsorbidos por el barro.

La cantidad de este elemento retenido en forma cambiante por un barro disminuye en proporción a la capacidad total de este barro, y la cantidad de calcio absorbido por las plantas disminuye. El tipo de barro influencia el grado de disponibilidad de calcio; los barros 2:1 requieren un grado de saturación mucho mayor para un nivel dado de utilización de las plantas que los barros 1:1. Teuscher. (1981).

### **3.10.3.5. Magnesio**

#### **Forma utilizada por las plantas**

El magnesio es absorbido por las plantas como ion  $Mg^{+2}$ . Esta absorción se verifica de la solución del suelo o posiblemente por el mecanismo de cambio de contacto. Tisdale, (1982).

### **Comportamiento del magnesio en el suelo**

La absorción del magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación de magnesio, de la naturaleza de otros iones cambiables y del tipo de barro. Esta es favorecida en sustratos con barros del tipo 2:1 que en los de tipo 1:1. M. de fertirrigación. (1994).

#### **3.10.3.6. Azufre**

El azufre, es requerido por las plantas en aproximadamente las mismas cantidades que el fósforo, un elemento clasificado tradicionalmente como nutriente mayor de las plantas.

Los microelementos, por otra parte, son requeridos por las plantas en cantidades pequeñas que oscilan desde tan sólo algunas libras por hectárea hasta cantidades que pueden medirse en onzas por hectárea o menos. M. de fertirrigación. (1994).

### **Comportamiento del azufre en el suelo**

El comportamiento del azufre en el suelo puede considerarse como referencia a tres tipos de compuestos: 1) formas de azufre contenidas en combinación orgánica, 2) azufre sulfato, 3) azufre elemental y sulfuros.

*Azufre orgánico.* El azufre forma parte importante de la materia orgánica del suelo. Una amplia relación de nitrógeno: azufre, sugiere la importancia del azufre en la formación y descomposición de la materia orgánica del suelo.

*Velocidad de recambio del azufre.* La mineralización del azufre de la descomposición de una amplia proporción de materiales orgánicos, depende del contenido de azufre del material que se

descompone, de una forma muy parecida a como la mineralización del nitrógeno depende del contenido en nitrógeno. Teuscher. (1981).

### **Azufre en forma de sulfato inorgánico**

Casi todo el azufre inorgánico en los suelos bien drenados se halla como ion sulfato, en combinación con cationes tales como el calcio, magnesio potasio, sodio, o amonio en la solución del suelo, precipitados en sales de estos elementos o adsorbidos por barros 1:1 y los hidróxidos de hierro y aluminio.

*Movimiento del sulfato en el suelo.* A causa de la naturaleza aniónica y de la solubilidad de la mayor parte de sus sales comunes, las pérdidas por filtración de los sulfatos son por regla general más bien grandes.

Cuanto mayor sea la cantidad de agua añadida, mayor es el movimiento neto descendente del sulfato.

*Sulfatos adsorbidos.* Se ha demostrado que algunos sustratos tienen la capacidad de retener sulfatos en forma adsorbida, particularmente aquellos en que el contenido en barro e hidróxidos de hierro y aluminio son apreciables.

La adsorción del sulfato es influenciada por diversas propiedades del suelo: un suelo con cantidades relativamente de barro 1:1 e hidróxido de hierro y aluminio, aumenta la adsorción de sulfato con la concentración del ion sulfato en la solución del suelo y disminuye con un aumento en el pH.

*Factores que afectan la oxidación del azufre.* Diversos factores que influyen la oxidación del azufre elemental, incluye la población de microflora del suelo, la temperatura, la humedad, el pH.

*Microflora del suelo.* El azufre elemental es oxidado en el suelo por diversas especies bacterianas del genero *Thiobacillios*. Estos organismos son aeróbicos autótrofos obligados.

*Temperatura.* Como en la mayor parte de las reacciones biológicas, un aumento en, la temperatura aumenta la proporción en el que el azufre es oxidado en el suelo. Desde el punto de vista práctico parece que si las temperaturas del suelo son superiores a veinticinco grados centígrados tendrá lugar una oxidación apreciable del azufre añadido.

*Humedad del suelo.* El efecto de la humedad del suelo es de gran importancia, ya que a un nivel mas elevado de humedad próxima a la capacidad de campo en el suelo más rápida será la oxidación del azufre.

*pH.* La oxidación del azufre procede con mayor rapidez cuanto más ácidos sean los suelos. Tisdale. (1982).

#### **3.10.3.7. Micronutrientes**

El contenido total en el suelo de micronutrientes no indica las cantidades disponibles para el crecimiento de la planta durante una sola temporada de crecimiento: Pero esta es un indicativo de la abundancia relativa y el poder potencial de suplementación de un nutrimento en particular.

También en pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrimentos. La disponibilidad decrece a medida que el pH se incrementa; decrece en todos los elementos excepto para el molibdeno. M. de fertirrigación. (1994).

## **Boro**

La liberación del boro es completamente lenta, y el aumento de la frecuencia con que aparecen las deficiencias de este elemento sugiere que la turmalina nativa del suelo no puede suministrar los requerimientos de las plantas bajo régimen de cultivos pesados y prolongados.

La mayor parte del boro disponible es suministrado por la fracción orgánica, y es retenido así más bien apretadamente. Cuando se descompone la materia orgánica es liberado el boro, parte tomado por las plantas, parte perdido por filtración.

*Movimiento del boro en los suelos.* Hay diversos factores asociados en el movimiento del boro en los suelos. Son la textura del suelo, el pH, y la humedad.

*Textura del suelo.* Los suelos de textura gruesa, bien drenados, y arenosos son pobres en boro. La eliminación del boro depende de la cantidad de agua añadida y de la textura del suelo. Los suelos de textura fina tiende a retener el boro añadido durante periodos más largos que los de textura gruesa.

*pH del suelo.* Este aspecto no es bien conocido, pero se tiene que los altos valores de pH se presenta una deficiencia de boro y por lo tanto el consumo de este elemento por las plantas se reduce.

*Humedad del suelo.* La deficiencia en boro de muchos cultivo es acelerada bajo condiciones de extrema sequedad. La deficiencia en boro resulta de una excesiva filtración, sobre adición de cal, y tiempo excesivamente seco.

Participa en una multitud de procesos enzimáticos en la planta, su asimilación depende mucho del pH, y las deficiencias son parecidas a las del hierro, pero con bandas persistentes de color verde a lo largo de las nervaduras. Tisdale. (1982).

### **El Molibdeno**

- El molibdeno es requerido para formar la enzima nitrato reductasa; esta enzima reduce los nitratos a la forma amonio en la planta.
  - Es necesario para convertir el P inorgánico a formas orgánicas en la planta.
  - Interviene en el ciclo del nitrógeno para la formación de aminoácidos.
- M. de fertirrigación. (1994).

### **El Zinc**

- El Zn auxilia en las sustancias de crecimiento de las plantas y en los sistemas enzimáticos.
- (M. de fertirrigación, 1994).

### **El Cloro**

- El cloro es esencial para el crecimiento de la planta. Existe muy poco entendimiento acerca de la función del cloro en la planta.
  - Se ha reportado a este elemento interfiriendo la toma de P y parece acelerar la madurez de granos pequeños en algunos suelos.
- M. de fertirrigación, (1994).

### **3.10.4 Manejo de la solución nutritiva**

En relación con el establecimiento de mezclas, una gran mayoría de investigadores consideran como parámetros importantes las compatibilidades entre las sales, su solubilidad y su acidez.

Los fundamentos que deben conocerse a la hora de preparar una solución nutritiva de fertilizantes, según, M. de fertirrigación. (1994), son:

- Compatibilidad
  
- Solubilidad
  
- Acidez
  
- Grado de salinización

### **3.10.5 Calidad del agua para riego**

Las características físico-químicas más importantes del agua de riego son: la proporción y naturaleza de las sustancias en suspensión y la concentración y composición de los sólidos totales disueltos en ella.

Para evitar trastornos fisiológicos a las plantas es conveniente que la temperatura del agua de riego sea lo más similar posible a la del terreno que ocupa el sistema radical de las plantas. Esta condición se consigue en verano utilizando las aguas superficiales que tienen una temperatura muy próxima a la del aire.

Entre los diversos elementos presentes en el agua de riego, el de mayor interés es el sodio, que influye negativamente en la estructura, en la permeabilidad y en la velocidad de infiltración en el terreno. Otro elemento de juicio para valorar la calidad de una agua es su contenido en

bicarbonatos. Una elevada concentración de bicarbonatos puede determinar, en efecto, la participación del calcio y del magnesio en el terreno y un aumento de la concentración relativa del sodio. Hartmann. ( 1990).

### **3.11. Fertilización**

La fertilización química consiste en incrementar la producción a partir del suelo, sino además la condición necesaria para conservar y aumentar la producción del terreno durante muchos años de cultivo intenso.

Para que la fertilización pueda ser lo más eficaz posible es indispensable, la mejora de las características físico-mecánicas, químicas y biológicas del suelo. Resh. (1992).

Es indudable el papel de la materia orgánica en el suelo, no tanto como el factor específico de la fertilidad química, sino como mejorada de la fertilidad física y como sustrato para el desarrollo de la flora microbiana del terreno de la que depende la potenciación de los ciclos biológicos que en él se manifiesta. Caballero. (1990).

#### **3.11.1 Soluciones nutrimentales**

Durante el proceso de aclimatación de plantas obtenidas en laboratorio, la adición de nutrientes al sustrato ayuda a incrementar su sobrevivencia y mejorar su vigor, para lo cual es posible emplear fertilizantes comerciales agregándoles directamente al sustrato o bien regando las plantas con las sales inorgánicas del medio de cultivo empleado o con soluciones nutritivas específicas.

No obstante lo anterior, aun no ha sido estimado ampliamente el efecto de un riego inicial con nutrimentos durante la aclimatación, siendo pocas las referencias de esta índole en cuanto a;

composición, concentración, fechas y dosis de aplicación de la solución nutritiva para una especie determinada. Sin embargo, algunos productores han aplicado de manera empírica soluciones nutritivas desde las etapas iniciales de los cultivos, obteniendo resultados satisfactorios, mientras que otros modifican la concentración y composición de éstas, dependiendo de la etapa en que se encuentra el cultivo. González. (1990).

Las plantas y tejidos jóvenes contienen y requieren de una alta cantidad de N, P, K, y las plantas maduras o adultas requieren de cantidades mayores de elementos como Ca, Mn, Fe, B.

#### *Ventajas del uso de soluciones nutritivas:*

- Se aplican los elementos necesarios que requiere la planta.
- Fácil y rápida asimilación de nutrientes.
- No hay una saturación del medio (suelo) por exceso de sales.
- Se puede controlar el pH de la solución y suelo, mediante el uso de sustancias amortiguadoras.
- Se pueden corregir problemas de deficiencias nutrimentales en corto tiempo.
- Una mayor eficiencia del uso del agua.

#### **3.11.2 Principales elementos minerales y su función**

De los numerosos elementos químicos existentes en la naturaleza solo un reducido número se considera como esencial para la vida de las plantas. Tres de estos elementos, carbono, hidrógeno

y oxígeno los toma principalmente del aire y del agua, mientras que los otros son normalmente absorbidos del suelo por medio de las raíces.

Los elementos que el terreno debe ceder a las plantas se agrupan en macroelementos (Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre) y microelementos (Hierro, Cinc, Magnesio, Cobre, Boro, Molibdeno y Cloro). Rodríguez. (1982).

### **Nitrógeno**

Es el elemento mineral absorbido por las plantas en mayor cantidad y no solo porque es el principal constituyente de las sustancias proteicas de las que esta formado el protoplasma de cada célula viva, que también esta en las enzimas y en las proteínas naturales y además, en los ácidos nucleicos, en algunas vitaminas y en otras sustancias.

Las plantas generalmente absorben la mayoría de sus requerimientos de nitrógeno en las formas del ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

Las formas de amonio son rápidamente convertidas a nitratos en suelos calientes y bien aireados. M. de fertilizantes. (1993).

### **Fósforo**

Bajo la forma de radical del ácido fosfórico esta presente en muchas sustancias de fundamental importancia para el crecimiento y el metabolismo de las plantas. Su función en el metabolismo energético. La mayor parte de los cultivos manifiestan elevadas exigencias de fósforo al comienzo del crecimiento y en las fases de brotación y de floración, en dichas fases las plantas deben disponer de una cantidad de fósforos rápidamente asimilables. Rodríguez. (1982), M. de fertilizantes. (1993).

Dentro de las funciones más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- El fósforo interviene en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento de energía y transferencia, división celular, elongación celular y algunos otros procesos necesarios en la vida de las plantas.
- Promueve la formación temprana de raíces y en su crecimiento.
- Incrementa la eficiencia en el uso del agua.
- Contribuye a la resistencia de enfermedades en algunas plantas.
- Ayuda a soportar a la planta los rigores del invierno.

### **Potasio**

Este elemento está relacionado con el metabolismo de los hidratos de carbono y se le suele asociar con la producción de flores y frutos, así como con la tolerancia al frío. Aunque la forma de sal que se emplea es bastante soluble, se fija con mayor facilidad al suelo y es menos móvil que el Nitrógeno.

El potasio es absorbido por las plantas en forma iónica ( $K^+$ ). Este es esencial para el crecimiento de las plantas.

Este imparte a la planta gran vigor y resistencia a las enfermedades, coadyuva en la producción de proteínas en las plantas, es esencial que la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites. Rodríguez. (1982).

Dentro de las funciones más importantes, según, M. de fertilizantes. (1993). se pueden mencionar las siguientes:

- Su función primaria parece estar relacionada con el metabolismo de las plantas.
- Es vital para la fotosíntesis; cuando este es deficiente la fotosíntesis declina.
- El índice de respiración de la planta se incrementa a medida que el potasio se hace deficiente.
- Las dos condiciones anteriores, reducen la suplementación de carbohidratos para la planta.
- Es esencial para la síntesis de proteínas.
- Auxilia a hacer más eficiente el uso del agua promoviendo la turgidez y manteniendo la presión interna en la planta.
- Activa las enzimas y controla su índice de reacción.
- Mejora la calidad del cultivo.
- Incrementa la resistencia a enfermedades.

## **Calcio**

Este elemento juega un papel decisivo en numerosos aspectos de la vida de las plantas como en la rigidez de las paredes celulares y el transporte de ciertas hormonas. Sobre todo, es un equilibrador iónico de los juegos celulares, ayudando a activar los desordenes que puede producir el exceso de otros elementos, el potasio y los ácidos vegetales. Rodríguez. (1982).

Dentro de las funciones más importantes, según, M. de fertirrigación. (1994). se pueden mencionar las siguientes:

- Estimula el desarrollo radicular y foliar.
- Forma componentes los cuales son parte de la pared celular; reforzando así la estructura de la planta.
- Ayuda a reducir los nitratos en la planta para activar varios sistemas enzimáticos y para neutralizar ácidos orgánicos.
- Ayuda indirectamente al rendimiento mejorando las condiciones de crecimiento radicular y estimulando la actividad microbiana.

- La disponibilidad de molibdeno y la toma de otros nutrimentos.

## **Azufre**

Este elemento es normalmente aportado por el fertilizantes comerciales, por lo que no suelen presentarse carencias. Se trata de un elemento poco móvil en la planta, por lo que su deficiencia se manifiesta en las hojas más jóvenes siendo esta a las producidas por la falta de Nitrógeno Rodríguez. (1982).

Dentro de las funciones más importantes, según, M. de fertilizantes. (1994). se pueden mencionar las siguientes:

- El azufre es esencial para la formación de proteínas, porque este forma parte de ciertos aminoácidos.
- Auxilia en el desarrollo de enzimas y vitaminas.
- Promueve la formación de nódulos en las leguminosas y auxilia en la producción de semillas.
- Es necesario en la formación de la clorofila, aunque este no es un constituyente en la clorofila.
- Aunque el Ca y Mg son tomados por la planta como cationes, el azufre es absorbido como un anión ( $\text{SO}_4^-$ ).
- Procura el crecimiento más vigoroso de la planta.
- Corrige la alcalinidad del sustrato.

## **Magnesio**

Forma parte de la molécula de clorofila y esta asimismo relacionado con el metabolismo del fósforo. Su carencia se suele manifestar en clorosis de las hojas más viejas, de color bronceado.

Participa en una multitud de procesos enzimáticos en la planta, su asimilación depende mucho del pH, y las deficiencias son parecidas a las del hierro, pero con bandas persistentes de color verde a lo largo de las nervaduras. M. de fertilizantes. (1993).

Dentro de las funciones más importantes, según, M. de fertilización. (1994), se pueden mencionar las siguientes:

- Es un contribuyente mineral de la clorofila, estando activamente envuelto en la fotosíntesis.
- Las semillas poseen relativamente altas cantidades de Mg. Aunque los cultivos de grano como el maíz tienen bajos contenidos.
- Auxilia al metabolismo del fosfato, a la respiración de la planta y a la activación de varios sistemas enzimáticos.

## **Hierro**

Es necesario para la formación de la clorofila, aunque no está presente en la molécula. Solo en los terrenos ricos en calcio, en cobre y magnesio se puede dar una carencia de hierro. M. de fertilizantes. (1993).

Dentro de las funciones más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- Es un catalizador que auxilia en la formación de clorofila y actúa como un transportador de oxígeno.
- Auxilia en la formación de ciertos sistemas enzimáticos respiratorios.

## **Zinc**

Interviene en la síntesis de las Auxinas y como tal, puede tener el papel en los procesos de crecimiento. Las especies cultivadas manifiestan una diferente sensibilidad a la carencia de zinc, que a veces comporta un acortamiento de los entrenudos, por lo que las hojas terminales aparecen más pequeñas, amarillosa y adoptan un aspecto de roseta. Rodríguez. (1982), M. de fertirrigación. (1994).

Dentro de las funciones más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- El Zn auxilia en las sustancias de crecimiento de las plantas y en los sistemas enzimáticos.

## **Cobre**

El cobre es un constituyente esencial de algunas enzimas, entre las que se encuentran algunas cadenas respiratorias. Los suelos carentes de cobre son en general los ácidos y bastante ricos en materia orgánica, que tienden a fijar el cobre en formas no disponibles para las plantas.

Es otro elemento cuya absorción por la planta depende mucho del pH. Su deficiencia suele manifestarse por la muerte de ápices que son reemplazados por nuevos que mueren a su vez. M. de fertilizantes, (1994).

Dentro de las funciones más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- Necesario para la formación de clorofila.
- Cataliza varios procesos en la planta.
- Necesario para promover procesos de la planta, aunque no es parte del producto final.

## **Boro**

- El boro es esencial para la germinación del polen y para el crecimiento de los tubos polínicos.
- Es esencial para la semilla y para la formación de la pared celular.
- Es importante en la formación de proteínas.

M. de fertirrigación, (1994).

## **Molibdeno**

- El molibdeno es requerido para formar la enzima nitrato reductasa; esta enzima reduce los nitratos a la forma amonio en la planta.
- Es necesario para convertir el P inorgánico a formas orgánicas en la planta.
- Interviene en la formación de aminoácidos.

## **El Cloro.**

- El cloro es esencial para el crecimiento de la planta. Existe muy poco entendimiento acerca de la función del cloro en la planta.
- Se ha reportado a este elemento interfiriendo la toma de P y parece acelerar la madurez de granos pequeños en algunos suelos.

M. de fertirrigación, (1994).

### **3.12 Plagas y enfermedades.**

Las principales plagas que atacan a la Gloxinias son ácaros del grupo de los tarsonémidos, nematodos foliares (Aphelenchoides), thrips, babosas y pulgones, que se combaten con los productos habituales.

Entre las enfermedades, conviene tener en cuenta las podredumbres de corazón, causadas por hongos del genero *Phytophthora*. Deben practicarse medidas como la esterilización del sustrato, buena aireación y evitar los excesos de riego o las bajadas excesivas de temperatura. Se tratara preventivamente con captan y propamocab. Pape. (1977), Mc Daniel. (1982).

Cuadro. 3 Plagas y enfermedades de la Gloxinia

PLAGA O PATOGENO	NOMBRE COMUN	PROPAGACION	SINTOMAS	CONTROL
Phytophthora	Pudredumbre de la base del tallo y las hojas	A través del agua de riego y del aire.	Hojas marchitas Coloración oscura en tallo y limbo.	Dstrucción de plantas. Utilizar riego con agua tibia o de buena limpieza Buena ventilación Evitar abonado con nitrógeno
Screrotina scleriorum	Pudredumbre del tallo y la hoja.	A través del agua y el aire	Muerte prematura de la parte aérea de la planta.	Dstrucción de plantas Tener buena ventilación Evitar el Nitrógeno.
Lycopersicum virus	Manchas anilares	Por insectos como trips	Anillos de color pardo oscuro sobre hojas.	Evitar la presencia de insectos vectores.
Acaro rojo Acaro cyclamen Orugas			Malformación de hojas y yemas	-Mavrik -Dipe! -Resmthrin -Avid

## **IV MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Ubicación del área experimental**

El área experimental se encuentra en la zona de invernadero, de la carrera de Ing. Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, ubicada en los paralelos  $19^{\circ} 27'$  y  $19^{\circ} 45'$  de la latitud norte y entre los  $99^{\circ} 07'$  y  $99^{\circ} 14'$  de longitud oeste; a una altura promedio de 22.50 msnm; dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a la altura del kilómetro 2.5 de la carretera Cuautitlán-Teoloyucan.

#### **4.1.1 Características del área de investigación.**

Se realizó en un invernadero de tipo dos aguas cubierto por cristal, al cual se le colocó una capa de cal para bajar la incidencia de luz. Se aisló el área con malla plástica y malla sombra de 35% de reflexión de luz.

Se acondicionó con nebulizadores con un periodo de aplicación de 3 minutos cada 2 horas, y se colocaron las unidades experimentales en una mesa de 2.5 m de largo por 1.2 de ancho y 1.3 m de altura.

### **4.2 Sustratos**

De acuerdo a las características físico-químicas que se presentan en la revisión bibliográfica sobre los sustratos, se llegó a establecer que los más recomendables, de acuerdo a las características físico-químicas de los mismos, citadas por Resh y Alpi se eligieron los siguientes:

-Sustrato de hojarasca

-Turba (peat-moss) combinado con vermiculita (3:1).

### 4.3 Soluciones

Se han manejado una serie de soluciones nutritivas en el área de hidroponía, en la que se establecen, de acuerdo con las características del agua, así como las condiciones ambientales de esta zona como ideales (Cuadro 4), probada en cultivos de crisantemo, nochebuena, jitomate, lechuga, iris holandés, entre otros, obteniéndose las mejores características de calidad y crecimiento a esta concentración de solución nutritiva, para fines de esta investigación, y de acuerdo con las necesidades de una planta en sus primeras etapas, además de considerar que los sustratos utilizados son de origen orgánico se estableció una solución base y una que no contara con microelementos en el conocimiento de que están contenidos en la solución natural del suelo, así como trazas de ellos en las fuentes utilizadas. (Cuadro 4).

**Cuadro. 4** Solución nutritiva utilizada en fase de aclimatación de Gloxinia con macro y micro nutrientes.

ELEMENTO	PPM	FUENTE
NITROGENO	150	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$
FOSFORO	100	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
POTASIO	150	$\text{KNO}_3$
CALCIO	200	$\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
MAGNESIO	90	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
MANGANESO	3	$\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
BORO	3	$\text{H}_3\text{BO}_3$
COBRE	3	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
HIERRO	5	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
MOLIBDENIO	0.01	$\text{Na MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
ZINC	3	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

**Cuadro. 5** Solución nutritiva utilizada en fase de aclimatación de Gloxinia con macronutrientes.

ELEMENTO	PPM	FUENTE
NITROGENO	150	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$
FOSFORO	100	$\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
POTASIO	150	$\text{KNO}_3$
CALCIO	200	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
MAGNESIO	90	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

La solución nutritiva que se utilizó, corresponde a concentraciones para cultivos en producción, y es completamente diferente a las utilizadas por el cultivo *in vitro* donde la concentración de elementos nutricionales es en una muy pequeña cantidad disuelta en los medios de cultivo (agar).

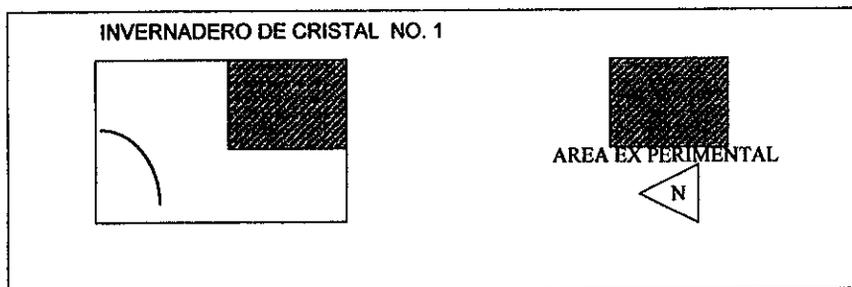
#### 4.4 Diseño experimental

De acuerdo a que las condiciones ambientales del área experimental estuvieron controladas durante todo el desarrollo de la planta, (24° C. de temperatura, Humedad relativa del 60 %), se estableció un arreglo experimental factorial completo con arreglo completamente aleatorio de tipo 2 x 3 igual a 6 tratamientos y cada uno de ellos con 5 repeticiones, considerando 2 sustratos y 2 soluciones, mas una sin solución como testigo. Para la prueba de comparación de medias se utilizó la denominada diferencia mínima significativa (DMS).

La ubicación del experimento dentro del invernadero se esquematiza en la (figura 1), donde se aprecia la división que se realizó para llevar a cabo un área de nebulización en la cual se mantuvieron las plantas en todo el experimento.

La ubicación del experimento dentro del invernadero se esquematiza en la figura 2, donde se aprecia la división que se realizó para llevar a cabo un área de nebulización en la cual se mantuvieron las plantas en todo el experimento.

**FIG. 1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO DENTRO DEL INVERNADERO.**



#### 4.5. Tratamientos

Los tratamientos empleados en el experimento fueron:

- A. Tratamiento (1) Hojarasca.
- B. Tratamiento (2) Hojarasca y solución uno.
- C. Tratamiento (3) Hojarasca y solución dos.
- D. Tratamiento (4) Mezcla de turba + Vermiculita.
- E. Tratamiento (5) Mezcla de turba + Vermiculita y solución uno.
- F. Tratamiento (6) Mezcla de turba + Vermiculita y solución dos.

Para lo cual se utilizó 20 plantas por unidad experimental, tomándose solo 5 plantas para su evaluación.

#### **4.6 Manejo del experimento.**

##### *Material Vegetativo*

Se trabajo con plantas de Gloxinias (*Sinningia speciosa*), obtenidas del laboratorio de micropropagación de Ingeniería Agrícola de la FES-CUAUTITLAN.

##### *Preparación de contenedores*

Se etiquetaron y se llenaron los contenedores utilizados fueron vasos de unicel del No.12 con los diferentes sustratos de acuerdo a los tratamientos correspondientes y se ubicaron según un sorteo aleatorio.

##### *Trasplante*

Se lavo el sistema radical de la microplanta y posteriormente se introdujo al sustrato humedecido hasta cubrir la totalidad de la raíz y cubriéndola totalmente con bolsas de polietileno.

Se cubrieron las plantas con bolsas de plástico para evitar la pérdida de humedad relativa y mantenerla alrededor del 100%, en una fase previa a la aclimatación que duro 15 días después del trasplante.

##### *Riego*

En las primeras etapas de la aclimatación se proporcionaron tres riegos por día (4 semanas), utilizando nebulizadores, después se redujeron a 2 riegos por día cuando la planta presentó indicios de aclimatación (aumento del tamaño de hoja y nuevos brotes), posteriormente la aplicación fue de un riego por día a la aparición de las primeras yemas florales.

#### *Aplicación de Solución Nutricional*

En las primeras etapas de aclimatación, desde el trasplante, se proporcionaron dos aplicaciones de sustancias nutritivas por semana (8 semanas), iniciando en el momento que se eliminaron las bolsas de plástico, posteriormente se aplicaron una vez por semana hasta el inicio de la floración.

#### *Prevención de Plagas y Enfermedades*

Para este caso se aplicó fungicida a 15 días después del trasplante, para la prevención de hongos, por las condiciones de alta temperatura y humedad relativa que estaban presentes.

#### **4.7 Parámetros a evaluar**

Los parámetros que se consideraron importantes para determinar la eficiencia de cada tratamiento son:

- Altura de la planta.* Se midió la altura de la planta desde la parte del cuello hasta la parte superior de la misma.
- Número de hojas en la planta.* Se realizó un conteo de las hojas que presentaba cada planta, al momento del trasplante y su ganancia en cada periodo no importando el tamaño de cada una de ellas.
- Tamaño longitudinal de las hojas.* Se midió longitudinalmente la lámina foliar de cada planta.

Las mediciones de los parámetros mencionados anteriormente, se realizaron en intervalos de 15 días, iniciando la primera medición a 30 días del trasplante, el día 13 de septiembre de 1996, y fueron

considerados primeramente por ser los indicadores que presenta una planta cuando se ha formado un sistema radicular completo y por tanto ha iniciado la nutrición autótrofa que se ve atrofiada por provenir del cultivo de tejidos donde su comportamiento es de tipo heterótrofo, y por otra por ser los indicadores de calidad en casi todas las plantas de ornato.

## V RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron, donde se obtuvo una mortandad del 20% a 30 días después del trasplante, obteniendo un 80% de plantas hasta el final de la fase de aclimatación, con ello se aseguro que la medición de las variables consideradas no fueron afectadas, ya que se aseguro la permanencia de las plantas monitoreadas.

Las plantas durante esta fase se encuentran en condiciones plenamente diferentes a las que se tenía *in vitro*, de tal forma que las características ambientales de alta humedad del 100% dentro del tubo, disminuye a un rango de 80%-60% fuera de el, además de que las células vegetales presentan plastídios, estos no son funcionales en condiciones *in vitro*, situación que cambia al transferir las plantas bajo un estado *ex vitro*, iniciando así un proceso fotosintético real y una nutrición autótrofa normal, para ello es importante considerar, que la cantidad de luz presente en el cuarto de incubación es muy inferior al que se presento dentro del invernadero, siendo de 2,500-3,000 luxes, *in vitro*, hasta 108,000 si hablamos de un día despejado a pleno rayo de sol.

Aunado a lo anterior se debe considerar que las características de la hoja, de las plantas extraídas *in vitro* difieren en gran medida de las normales, entre las que podemos referir; la poca presencia de ceras y cutícula y poca diferenciación del parénquima en empalizada, provocando una rápida perdida de humedad y por lo tanto un estrés hídrico en la microplanta, ocasionando con ello hasta la muerte del vegetal como lo menciona Preece and Sutter. (1991), Dennis. (1986), Ammirato. (1994) y Vázquez. (1994).

Como se puede observar en los Cuadros. 6, 7 y 8, en la primera lectura que se realizo la respuesta de la planta a condiciones *ex vitro* fue poco significativa, debido a que sus necesidades para su crecimiento y desarrollo son muy diferentes, ya que sus sistemas y órganos están poco desarrollados y por lo tanto, son poco funcionales debido a que en condiciones *in vitro*, el cultivo esta confinado a un ambiente casi hermético o totalmente hermético y controlado, lo que puede

ocasionar modificaciones tanto en la composición de los gases de la atmósfera del frasco de cultivo como en la morfología, anatomía y fisiología de las plantas.

**Cuadro 6 Promedios de altura de planta**

TRATAMIENTOS	1ª LECTURA	2ª LECTURA	3ª LECTURA	4ª LECTURA
1	2.87	4.17	6.27	7.05
2	3.27	5.17	8.09	8.85
3	3.53	5.33	8.09	9.46
4	3.07	5.07	7.38	7.39
5	3.59	5.35	7.23	9.32
6	3.59	5.35	8.86	9.46

Se considera que en las primeras tres semanas de aclimatación son las más críticas para el material vegetal, porque existe una gran pérdida de humedad por la planta, debido a que el número de capas celulares, el tamaño de las células del parénquima en empalizada y el grado de diferenciación de este con respecto a las otras células del mesófilo, es menor lo que repercute en un menor grosor de la hoja, así como grandes espacios intercelulares del parénquima en empalizada además de que gran parte de los estomas son circulares y no elípticos, ya que en algunos casos el número es mayor o menor y son poco funcionales, además de que su tejido vascular es insignificante y por lo tanto, poco funcional, como lo menciona. Vázquez. (1994). Todo lo anterior trae como consecuencia una mínima respuesta de la planta, inclusive hasta puede morir por estrés hídrico, es por ello que se debe considerar que al manejar un organismo heterótrofo obtenido bajo la técnica de micropropagación, este debe existir una etapa previa a la aclimatación a nivel de laboratorio, que se denomina preadaptación, donde dicha fase inicia con un descenso gradual de la humedad relativa y temperatura, manteniendo periodos constantes de luminosidad, dicho proceso requiere de 2 a 4 semanas.

Posteriormente en la segunda lectura se observo en todos los tratamientos, que las plantas presentaron una respuesta mínima a las nuevas condiciones *ex vitro*, estando por arriba los tratamientos 5 (Peat-moss/solución 2) y 6 (Peat-moss/solución 1) en las variables número de hojas y tamaño longitudinal de estas. Esto se puede considerar, que debido al primer momento en que la planta es extraída de su medio de cultivo ya posee raíces, pero estas no son funcionales y aunque estas persisten al ser trasplantadas a condiciones *ex vitro*, no existe una verdadera aportación de nutrientes a la planta por la poca o nula presencia de los pelos radiculares, además de que llegan a morir por falta de humedad, ya que la planta en las primeras etapas de aclimatación (45 días), aún guarda rasgos de ser un organismo heterotrófo aunque el comportamiento de la planta parezca normal.

Refiriéndose al tamaño longitudinal de la hoja, podemos observar que los tratamientos 5 y 6 fueron donde se tuvo mejores resultados pero fueron ligeramente superiores con respecto a las demás variables, esto se puede considerar a lo anteriormente mencionado, ya que la elongación de la parte aérea de la planta obtenida bajo la técnica de micropropagación, esta basada en la formación de la zona radicular así como del cambio de células de sus hojas que han venido comportándose de una forma heterótrofa y sus proplastidos que no son funcionales, por lo tanto existe un poco o casi nula producción de clorofila; por ello se requiere de la activación de estos para funcionar como generadores de fotosintatos y por lo tanto una mayor producción de energía, que permita a la planta cubrir sus necesidades para sus diferentes procesos metabólicos

**Cuadro 7 Promedio Número de hojas**

TRATAMIENTO	1ª LECTURA	2ª LECTURA	3ª LECTURA	4ª LECTURA
1	3.82	4.38	5.33	7.22
2	3.70	5.33	6.67	8.51
3	4.80	5.48	7.33	8.60
4	4.00	4.67	6.00	7.80
5	3.86	5.89	7.00	8.68
6	4.00	5.74	7.33	8.77

De acuerdo a los sustratos, se puede mencionar que el Peat-moss es un material que presenta un proceso de descomposición avanzado, aportando al medio nutrientes en forma asimilable, que junto con el desarrollo de sus órganos y sistemas de la planta permitieron la activación metabólica de esta, sin ser tan drástico el proceso de aclimatación, creando una condición similar a las presentadas en el cultivo *in vitro* (temperatura, humedad relativa, un medio rico en nutrientes).

De la tercera lectura se puede decir que a los tratamientos que se les suministro la solución dos presentaron los mejores resultados para todas las variables., Gráfica. 1, 2 y 3, independientemente del tipo de sustrato empleado en cada uno de ellos

De lo anterior se debe a que los micronutrientes en su conjunto intervienen en diferentes procesos metabólicos como: reacciones oxi-reductivas, en la respiración, la síntesis de clorofila, la fotosíntesis, el metabolismo y síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos así como en el metabolismo de las auxinas, además intervienen en el metabolismo de las paredes celulares (síntesis de lignina), que reduce la transpiración en la planta, promueven el crecimiento meristemático, migración y utilización de los glucidos, la producción de fitohormonas que favorecen el crecimiento de ápices vegetativos, en la reducción de nitratos, en la fijación de nitrógeno que favorece una mejor actividad fotosintética, lo cual quiere decir que la planta se encuentra mejor

adaptada a las condiciones *ex vitro* y su nutrición será del tipo autótrofa, ya que sus sistemas y órganos se encuentran casi totalmente diferenciados y funcionales, siendo todo esto favorable para un buen crecimiento y desarrollo de la planta como lo menciona Caballero (1990), que considera que los micronutrientes son un conjunto de elementos de gran importancia para que se lleve a cabo la absorción de los macro-nutrientes.

Podemos determinar que bajo los criterios de esencialidad de los elementos, que la falta de uno de ellos provoca alteraciones fisiológicas, que se expresan en cambios morfológicos de los vegetales, por ello al contener micronutrientes en la solución la respuesta de la planta es más favorable a un medio nutricional y por lo tanto, su expresión genética es mayor.

Si bien los sustratos cuentan con ciertas trazas de elementos nutricionales, estos no están en la mejor disponibilidad, que si los suministramos a la solución del suelo, interpretándose con ello un transporte pasivo que presentan las soluciones al ingresar a la planta.

En lo que respecta a la última lectura, se observó un comportamiento similar para todas las variables en los diferentes tratamientos, excepto en la variable altura de planta, (Cuadros 6, 7 y 8), siendo superior el tratamiento número 6, existiendo una mínima pero no significativa con los tratamientos 5 y 3. Por lo que podemos decir que si bien las soluciones nutritivas influyen directamente en la adaptación de la planta, esta continúa teniendo un crecimiento similar al efectuado *in vitro*, es decir se presenta un crecimiento exponencial de los brotes en lugar de tener un crecimiento en altura; teniendo así un número mayor de hojas y un incremento en el tamaño longitudinal de las mismas, sin incremento en la longitud del tallo.

**Cuadro 8 Promedio Tamaño longitudinal de la hoja**

TRATAMIENTO	1ª LECTURA	2ª LECTURA	3ª LECTURA	4ª LECTURA
1	1.67	3.17	4.38	6.06
2	2.97	4.67	5.33	7.46
3	3.33	4.83	5.48	8.36
4	3.00	4.50	4.67	6.39
5	3.50	5.00	6.89	8.24
6	4.45	5.95	6.75	8.43

Por otra parte al dirigirse la absorción de nutrientes hacia las zonas de mayor demanda (número de hojas y tamaño longitudinal de hoja), limitan de esta forma el crecimiento del tallo, Además se considera que al aplicar una solución nutrimental completa, la planta será beneficiada, dado que en esta fase presenta un sistema radicular activo y desarrollado, y por lo tanto, tiene una mayor área y capacidad de absorción de nutrientes, que favorecerá los diferentes procesos metabólicos (fotosíntesis, fijación de nitrógeno, entre otros), observándose estos beneficios en el mayor número de hojas y el tamaño longitudinal de las mismas

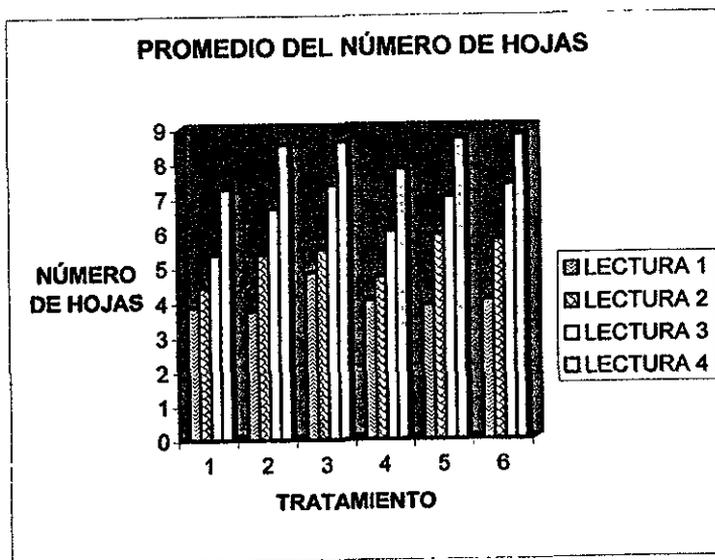
## 5.1 SUSTRATOS

Como se puede observar los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos para todas las variables evaluadas y en todas las lecturas, que el sustrato de hojarasca fue el que presentó menores resultados en comparación con el de Peat-moss + Vermiculita; (Gráfico 1,2, y 3) considerando de esta forma al sustrato como principal factor para la aclimatación, crecimiento y desarrollo de la planta.

Los resultados obtenidos son considerados, por la baja permeabilidad que tiene el sustrato de hojarasca y por lo tanto una deficiente retención de humedad y una gran capacidad de drenaje,

ocasionando una lixiviación de algunos nutrientes, como lo menciona Resh (1992), Hartmann (1990), provocando una posible acidez en el sustrato, que puede reducir la concentración de elementos nutritivos como el sodio, calcio, magnesio y potasio; porque al hacerse solubles pueden reaccionar con otros elementos como el Hierro y el Aluminio formando compuestos insolubles, haciendo al suelo más ácido y desfavorable para el crecimiento y desarrollo de diferentes órganos y sistemas de la planta; además reduce la descomposición de la materia orgánica y la cantidad de elementos asimilables incrementándose la presencia de elementos tóxicos que las raíces pueden absorber.

Gráfica 1. Promedio de las lecturas para el número de hojas

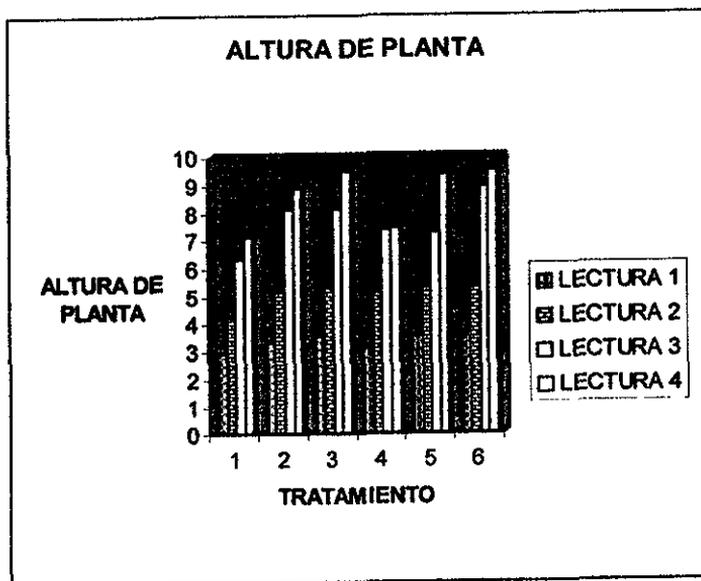


Uno de los efectos que ocasiona la baja retención de humedad es una fácil lixiviación de los nutrientes, como ya se mencionó anteriormente, no existiendo un aprovechamiento óptimo de la solución nutricional, por lo que es necesario la aplicación de cantidades suplementarias de nitrógeno y otros elementos.

El bajo porcentaje de saturación de bases, que es otra característica que presenta el sustrato de hojarasca, cuyos efectos fueron mencionados anteriormente, es ocasionado por la parte mineral del sustrato en cuestión, siendo este en su mayoría de cargas positivas existiendo así el fenómeno de repelción (rechazo) de la mayoría de los elementos básicos, por que presentan cargas iguales (cationes).

Por otra parte, este sustrato, si bien tiene cualidades por ser un material orgánico con disponibilidad de elementos nutricionales muchas veces estos no se encuentran en total aprovechamiento para la planta, debido a su intercambio catiónico y bajo porcentaje de saturación de bases que presenta. Resh (1992). Además presenta hojas no descompuestas, provocando que se compita por oxígeno y nitrógeno por el proceso de descomposición, disminuyendo así el que pueda tomar la planta.

Gráfico 2 . Promedio de las lecturas de la altura de planta



Sin embargo, el sustrato de Peat-moss+vermiculita es una mezcla que presentó resultados mayores en todos los tratamientos y variables, debido a las características físico-químicas que presenta tales como, excelente capacidad de retención de humedad, aireación y una alta capacidad de intercambio catiónico y capacidad Buffer, que permite mantener nutrientes en reserva para posteriormente liberarlos lentamente, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes que contiene dicho sustrato. Además la circulación de nutrientes es más rápida en esta mezcla que en tierra normal debido a la gran cantidad de espacios porosos que esta posee y de contener magnesio y potasio disponible para las plantas.

Por su pH que es cercano al neutro permite a los microorganismos contenidos en las raíces de las plantas y solución nutritiva, que lleven a cabo en condiciones favorables el proceso de descomposición aportando al medio elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, entre otros. Favoreciendo además la adsorción de nutrientes para que posteriormente sean liberados lentamente y sean absorbidos por la planta, produciendo un mayor número y tamaño de hojas y en un menor grado la altura de la planta. El resultado de esta última variable no se considera por alguna deficiencia nutricional o del sustrato, si no que puede ser por la característica genética de la planta que presenta un crecimiento arrocetado y no en altura.

Otra de las características de gran importancia, que presenta ésta mezcla, es la influencia benéfica para el desarrollo de las raíces, por las sustancias de crecimiento que contiene como son; auxinas, ácidos húmicos, ácido  $\beta$ - indolacético, cuyo efecto es estimular la formación de raíces Penningsfeij (1983), permitiendo a la planta tener mayor área y capacidad de absorción observándose estos resultados en las diferentes variables, en comparación con el sustrato de hojarasca.

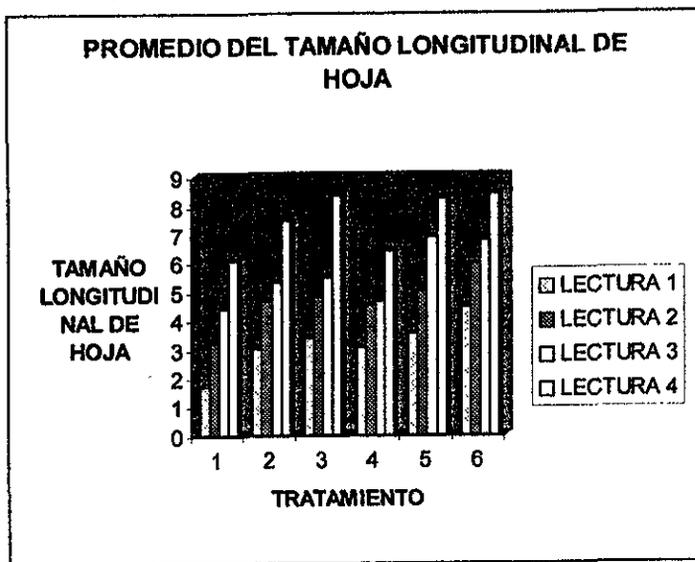
## 5.2 SOLUCION

En cuanto a la solución nutritiva se pudo observar que los tratamientos que contienen la solución: uno (macro y micronutrientes), en todas las lecturas de las variables (Gráfica 1, 2 y 3), se

obtuvieron mejores resultados comparados con los tratamientos que contienen solución dos, independientemente del sustrato que fue empleado en cada uno de ellos, esta diferencia fue poco significativa debido que al adicionar una solución completa al sustrato encontramos que los micronutrientes son indispensables para una mejor absorción y funcionamiento de los macronutrientes que en su mayoría forman parte estructural en los vegetales, como es el caso del molibdeno en el ciclo del nitrógeno, el cual interviene en la formación de la molécula de aminoácidos importantes para cualquier ser vivo. Por otra parte desencadenan diferentes procesos metabólicos en la planta como la síntesis de clorofila, en la respiración, en la fotosíntesis, en la síntesis de proteínas, en la reducción de nitratos, entre otros procesos, esto es si seguimos los criterios de esencialidad de los elementos podemos determinar que la falta de alguno de ellos provoca alteraciones fisiológicas que se expresan en cambios morfológicos de los vegetales, es por ello que al contener los micronutrientes en solución la planta responde a un mejor medio nutricional y por tanto su expresión genética es mayor, si bien, los sustratos orgánicos cuentan con ciertas trazas de elementos nutricionales estos no pueden estar en la mejor disponibilidad que si los suministramos en la solución del suelo, interpretándose con ello el transporte pasivo que presentan las soluciones al ingresar a la planta.

Por otra parte podemos considerar que una planta propagada bajo la técnica *in vitro*, donde se le proporciona todos los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo, esta al ser trasladadas a la fase de aclimatación y establecerlas en un sustrato que presente deficiencias de nutrientes, es necesario aportar en solución los nutrientes que requiere la planta, para una rápida y favorable adaptación y posteriormente un desarrollo más aceptable.

Gráfica. 3 Promedio de las lecturas del tamaño longitudinal de hoja



Si bien los tratamientos que se les suministro la solución dos (macronutrientes), presentaron una diferencia mínima significativa para las diferentes variables, lo cual quiere decir que si una planta obtenía bajo la técnica de micropropagación es establecida en un sustrato orgánico que presente buenas características físico-químicas, como se menciono anteriormente y se le suministra en solución los macronutrientes, no se vera afectada en gran medida su funcionalidad debido a que se complementaran con los micronutrientes que presenta dicho sustrato, esto se pudo observar con mayor claridad en el número de hojas y el tamaño longitudinal de las mismas.

## VI CONCLUSIONES

1. La mortandad que se presento a treinta días después del transplante, se debió a los cambios ambientales que sufrió la planta, siendo principalmente la disminución de la humedad relativa, una mayor intensidad de luz y temperatura. Siendo completamente diferentes a las que se tenían *in vitro*.
2. El sustrato que presento mejores características para la aclimatación de las plantas de Goloxinas (*Sinningia speciosa*), fue la combinación de Peat-moss+Vermiculita debido a las propiedades físico- químicas que presenta como: una excelente capacidad de retención de humedad e intercambio catiónico, una buena capacidad buffer y aireación que permitió un mejor crecimiento de la parte radicular y por lo tanto una mayor superficie de absorción, cuya respuesta se observo en el tamaño y número de hojas.
3. El sustrato de hojarasca presentó resultados inferiores en la aclimatación, con respecto al anterior debido a sus características tales como: baja retención de humedad y por ende una fácil lixiviación de nutrientes, trayendo como consecuencia una posible acidez y por lo tanto una deficiente o nula disponibilidad de nutrientes. Pero se consideran aceptables los resultados obtenidos con este sustrato.
4. La solución nutritiva que favoreció a un mejor crecimiento de la planta, fue la que contenía macro y microelementos, es por ello que al adicionar una solución completa a un sustrato de tipo orgánico, los microelementos contenidos en ellos permiten que haya una mejor absorción y

funcionamiento de los macronutrientes, por lo tanto la planta tendrá una mejor respuesta a un medio nutricional, logrando con ello una mejor aclimatación, observándose esto en los valores obtenidos en este trabajo de investigación.

5. El empleo de la solución nutritiva que contenía únicamente macroelementos, no presentó diferencia significativa, no limitándose el proceso de aclimatación de Gloxinia (*Sinningia speciosa*), debido al empleo de sustratos de tipo orgánico que de acuerdo a sus características físico-químicas que presenta cada uno de ellos, existe la posibilidad de emplear únicamente
6. La no utilización de una solución nutritiva influyó en la aclimatación de las plantas de Gloxinias (*Sinningia speciosa*) y con ello el crecimiento de las mismas, es por ello que existe la necesidad de considerar en cualquier trabajo de esta naturaleza emplear una solución nutritiva que proporcione a la planta aquellos elementos (macro y micro), que beneficien su aclimatación logrando un mejor crecimiento y desarrollo.

## VII BIBLIOGRAFIA

ACOSTA RODRIGUEZ MA. C. 1993, Efectos de  $\text{NH}_4$   $\text{NO}_3$  en la micropropagación de fresa y su relación en la aclimatación con base en su capacidad fotosintética. CD. Colegio de Posgraduados, Chapingo Méx.

ALPI A. TOGONINI 1991. Cultivo en invernadero, Ed, Multiprensa.

AMMIRATO PHILIP V. EVANS DAVID R. 1994, Handbook of Plant. Ed. Mc Grew-Hill USA.

CABALLERO MANUEL RUANO, JIMENEZ MEJIA RAFAEL 1990. Cultivo Industrial de plantas en maceta, Ed. Reus, España.

CRONQUIST ARTHUR, 1981. An Integrate Sistem of Clasification of flowering Plants. Ed Reus, España.

CHRISTIANSEN M.N. 1991. Mejoramiento de plantas poco favorables, Ed. Limusa, Mex.

DEBERGH P.C. AND ZIMMERMAN R.H. 1990. Micropropagation Ed. KLUMMER BOSTON.

ERVIN L. DENISEN PH. D. 1991. Fundamentos de Horticultura Ed. Limusa, Méx.

FUENTES YAGÜE J. LUIS. 1992. Técnicas de riego. Ed. I.R.Y.D.A., Méx.

GRANADOS FRIELY J.C. 1991. Cultivo in vitro de embriones inmaduros de un híbrido de vainilla y aclimatación. Ed. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Mex.

HARTMANN H.T. 1990. Plant Propagation, Ed. Prentice Hall. USA.

HARTMANN H.T. 1981. Plant Sienca, Ed. Prentice – Hall. USA.

HEYWOOD H. Y. 1985. Las plantas con flores, Ed. REVERTE, Bogotá.

LARSON ROY A. 1991, Introduction to floriculture, Ed, Academyc, Press, USA.

MC DANIEL GARY L. 1982, Ornamental Horticulture, Ed. Reston. USA.

OLALLA MAÑAS MARTIN DE SANTA Y DE JUAN VALERO J. ARTURO. Agronomía de riego. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España.

OROZCO R.R.S. 1993, Propagation in vitro de papa y su adaptación al invernadero, Ed. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx.

PAPE HEINRICH, 1977, Plagas de las flores y de las plantas ornamentales, Ed. OIKOS -TAN, Barcelona, España.

PEDRAZA SANTOS M. ELENA.1998. Tesis. Uso de hongos endomicorrizicos arbusculares en la aclimatación de plantas ornamentales. Ed. C:P: México.

PENNINGSFELD P. Y KURSMANN P., 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi- prensa, Madrid España.

PIERIK R. L.M. 1990 Cultivo in vitro de las plantas superiores, Ed, Mundiprensa, Madrid España.

QUEZA MARTIN MA. ROSARIO. 1994, Producción en invernadero. Quinto curso nacional de plásticos en la agricultura. Saltillo, Coahuila Méx.

RESH H.M,1992, Cultivos Hidropónicos, Ed. Mundiprensa, Madrid España.

RODRIGUEZ SUPPO F., 1982. Fertilizantes. Ed. Agt Editor. Méx.

TEUSCHER H. Y RUDULFH ALDER. 1981. El suelo y su fertilidad. Ed. Fecesa, Méx.

TISDALE SAMUEL L. 1982.Fertilidad de los suelos. Ed. Hispanoamericana. Méx.

VAZQUEZ VEGA SALVADOR.1994. Tesis. Cambios morfológicos , anatómicos y fisiológicos en plantas aclimatadas de Anturio y Orquídeas. Ed. C:P: México.

VIC BALL G.J, 1991 *Readbook*, Ed Geo J. Ball. USA

ZAMORA MENDOZA J.J, 1989. *Vitrificación en botones de nube perfecta en el proceso de micropropagación*. Ed UPAEP, Puebla, Méx.

----- - GROWERTALKS' ., 1991. Ed Geo J. Ball. USA.

NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE., 1993. *Manual Fertilizantes*, Ed. UTEHA, Méx.

----- -Manual de fertirrigación. 1994. Méx.