



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO Y  
CINÉTICA-NUTRIMENTAL EN PLANTAS DE TOMATE DE  
CRECIMIENTO INDETERMINADO VAR. IMPERIAL EN UN  
SISTEMA HIDROPÓNICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA**

**P R E S E N T A:  
RUBEN ESTEBAN ESPINOSA MANZANO**

**ASESOR: DR. ARTURO AGUIRRE GOMEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



## CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	ii
INDICE DE GRAFICAS	iii
1. Introducción-----	7
1.1 Objetivos-----	9
1.1.1 Objetivo general.-----	9
1.1.2 Objetivos particulares.-----	9
1.2 Revisión de literatura-----	10
1.2.1. Importancia del cultivo del Tomate-----	10
1.2.2. Clasificación botánica del Tomate-----	11
1.2.3. Características morfológicas del Tomate-----	11
1.2.3.1. Sistema radical-----	11
1.2.3.2. Sistema aéreo-----	12
1.2.3.2.1 Hoja-----	13
1.2.3.2.2 Flor-----	13
1.2.4. Clima y suelo para el cultivo-----	13
1.2.4.1. Radiación-----	13
1.2.4.2. Temperatura-----	14
1.2.4.3. Humedad del aire-----	15
1.2.4.4. Suelo-----	15
1.2.5. Nutrición vegetal-----	16
1.2.5.1. Elementos esenciales-----	19
1.2.5.1.1. Nitrógeno y el Nitrato como forma Asimilable ( $\text{NO}_3^-$ )-----	20
1.2.5.1.2. Fósforo y el Fosfato como forma asimilable ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ )-----	21
1.2.5.1.3. Potasio (K)-----	22
1.2.5.1.4. Calcio (Ca)-----	23
1.2.5.1.5. Magnesio (Mg)-----	23
1.2.5.2. Influencia del pH en la asimilación de los nutrimentos.-----	24
1.2.5.3. Síntomas de deficiencia y toxicidad Nutrimental específica-----	25
1.2.6. Producción en invernadero-----	27
1.2.7. Hidroponía-----	28
1.2.8. Diagnostico nutrimental-----	29
1.2.8.1. Análisis químico del tejido vegetal-----	31
1.2.8.2 Desviación optimo porcentual-----	34
2. Materiales y métodos-----	36

2.1. Establecimiento del experimento-----	36
2.1.1 Localización del experimento-----	36
2.2. Condiciones experimentales-----	37
2.2.1. Trabajo de laboratorio-----	41
2.2.1.1. Métodos analíticos-----	41
2.2.1.1.1. Extracto celular congelación-presión-----	42
2.3. Muestreo-----	44
2.3.1. Tratamiento y manejo de muestras vegetales-----	44
2.3.2. Análisis de la extracción celular por Cromatografía Iónica-----	44
2.4. Manejo agronómico-----	45
2.4.1. Siembra-----	45
2.4.2. Riego-----	47
2.4.2.1. pH-Conductividad eléctrica-----	48
2.4.2.2. Solución Nutritiva-----	50
2.4.3. Transplante-----	51
2.5 Cronograma de actividades-----	52
3. Resultados y discusiones-----	53
3.1 Características del invernadero-----	53
3.1.1 Temperatura interna-----	54
3.1.2 Humedad relativa-----	55
3.2 Comportamiento de Parámetros morfológicos-----	56
3.2.1 Altura de planta-----	56
3.2.2 Numero de Hojas y Área Foliar-----	57
3.2.3 Diámetro de tallo-----	59
3.2.4 Peso Fresco-----	60
3.2.5 Peso seco-----	62
3.3 Correlación de Parámetros morfológicos-----	63
3.3.1 Correlaciones Graficas-----	65
3.4 Medición de Aniones en Extractos celulares-----	72
3.4.1. Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en los segmentos de tallo (Tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva-----	72
3.4.2 Fosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ) en los segmentos de tallo (Tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva-----	76
3.4.3 Sulfatos ( $^2\text{SO}_4$ ) en los segmentos de tallo (Tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva-----	78
3.5 Descripción del Índice de Desviación Óptimo Porcentual-----	81
4. Conclusiones-----	83
5. Referencias-----	85
6. Apéndice	
Apéndice 1-----	89
Apéndice 2-----	92
Apéndice 3-----	93
Apéndice 4-----	94

## **INDICE DE FIGURAS**

**i**

**Pag.**

<b>Figura 1. Sistema de producción</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Procesos para el Diagnostico</b>	<b>30</b>
<b>Figura 3. Esquema de fertilización basado en el análisis de savia</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4. Invernadero D2 – Proyecto Venecia.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 5. Arreglo de las Unidades Experimentales dentro del invernadero</b>	<b>39</b>
<b>Figura 6. Distribución de macetas en la cama</b>	<b>40</b>
<b>Figura 7. Extracción por medio de Jeringas</b>	<b>43</b>
<b>Figura 8. Esquema de evaluación de las diferentes dosis de fertilización aplicadas al cultivo durante su ciclo productivo.</b>	<b>74</b>

	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro 1. Clasificación botánica del tomate según Hunziker.</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 2. Intervalos óptimos de temperatura por etapa de crecimiento para el tomate.</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 3. Elementos esenciales y su forma de asimilación.</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 4. Nutrientes y su sintomatología.</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 5. Factores que afectan el desempeño de las plantas y su origen.</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 6. Parámetros de concentración en extracto celular para tomate.</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro 7. Aleatorización de Unidades Experimentales</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro 8. Volumen de extracción de material foliar.</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 9. Control de riegos</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 10. Control de fertirrigación.</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 11. Fertilizaciones progresivas.</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 12. Actividades de producción en La Agrícola.</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 13. Coeficientes de correlación de Pearson por parámetro morfológico con mayor influencia, promedio de los 10 muestreos realizados para la evaluación.</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 14. Niveles iónicos del extracto celular de tejido conductor evaluados en relación a los valores establecidos por Bursag.</b>	<b>81</b>

## INDICE DE GRAFICAS

iii

	Pag.
Grafica a. Temperatura registrada dentro del invernadero D2.	54
Grafica b. Humedad relativa registrada dentro del invernadero D2.	55
Grafica 1. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> , en términos de su altura promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	56
Grafica 2. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> en términos de numero de hoja promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	57
Grafica 3. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> en términos de área foliar promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	58
Grafica 4. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> en términos del diámetro de tallo promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	59
Grafica 5. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> en términos del peso fresco obtenido de un promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	60
Grafica 6. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i> en términos del peso seco obtenido de un promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.	62
Grafica 7. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Altura de planta entre Numero de Hojas	65
Grafica 8. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Altura de planta entre Diámetro de Tallo	66
Grafica 9. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Altura de planta entre peso Fresco	67

	<b>Pag.</b>
<b>Grafica 10. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Diámetro de tallo entre Área foliar</b>	<b>68</b>
<b>Grafica 11. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Numero de Hojas entre peso Fresco</b>	<b>69</b>
<b>Grafica 12. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Peso Fresco entre Peso Seco</b>	<b>70</b>
<b>Grafica 13. Influencia de parámetros morfológicos sobre el Peso Seco total</b>	<b>71</b>
<b>Graficas 14,15,16. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i>, en términos de miligramos por litro de Nitratos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (Brotos nuevos) Hoja Viejas (Básales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.</b>	<b>72</b>
<b>Graficas 17,18,19. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i>, en términos de miligramos por litro de Fosfatos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (Brotos nuevos) Hoja Viejas (Básales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.</b>	<b>76</b>
<b>Graficas 20,21,22. Cinética de crecimiento de <i>Lycopersicon esculentum</i>, en términos de miligramos por litro de Sulfatos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (Brotos nuevos) Hoja Viejas (Básales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.</b>	<b>78</b>

## **1. Introducción.**

El cultivo de tomate tiene una gran importancia en muchos ámbitos: alimentario científico, tecnológico, económico. Es considerado como el 2<sup>do</sup> vegetal más importante después de la papa a nivel mundial. El Tomate cultivado tiene sus orígenes en América actualmente cosmopolita y consumido en todas las regiones del mundo (Rick.1976).

Esta hortaliza al igual que otras, requiere condiciones ecológicas y edáficas precisas para desarrollarse plenamente, para cubrir estas condiciones, la producción nacional se tiene en 2 ciclos: Primavera-Verano y Otoño-Invierno. Aunado a esto, ha pasado de ser un producto estacional a obtenerse a lo largo de todo el año debido a la comercialización entre áreas aptas climáticamente, las técnicas de conservación, así como al desarrollo de tecnologías para producción controlada y forzada; en este sistema, así mismo como el convencional (cielo abierto) el tomate es muy demandante de nutrientes si lo comparamos con otros cultivos, los cuales nos van a brindar los elementos necesarios para poder obtener productos de calidad para el consumo humano. Este cultivo provee altos rendimientos, siendo el mercado muy demandante lo que lo hace redituable, su impacto social es significativo. El tomate ocupa el 3er lugar en cuanto a volúmenes de producción mundial (FAO stats, 2001.), en México el tomate es la 2da. especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada distribuida en 27 estados de la Republica Mexicana, de los cuales solo cinco concentran el 74.2% de la producción.(SAGARPA, 2002). Además, México es el 2° país latinoamericano exportador y se encuentra entre los 10 principales países productores del mundo. México indiscutiblemente es representativo en los niveles de producción mundial, en el se obtienen volúmenes para cubrir la demanda del mercado internacional, así como el consumo nacional y los requerimientos de la industria. En la producción de tomate existe un manejo meticuloso y controlado de las condiciones que inciden directamente en el desarrollo de la planta, siendo de vital importancia la nutrición del vegetal, ya que el estado nutrimental del cultivo es uno de los factores que determina la cantidad y la calidad de los frutos, por ello es necesario conocer los factores nutrimentales que limitan la producción para poder así llegar a los máximos rendimientos expresados por la variedad.

En el trabajo se presenta la correlación del desempeño de parámetros morfológicos con el comportamiento nutrimental, se llega a una relación de la condición fisiológica con los niveles de cada elemento nutricional obtenido por el análisis de la extracción celular, así mismo se muestra un diagnóstico del estado nutrimental presente durante el ciclo productivo bajo condiciones de hidroponía, a través de un método estático denominado Desviación Óptimo Porcentual (Montañas 1993) la cual plantea realizar el experimento bajo condiciones controladas, para evitar la incidencia de condiciones ajenas al experimento como: plagas y enfermedades, oscilaciones térmicas, y humedad.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Correlacionar la dinámica nutrimental medida a través del análisis cinético de algunos nutrientes individuales en extractos celulares con el desarrollo y crecimiento de los componentes de rendimiento de plantas de tomate de crecimiento indeterminado cv. Imperial.

### **1.1.2 Objetivos particulares**

- Distinguir durante el desarrollo del cultivar trastornos nutrimentales.
- Relacionar mediante el análisis del extracto celular, los niveles nutrimentales obtenidos y correlacionarlos con los parámetros morfológicos.
- Diagnosticar mediante el método de Desviación Óptimo Porcentual modificado la condición nutrimental del cultivo.

## **1.2 Revisión de literatura**

### **1.2.1 Importancia del cultivo del Tomate**

Desde el punto de vista alimenticio, el tomate no puede ser considerado como alimento energético, aunque un kilogramo de fruto puede proporcionar 176 calorías, su aroma estimula el apetito, hace más agradable a los alimentos insípidos de elevado valor nutritivo. Es rico en aminoácidos y en ácidos orgánicos, contiene importante cantidad de vitamina C, y en menor cantidad vitaminas B y D. Las sales de hierro, de potasio y de magnesio se encuentran en una relación cuantitativa perfectamente equilibrada para los fines alimenticios. El tomate es, en otros términos, un eficaz catalizador del proceso asimilativo, y es el condimento que hace agradable al paladar la masa de hidratos de carbono de las pastas, que de otro modo serían menos apetitosas (Anderlini, 1989)

Según un estudio realizado por Stevens (1974) sobre las principales frutas y hortalizas, el tomate ocupa el lugar 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante, su popularidad, demostrada por el alto nivel de consumo convierte a este cultivo en una de las principales fuentes de vitaminas y minerales en muchos países.

Es importante el tomate en la dieta del mexicano ya que se calcula que el valor nutricional por cada cien gramos de este fruto es el siguiente: proteína, 1.2 gramos; fibra, 0.7 gramos; calcio, 7 miligramos; hierro, 0.6 miligramos; caroteno, 0.5 miligramos; tiamina, 0.06 miligramos; riboflavina, 0.04 miligramos; niacina, 0.6 miligramos y vitamina C, 23 miligramos.

## 1.2.2 Clasificación Botánica del Tomate

CUADRO 1. Clasificación botánica del tomate según Hunziker.

TOMATE	
Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Orden	<i>Solanales (Personatae)</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Subfamilia	<i>Solanoideae</i>
Tribu	<i>Solaneae</i>
Genero	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Esculentum</i>

Fuente: Weier T. E., Stocking C. R., *et al* 1979, Botanica Agrícola Nelson A. 1982

## 1.2.3 Características Morfológicas del Tomate

### 1.2.3.1 Sistema radical

El sistema radical esta constituido por la raíz principal, la secundaria y las adventicias, en la raíz principal se divide definitivamente en tres zonas: La epidermis, el cortex y el cilindro vascular, la epidermis se especializa en la absorción de agua y nutrientes; el cortex, situado debajo de la epidermis, anillo de 3 o 4 células de tipo parenquimatico, también denominada endodermos, y el cilindro vascular de la capa mas externa de este se forman las raíces secundarias, este reencuentra constituido por dos el xilema, el cual transporta los elementos minerales y el floema transporta los fotoasimilados, completando el sistema vascular formando un cilindro.

### **1.2.3.2. Sistema aéreo**

El tallo principal de la planta forma de 6 a 12 hojas, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, al cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. Los sucesivos segmentos del tallo producen una inflorescencia cada 3 hojas, si el proceso se repite indefinidamente con las inflorescencias internas laterales cada tres hojas se le denomina cultivar indeterminado, pudiendo crecer más de 10m por año, con un porte rastrero o trepador. Los brotes laterales, que se desarrollan de las axilas de las hojas, se eliminan y el tallo principal se enrosca en un tutor. Los cultivares determinados tienen un crecimiento limitado que se puede extender unos 2 metros. Los segmentos sucesivos del eje principal soportan, de forma progresiva, un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia. El sistema de ramificación lateral, así como el primario, experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular que requiere menos espacio que los cultivares indeterminados.

Una diferencia significativa entre los dos hábitos de crecimiento es a nivel productivo; En la planta con crecimiento indeterminado se da una recolección de fruto de manera continua especialmente para invernaderos, ya que florecen y fructifican de forma regular y uniforme. En el caso de las plantas con crecimiento determinado, la floración y fructificación se producen en un periodo de tiempo limitado, concentrando la producción y permitiendo su recolección mecánica.

#### **1.2.3.2.1 Hoja**

La hoja son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas tiene unos 0.5m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez ser compuestos, los foliolos usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas estas recubiertas de pubescencias del mismo tipo que los del tallo. Las hojas del tomate son de tipo dorsiventral o bifacial.

#### **1.2.3.2.2 Flor**

La flor es perfecta, regular e hipoginia, consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de  $135^\circ$ , de un numero igual de estambres que se alternan con lo pétalos y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemosos. (Nuez F. *et al.* 2001)

### **1.2.4. Clima y Suelo para el Cultivo del Tomate**

#### **1.2.4.1 Radiación**

El tomate es un cultivo insensible al foto periodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación. La iluminación limitada reduce la fotosíntesis neta, provocando así mayor competencia por los productos asimilados repercutiendo como es bien conocido en el desarrollo y la producción, valores de radiación total diaria en torno a  $0.85\text{MJ/m}^2$  son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, teniendo como premisa mayor iluminación en un corto periodo de tiempo que iluminaciones débiles prolongadas, los factores influyentes en la intercepción de radiación son: Densidad de plantación, el sistema de poda y el entutorado, los cuales deben de ser considerados de acuerdo con la época del año, especialmente si es invernal ya que la cantidad de luz es menor.

### 1.2.4.2 Temperatura

El tomate es una planta termo periódica, creciendo mejor con temperatura variable, incrementando con la edad de la planta (Went 1944 in Nuez F. *et al.* 2001).

La temperatura influye en la distribución de asimilados, y durante la fase de crecimiento vegetativo una temperatura alta (25-27°C) se favorece el crecimiento foliar a expensas del ápice, mientras que a una temperatura baja (15°C) ocurre lo contrario, presentándose éste fenómeno normalmente en la noche. Se puntualiza esta temperatura ya que es en la primera etapa de crecimiento y es fundamental para el sucesivo desempeño, esta etapa se considera desde el trasplanta hasta la floración determinante el rendimiento. Existen diferentes recopilaciones a nivel mundial relacionadas con los intervalos de temperatura para cada zona geográficamente distinta, pero podemos obtener reglas generales para el comportamiento vegetal con la oscilaciones térmicas, una de ellas es que el cultivo requiere mayor temperatura si la radiación es mayor, teniendo un margen de  $\pm 4^\circ\text{C}$ .

Resumiendo, podemos considerar las siguientes temperaturas como las más estudiadas para cultivares en zonas europeas y mediterráneas, pero aun se debe considerar la genética del cultivar ya que esta determinara los límites climáticos (Hernández 2006).

CUADRO 2. Intervalos óptimos de temperatura por etapa de crecimiento para el tomate

<u>Etapa/ zona de crecimiento</u>	<u>Intervalo optimo diurno</u>	<u>Intervalo optimo nocturno</u>	<u>Temperaturas criticas</u>
Germinación	25-30°C	25-30°C	Mínima: 10°C Máxima: 35°C
- Trasplante	18°C	(actividad diurna)	-----
- Primeras hojas	12°C		
Crecimiento vegetativo	20-27°C	13-20°C	Nocturna menor a 10°C y diurna mayor a 30°C
Floración	22°C $\pm$ 2	15-18°C	Menores a 10°C
Fructificación	Menor a 30°C	10-19°C	30°C diurna y 20°C nocturna
Maduración de Frutos	15°C-22°C	15°C-22°C	No extremosas
Suelo (Desempeño radicular)	25-30°C primeras semanas de crecimiento	25-30°C --- 20-25°C (menor a estos grados, beneficiosa)	Menores a 12°C y máximo a 35°C
20-25°C resto del ciclo.			
<u>General</u>			
Huela la planta	2°C		
Detiene su desarrollo	10-15°C		
Mayor desarrollo	20-24°C		

Fuente: TECNOAGRO Marzo/abril 2006 articulo por Lic. Luis Hernández; El cultivo de tomate Fernando Nuez *et al*

#### **1.2.4.3 Humedad del aire**

La humedad relativa del aire debe de ser menor al 90%, ya que valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogamitas, especialmente Botrytis siendo los valores óptimos valores de 70 a 80% incluso con temperaturas bajas nocturnas,(Harper et al., 1979; Hurd y Sheard, 1981 in Nuez F. 2001.) Durante la dehiscencia polínica y la consiguiente polinización el rango mas adecuado oscila entre 55 y 60% (Fernández *et al* 2004)

#### **1.2.4.4 Suelo**

El tomate crece mejor en suelos sueltos y profundos, la profundidad debe de ser mínimo de 20cm, ya que en esta extensión el desarrollo radicular es de 70% aunque la penetración de la raíz puede alcanzar más de 3 metros en terrenos aluviales profundos, normalmente su diámetro de distribución es de 1.5m y mas de 0.5m de profundidad. El pH preferentemente debe preferentemente estar entre 5 y 7 aunque toleran hasta 8. La planta tolera suelos a con problemas de salinidad siempre y cuando exista un buen drenaje. En lo concerniente a suelos arenosos, se destaca su buena adaptación a suelos con pobre aporte de materia orgánica (Fernández *et al* 2004).

### **1.2.5 Nutrición Vegetal**

Cualquier especie vegetal, requiere de nutrientes para su crecimiento y desarrollo, algunos de ellos en cantidades apreciables llamados macro elementos y otros en menor cantidad conocidos como micro nutrientes. Los elementos nutritivos absorbidos independientemente de cumplir con su función en la planta, pueden ser almacenados, si estos se encuentran en concentraciones elevadas algunos elementos del suelo pueden conducir a una toxicidad para la planta. En el caso contrario, la insuficiencia de un elemento esencial puede provocar síntomas de deficiencia característicos (Salisbury, 1994). Estos síntomas, ayudan a determinar las funciones vitales de los elementos en la planta, existiendo patrones similares entre algunas especies vegetales debido a uno o más nutrientes, aunque también se comportan diferentes muchos de ellos, pudiéndose presentar en cualquier etapa del ciclo de vida de esta. Es necesario mencionar que los síntomas de deficiencia para cualquier elemento dependen de dos factores:

- 1.- La función o funciones que realiza el elemento en el vegetal.
- 2.- La movilidad del elemento, translocación o no de las hojas más viejas a las juveniles. (Salisbury, 1994)

La detección temprana y la correcta interpretación de los síntomas de deficiencia, permiten determinar la clase de elemento faltante (Graetz, 1997), lo que provocaría que el productor pudiera planear correctamente las actividades de remediación. Los síntomas de deficiencia visuales pueden manifestarse en forma de disminución del crecimiento en raíces, tallos y hojas, de una clorosis y/o necrosis, ya sea venal e intervenal en los diferentes órganos, principalmente en las hojas, así mismo bajas tasas fotosintéticas y finalmente disminución en el rendimiento. Los nutrimentos aprovechables por las plantas pueden estar en cantidades suficientes en el suelo, pero su utilización puede ser deficiente si las condiciones físicas y químicas son desfavorables, no permitiendo su disponibilidad (Villanueva y Ortiz, 1990) con esto se refiere al estado del suelo ácido-base medido a través del pH, el cual es de gran importancia y decisivo en la nutrición vegetal.

Conociendo las características presentes de un suelo, se sabrá la influencia que este tendrá sobre la planta, así mismo, cuando la planta se desarrolla en un sustrato, este deberá cubrir con las características físicas de conveniencia, en donde el productor podrá manipular la cantidad y disponibilidad total de cada elemento en la solución

nutritiva pudiendo brindar las condiciones nutrimentales óptimas durante todo su ciclo productivo.

Existen diversas técnicas para diagnosticar los problemas nutrimentales en la planta, uno de estos es el diagnóstico visual, el cual ha sido durante mucho tiempo el medio más comúnmente utilizado, pero se sabe que las deficiencias nutrimentales son difíciles de diagnosticar y en general poco eficaces si se basan exclusivamente en la simple observación, ya que algunas condiciones climáticas adversas, enfermedades, ataque de insectos y lesiones diversas pueden manifestarse en forma similar, complicando aún más su interpretación. Esto aunado al hecho de que con frecuencia pueden encontrarse carencias simultáneas de varios elementos, produciendo similitudes en la sintomatología, además de confusiones debidas a daños por factores ambientales como son las altas y bajas temperaturas confundibles con las deficiencias de nutrimentos.

Existen plantas que manifiestan de una manera clara las anomalías nutricionales que padecen, por lo que el examen visual de su morfología y de su desarrollo vegetativo es útil. Actualmente se han clasificado especies vegetales con la capacidad de ser indicadoras de síntomas de deficiencia muy acentuados para todos los elementos minerales, pero es más acertado conocer directamente la sintomatología sobre la especie vegetal de importancia, en este caso tomate, para enfocar todas las posibles actividades de mejoramiento hacia esta.

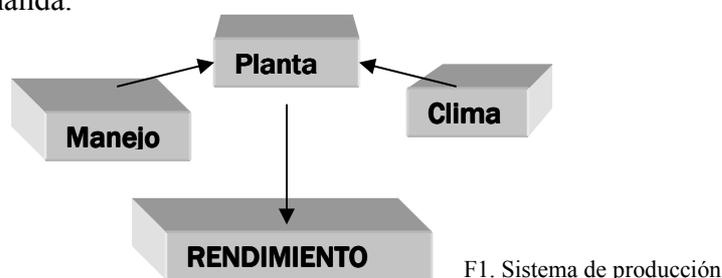
La única forma eficaz, de corroborar una carencia o exceso de un nutrimento en particular, con síntomas típicos o no, es la confirmada por medio del análisis químico del tejido el cual se basa en que el contenido de nutrimentos encontrado en tejido, es un indicador del suministro de nutrimentos presentes en el suelo o en la solución nutritiva. Con la obtención de resultados de los análisis químicos, se procede a su interpretación; para esto se utilizan los métodos de diagnóstico nutrimental que se basan en la concentración de nutrimentos encontrada en el tejido, algunos de estos implican una comparación en la concentración y el sinergismo de los elementos, basados totalmente en el balance nutrimental, entre ellos figura el Sistema Integrado de Diagnóstico y recomendación (DRIS) (Beaufils 1973) y el Diagnóstico Nutrimental Compuesto (CND) (Parent *et al.*, 1995) así también los que hacen una comparación en la

concentración de un solo elemento como lo es la Desviación Optimo Porcentual (Montañes, 1993) el cual es un método de fácil aplicación y practico en comparación con el DRIS y CND, además de que es confiable ya que presenta una gran coincidencia en los resultados en el Orden de Requerimiento Nutrimental con los métodos dinámicos mencionados (Esqueda 2003).

El entorno de la nutricional vegetal es bastante complejo pero una vez que conocemos los diversos variables incidentes en la sintomatología, podremos controlarlas. El hambre escondida, es una etapa asintomática en la que la planta requiere de los elementos nutritivos y estos, no los está obteniendo, siendo muy complicada su detección. El hambre oculta se puede presentar en cualquier momento del desarrollo de nuestra planta, al no detectarse y corregirse nos causará problemas en el desempeño, muy difícil de compensar.

Conjuntado lo anterior, se precisa lo siguiente:

- La estructuración de un plan de manejo nutrimental debe comenzar por conocer el sistema de producción para determinar el rendimiento máximo alcanzable y la demanda.



- Adquirir las técnicas de diagnostico apropiadas que permitan conocer el estado nutrimental del sistema de producción y la capacidad de abastecimiento nutrimental.
- Entender la dinámica de los nutrimentos aplicados en el sustrato o suelo, así como en la planta, la naturaleza de sus respuestas, para sucesivamente diseñar prácticas de ajuste necesarias.

- Entendimiento de las tecnologías de uso de los fertilizante, ya que se deducirá el cuando, como y que forma de fertilizante debe aplicarse y la relación entre esas y la eficiencia de los fertilizantes.

Es importante conocer las variables inherentes a la problemática que engloba el estatus nutrimental durante todo su periodo de crecimiento, para que en estas presenten una tendencia hacia el máxima despliegue y optimización de los recursos genéticos que el tomate contenga.

#### **1.2.5.1. Elementos esenciales**

Se encuentran identificados 16 elementos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de todas las plantas. Entre los elementos esenciales se incluye también el Carbono, Hidrogeno y Oxigeno derivados del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y compuestos nitrogenados. Otra clasificación de los elementos esenciales divide a estos en metales y no metales: entre los metales e incluyen: K, Ca, Mg, Na, Si Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Co y V, entre los no metales: N, P, S, B, Cl.

Las plantas absorben los minerales esenciales por medio de iones inorgánicos disueltos en el agua; En condiciones naturales, el suelo actúa como reserva de nutrientes minerales pero el suelo en si no es esencial para que la planta crezca. Cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la planta son capaces de absorberlos. Cuando los nutrientes minerales son introducidos dentro del suministro de agua de la planta, ya no se requiere el suelo para que la planta prospere; bajo este principio es que la hidroponía es una herramienta eficiente para la producción de diversos cultivos.

En los cultivos Hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo sales fertilizantes en agua para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores: proporción de iones añadidos y los requeridos por el cultivo, solubilidad de la sal, costeabilidad y disponibilidad del fertilizante (Resh 2001)

### CUADRO 3. Elementos esenciales y su forma de asimilación

Elementos esenciales	Forma de asimilación
C, O, N, S	Iones en solución ( $\text{NO}_3^-$ $\text{HCO}_3^-$ $\text{NH}_4^+$ $\text{SO}_4^{2-}$ ) o gases en la atmósfera ( $\text{O}_2$ $\text{N}_2$ $\text{SO}_2$ )
P, B	Iones en solución ( $^{-2}\text{PO}_4$ $^{-3}\text{BO}_3$ )
K, Mg, Ca, Cl	Iones en solución ( $\text{K}^+$ $\text{Mg}^{+2}$ $\text{Ca}^{+2}$ $\text{Cl}^+$ )
Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	Iones y quelatos en solución ( $^{+2}\text{Cu}$ $^{+2}\text{Fe}$ $\text{Mn}^{+2}$ $\text{MoO}$ $^{+2}\text{Zn}$ )

FUENTE: Jones Jr 1991

#### 1.2.5.1.1. Nitrógeno y el Nitrato como forma asimilable ( $\text{NO}_3^-$ )

Las sales solubles de Nitrógeno se pierden fácilmente por lixiviación, su presencia favorece la descomposición de la materia orgánica fresca al alimentar a los microorganismos (Graetz 1997) Es un elemento esencial que la planta requiere para su desarrollo, y su presencia en el suelo es resultado de la acción biológica y la fertilización, que originan formas nitrogenadas simples como compuestos amónicos, nítricos y nitrosos, que de manera natural son deficientes más que cualquier otro elemento.

En términos generales este elemento constituye en término medio 2% en peso seco de las plantas encontrándose mayor contenido del elemento en los tejidos jóvenes, oscilando entre 5.5 y 6.5% en peso seco. Las hojas suelen estar más provistas de nitrógeno que el resto de órganos. El nitrógeno dentro de la planta, se encuentra fundamentalmente en forma orgánica (amoníaco = ácido glutámico y apartijo = proteínas y ácidos nucleicos) una vez que ya fueron asimilados de su forma inorgánica. La integración del nitrógeno en la planta es a través de las raíces bajo dos formas, la nítrica y la amoniacal.

Factores como la edad de la planta, la especie, el pH del suelo, la composición del mismo, la fuente de fertilizante, etc., determinan la absorción de una u otra forma, pero preferentemente las plantas toman el nitrógeno en forma de nitrato.

En particular para el tomate, *Lycopersicon esculentum*, se ha encontrado que tiene efectos benéficos en la floración, incrementa el número de flores en la primera inflorescencia; posteriormente los niveles de nitrógeno totales disminuyen desde la formación del fruto hasta el inicio de la madurez encontrándose un pequeño aumento en N proteico precediendo al pico climatérico. Las fertilizaciones nitrogenadas tienen

influencia durante el llenado del fruto, aunque no significativamente, pero elevan el contenido de algunos aminoácidos, particularmente glutámico y aspártico que participa en el aroma del fruto. En una planta adulta 25% del N y K se encuentra en las hojas, mientras el fruto contiene el resto. Por debajo de un pH 5 pueden presentarse deficiencias. (Máster II de Nutrición Vegetal 1995).

#### **1.2.5.1.2 Fósforo y el Fosfato como forma asimilable ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )**

Participa de forma esencial en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, dada su presencia en las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfato. Cuando existe una deficiencia de fósforo complementada con nitrógeno y potasio, una deficiencia mineral, la iniciación de las flores se retrasa y si la deficiencia se prolonga provoca aborto de las flores. La aplicación de este elemento se realiza de fondo en un 50% para homogeneizar el crecimiento inicial y progresivo. Un problema que se presenta es que cuando existen temperaturas bajas en el suelo, menores a  $13^\circ\text{C}$ , su liberación es muy pobre, siendo conveniente su aplicación en las proximidades de las raíces para que la planta pueda tomarlo. Si la temperatura no asciende por encima de los  $13^\circ\text{C}$  la raíz es incapaz de tomarlo y se presentara deficiencia del elemento. La carencia de fósforo se puede definir como verdadera o inducida, la primera debida a una ausencia real del elemento o inducida por la limitante térmica.

La mayor parte del fósforo se absorbe como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y en menor proporción  $\text{HPO}_4^{2-}$ , la primera forma se absorbe 10 veces más rápido, aunque depende mucho del pH del suelo.

Las plantas presentan una elevada capacidad de acumulación de fosfato, que se encuentra en el fluido del xilema a una concentración hasta 1000 veces mayor que en la solución del suelo.

Este elemento es determinante en la germinación de las semillas, el metabolismo de las plántulas, la maduración de frutos y semillas y desarrollo radicular (Reyes 1990) siendo lo estados iniciales de crecimiento mas críticos respecto a este elemento.

La concentración de los diferentes iones fosfato varia en función del pH de la disolución:

Cuando el pH es bajo, la forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  es la predominante, presentando una concentración máxima a pH 4. La forma divalente  $\text{HPO}_4^{2-}$ , alcanza su máximo a pH 9. Los dos iones se encuentran en equilibrio a pH 7. (Máster II de Nutrición Vegetal 1995)

#### **1.2.5.1.3 Potasio (K)**

El nitrógeno, fósforo y potasio suponen más de 90% del contenido en minerales. Durante el desarrollo del fruto, el nitrógeno y el fósforo disminuyen desde 3% a 0.6% y de 2% a 0.4% de la materia seca, respectivamente, mientras el potasio permanece constante, alrededor de 3%.

El potasio representa 85% de los cationes en el fruto, siendo el más abundante, y su acumulación es proporcional a la de materia seca. Esta relación varía con la concentración de potasio en la solución nutritiva o en su caso en las condiciones del cultivo. El aumento en el suministro de potasio incrementa la acidez y el color del fruto. El contenido de potasio guarda una relación muy estrecha con la acidez del tomate, ya que el jugo de tomate se comporta como un tampón constituido por ácidos débiles (cítrico y málico) y bases fuertes (fundamentalmente potasio), entonces con una fertilización elevada en nitrógeno y potasio favorece la acidez del tomate evitando alteraciones en la maduración y rendimientos. La deficiencia del potasio produce un acortamiento en el periodo de crecimiento del fruto y aumenta el máximo de la respiración climatérica, siendo de gran importancia en la calidad del fruto. Estrictamente son dos funciones las que realiza: metabólica como osmorregulador en la abertura y cierre estomático, iónica neutralizando a otros aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, en donde se intercambia con gran facilidad con otros minerales, tales como el sodio, calcio y magnesio, principalmente, tanto en los tejidos aéreos, como en la zona de absorción radicular (Llanos 1984). Es muy importante contemplar las interacciones de K con los demás cationes en el medio nutritivo de la planta así como en el suelo, ya que se ven influenciados unos con los otros en el metabolismo vegetal y en su absorción por las plantas.

#### **1.2.5.1.4 Calcio (Ca)**

Es un constituyente esencial y fortalece la estructura de la planta al formar compuestos que son parte de las paredes celulares del tallo y de las hojas; 70% de Ca total de la planta es retenido por las hojas, mientras los frutos solo contienen un 5% y, a diferencia del potasio, una vez asimilado por las hojas, la translocación del Ca al fruto es muy escasa. Entre las causas que pueden dar lugar a una deficiencia en el fruto se encuentra una nutrición inadecuada, el crecimiento rápido del fruto, salinidad elevada en la zona radical, el abonado excesivo con nitrógeno amoniacal, etc.

El Ca juega un papel importante en el crecimiento vegetal adecuado, también permite tener y mantener una buena estructura y pH correcto debido a que Ca promueve la descomposición de la materia orgánica, liberación de nutrientes y proporciona una buena retención del agua. Sin embargo un exceso provoca una deficiencia de potasio, fósforo, magnesio, zinc y hierro (Graetz, 1997).

#### **1.2.5.1.5 Magnesio (Mg)**

El Mg es un componente fundamental y específico de la clorofila, mantiene un equilibrio dinámico con otros cationes es especial con el potasio y el calcio. Es un cofactor necesario en muchas reacciones enzimáticas, en especial las de síntesis, degradación y utilización de los hidratos de carbono por la planta y al igual que el K.

El Mg favorece el estado de hidratación de los coloides, también contribuye positivamente a la nutrición fosfórica de la planta. (Nuez F. *et al.* 2001, Grajales O. 2006).

### **1.2.5.2 Influencia del pH en la asimilación de los nutrimentos**

La planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de PH del sustrato sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se encuentren en cantidad suficiente o se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

El pH ejerce sus efectos principales en la asimilabilidad, la capacidad de intercambio cationico y la actividad biológica; la asimilabilidad de los elementos nutritivos es afectada por el pH. Con pH's de 5 a 7, la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de 5 pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg,, B, etc., mientras por encima de 7, pueden disminuir la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn, y Cu. Los óxidos metálicos (de Fe, Mn, Cu, Zn, etc.) se hacen más solubles al bajar el ph por debajo de 5, pudiendo llegar a resultar fitotoxicos.

### 1.2.5.3. Síntomas de Deficiencia y Toxicidad Nutricional

CUADRO 4. Nutrientes y su sintomatología

<i>NUTRIENTE</i>	<i>SINTOMA-DEFICIENCIA</i>	<i>SINTOMA-TOXICIDAD</i>
<u>Nitrógeno</u>	Clorosis generalizada en hojas adultas, acumulación de antocianinas (color púrpura) en nervadura principal, plantas alargadas.	Exceso de follaje, desarrollo lento de raíces, retardo en la floración, producción escasa de fruto
<u>Fósforo</u>	Enanismo en la planta, color verde intenso, pigmentaciones violetas en hojas jóvenes, tonalidades y moteados de puntos secos confundibles con el “Tomato Bushy Stunt Virus” (TBSV)	Gran desarrollo radical y poco desarrollo foliar. Interviene generando deficiencias de micronutrientes, siendo el Fe o Zn los primeros en ser afectados.
<u>Potasio</u>	Clorosis intervenal en hojas adultas: Folíolos de 2 maneras 1) Viejas: Clorosis del limbo y nervaduras verdes, márgenes rizados 2) Jóvenes: Bordes necrosados y se curvan levemente hacia el haz, transcurrido el tiempo, moteado clorótico internervial.	Interferencia en la absorción y disponibilidad fisiológica de Ca y Mg, ocasionando deficiencia de ambos, en donde el Mg es primero en ser afectado.
<u>Calcio</u>	Debilidad de los tallos, pérdida de firmeza, mayor susceptibilidad de la raíz al ataque de patógenos Clorosis reticulada en hojas jóvenes, en envés color pardo oscuro y bordes enroscamiento de los puntos de crecimiento hasta llegar a su muerte, desarrollo radical pobre., incidencia de “podredumbre apical”.	Interferencia de Mg y K, provocando una deficiencia dependiendo de la concentración de estos en la planta.
<u>Magnesio</u>	Hojas viejas, clorosis marginales que van progresando hacia al centro como clorosis internervial. Moteado necrotico en hojas cloróticas.	No existen síntomas específicos de toxicidad pero si su contenido es alto, >1.0%, el crecimiento se vera reducido.
<u>Azufre</u>	Hojas jóvenes rígidas curvadas hacia abajo, clorosis leve generalizada, sucesivamente mas pronunciada en hojas jóvenes. Crítico, puntos púrpuras internerviales Crecimiento excesivo de la raíz. Deficiencia confundible con la de N.	Senescencia prematura en hojas.
<u>Boro</u>	Crecimiento anormal de los meristemo apicales, eventualmente presentan marchites y mueren. En hojas intermedias tonalidades amarillas y naranjas. Pecíolos muy quebradizos y apariencia extraña del tejido vascular	Hojas superiores amarillentas, seguida de una necrosis. Eventualmente presenta una apariencia de daño por exceso de temperatura.
<u>Cloro</u>	Clorosis en hojas jóvenes y pérdida de turgencia de la planta	Amarillamiento prematuro en hojas, marchites del limbo. Bronceado y cuarteamiento de las hojas.

<u>Cobre</u>	Reducción y distorsión en el crecimiento de hojas jóvenes, donde los márgenes se rizan en forma de tubo. No existe clorosis o necrosis. Hojas terminales pequeñas rígidas y dobladas. Critico: moteado en nervaduras.	Inducción de deficiencia de Fe y clorosis. Crecimiento de la raíz suspendido, inhibición de la elongación de las raíces laterales
<u>Hierro</u>	Clorosis internervial en hojas jóvenes, comenzando en los márgenes. Nervaduras secundarias permanecen verdes, dando una apariencia de retícula de nervios verdes sobre un fondo de tejido amarillo. No existe necrosis En hojas adultas se presenta clorosis cuando la deficiencia es muy pronunciada.	Bronceado de las hojas con pequeños puntos de color café.
<u>Manganeso</u>	Hojas medias y viejas se tornan pálidas, progresivamente las jóvenes, reticulado de nervaduras verdes y bordes, y la zona internervial amarillenta	Hojas adultas presentan puntos cafés, rodeados por una zona clorótica.
<u>Molibdeno</u>	Deficiencia muy generalizada, donde las hojas jóvenes amarillentas pálido entre nervaduras, bordes rizados hacia el haz en forma de tubo, necrosis empieza en las zonas amarillas. Acorchamiento de todas las hojas.	Exceso del elemento no tiene efecto dañino en la planta.
<u>Zinc</u>	Deficiencia confundible con la de N. Clorosis internervial irregular en hojas nuevas, produciendo una apariencia en banda. Tamaño de hojas viejas y terminales más pequeñas de lo normal. Pecíolos rizados hacia abajo, hojas completamente enrolladas. Con deficiencia severa, muerte y caída prematura de hojas	Con la planta sensitiva al Fe, presentara clorosis

Fuente: Fisiología Vegetal (Grajales 2005) el cultivo del tomate de (Nuez 1991), Hidroponic food Production, Howard M. Resh.

### **1.2.6 Producción en invernadero**

El sector agrícola actualmente se encuentra eficientando los recursos de que dispone. Esto puede implicar el incremento en la producción en pequeñas superficies, con alta variación de clima, agua, heladas y limitaciones de fertilidad de suelo utilizando los sistemas de producción intensiva para contrarrestarlo. Utilizar este sistema involucra la inversión de grandes capitales, pero totalmente rentable aun considerando las condiciones políticas, económicas y sociales del entorno.

La definición del cultivo forzado o protegido es aquel que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo se actúa en el acondicionamiento del microclima que rodea la planta. Un punto importante, es que existe modificación del ambiente climático, pero el cultivo forzado engloba también todas aquellas técnicas como fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal, que inciden en los objetivos que persigue el cultivo protegido, definidos por el incremento de la producción, la mejora de la calidad y la precocidad de la cosecha. Para realizar lo anterior el invernadero es el instrumento de producción vegetal capaz de lograr los objetivos anteriores.

El uso de protecciones plásticas o abrigos climáticos así como los túneles también alcanzan los objetivos de producción, precocidad y calidad, pero se alejan de las dos características: eficiencia y funcionalidad, que de una forma simultánea han de coincidir para lograr la denominación de invernadero. La climatización artificial y la regulación climática son los dos condicionantes técnicos que hacen la diferencia para alcanzar el uso del concepto invernadero estrictamente. (González 1995)

### **1.2.7 Hidroponia**

El incremento acelerado de los seres humanos ha ocasionado que los volúmenes de producción se incrementen en forma muy importante, casi exponencialmente, por esto, la hidroponía se ha hecho una herramienta básica para la producción comercial con una antigüedad solo de 50 años. En este periodo relativamente pequeño, esta ciencia se ha adaptado a muchas situaciones, ya que la incidencia del medio, así como los fenómenos meteorológicos, la falta de cuidado de los suelos, uso excesivo de pesticidas, etc., han ocasionado inevitablemente todos aquellos factores en conjunto modificaciones que se traducen en limitantes para el desarrollo de los cultivos. La hidroponía en general provee una intensa producción de alimento con alta calidad en espacios y terrenos no aptos para el cultivo. En hidroponía se utilizan materiales que son química y biológicamente inertes, donde un sustrato puede sustituir al suelo bajo condiciones controladas, y proporcionar a la planta un medio adecuado para su crecimiento y óptimo desarrollo, estas particularidades a su vez favorecen el equilibrio de las características de la solución nutritiva, evitando el desperdicio de elementos nutricionales y agua. La solución nutritiva es el principio fundamental de este sistema, ya que etimológicamente su significado *hidro*= agua y *ponos*= trabajo o labor, hablan de ello. Bajo este sistema de nutrición se ha logrado obtener en una hectárea de cultivo en invernadero de 280-300 toneladas de tomate por cosecha (Samperio 2005).

### 1.2.8 Diagnostico nutrimental

Una vez teniendo claro que existen diversos métodos de diagnostico para sucesivamente tomar medidas correctivas de forma efectiva, se tiene que comprender que los factores nutrimentales forman parte de un conjunto factores que engloban el desempeño y por ende el potencial de rendimiento.

CUADRO 5. Factores que afectan el desempeño de las plantas y su origen

Origen	Factor
Genético	Potencial de producción de la biomasa Demanda nutrimental (tolerancia, exigencia)
Climático	Radiación Temperatura Concentración de CO <sub>2</sub> Periodo libre de heladas Precipitación Contaminación
Edáfico	Capacidad de almacenamiento de agua - profundidad - Volumen de poros (estructura) - Textura - pendiente Composición de la atmósfera del suelo Ambiente químico - abastecimiento nutrimental - presencia de sustancias nocivas
Biótico	Plagas - virus - hongos - bacterias - insectos - malezas Organismos benéficos
Manejo	Preparación del área - suelo Oportunidad de las labores Eliminación de los factores restrictivos

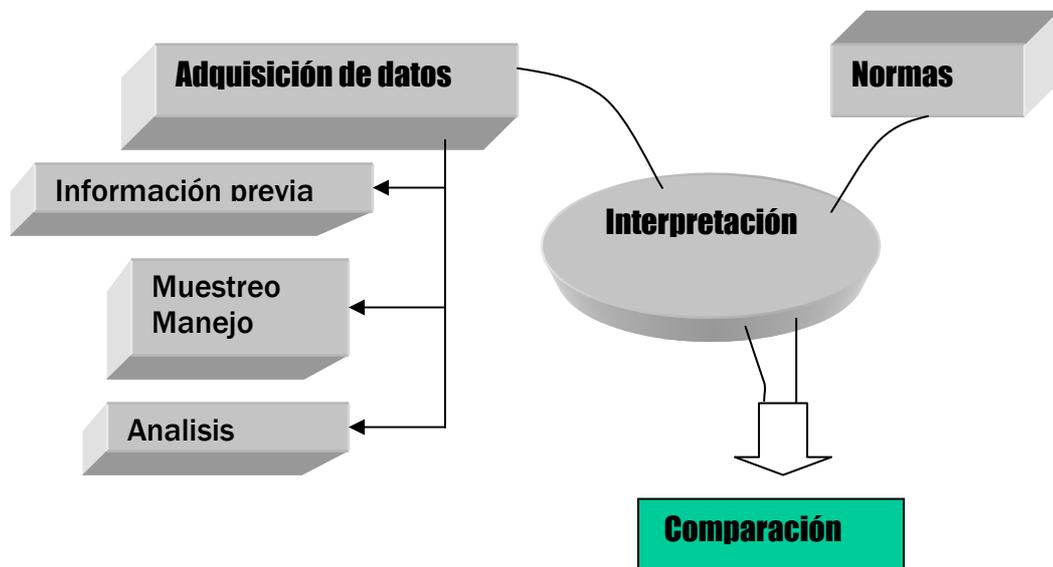
---

Para la realización de un diagnostico nutrimental funcional se deben considerar dos procesos principales.

1. Adquisición de datos, que implica obtener toda la información previa que se disponga del cultivo, así también, el muestreo y preparación de las muestras para finalmente determinar o analizar.

La información que se recolecta debe cubrir con el objetivo del análisis al final del diagnóstico, para que tenga significado.

2. Interpretación de los resultados de los análisis y de todos los demás datos previos. Para la interpretación, se requiere del uso de referencias o normas. Si se dispone de estas normas, una simple comparación de los resultados con las normas es suficiente para consumir nuestro objetivo de diagnóstico.



F2. Procesos para el Diagnóstico.

Tomado de: Mineral Nutrition and Fertilizer Use for Deciduous Fruit Crops Acta Hort. 448. ISHS 1997

### **1.2.8.1 Análisis químico del tejido vegetal**

El análisis del tejido de una planta se basa en el principio de la medición de la concentración de un nutriente dentro de la planta, el cual es un valor que integra todos los factores que interaccionan para afectarlo, de otra manera, los factores que influyen el crecimiento de las plantas y su rendimiento, en general su desempeño, son múltiples.

Los objetivos del análisis químico del tejido vegetal se resumen de la siguiente manera (Etchevers 1987):

- Diagnosticar o confirmar deficiencias, toxicidades o imbalances.
- Identificar o predecir deficiencias nutricionales que no son aparentes.
- Servir de bases para hacer recomendaciones de fertilización.
- Controlar la efectividad de prácticas de fertilización.
- Determinar la cantidad de un elemento que es removida del suelo por un cultivo.
- Estima el estado nutricional general de ciertas regiones, distritos o tipos de suelo.
- Predecir rendimientos.
- Estudiar tendencias nutricionales en un intervalo de tiempo

Un tipo de relación que constituye la base de la mayoría de los esquemas que se emplean en el análisis químico es la que envuelve el rendimiento, la concentración de un nutriente y el suministro de este por el suelo o el material fertilizante. Las respuestas a los fertilizantes pueden ser evaluadas de por lo menos tres formas:

- 1) Por comparación de los rendimientos de parcelas repetidas en experimentos de campo;
- 2) Por comparación de los resultados del análisis vegetal con niveles críticos de los nutrimentos indicándonos las condiciones nutrimentales del cultivo para ese momento pudiéndose hacer extenso a todo el ciclo.
- 3) Por la combinación de los dos métodos-anteriores.

Cuando el análisis vegetal es utilizado para evaluar la efectividad de los fertilizantes, es frecuente que se tengan que hacer cambios en el programa de fertilización inmediatamente o cuando mas tarde en el siguiente ciclo de cultivo. Fundamentalmente el cultivo a través del análisis vegetal, informará al productor si el abastecimiento de nutrimentos es o no suficiente, para sus requerimientos. (Alcantar y Sandoval. 1999)

Independientemente de que existan una gran cantidad de métodos químicos cualitativos y cuantitativos desarrollados y adaptados para el análisis mineral del tejido vegetal,

existe una opción que actualmente tiene gran auge, los análisis minerales de savia de los tejidos conductores.

Los tejidos conductores (tallos, pecíolos, brotes axilares) se encuentran en una relación permanente y directa entre la fuente de aprovisionamiento y las zonas de utilización de los elementos minerales (hojas y frutos) y constituyen un indicador mejor adaptado.

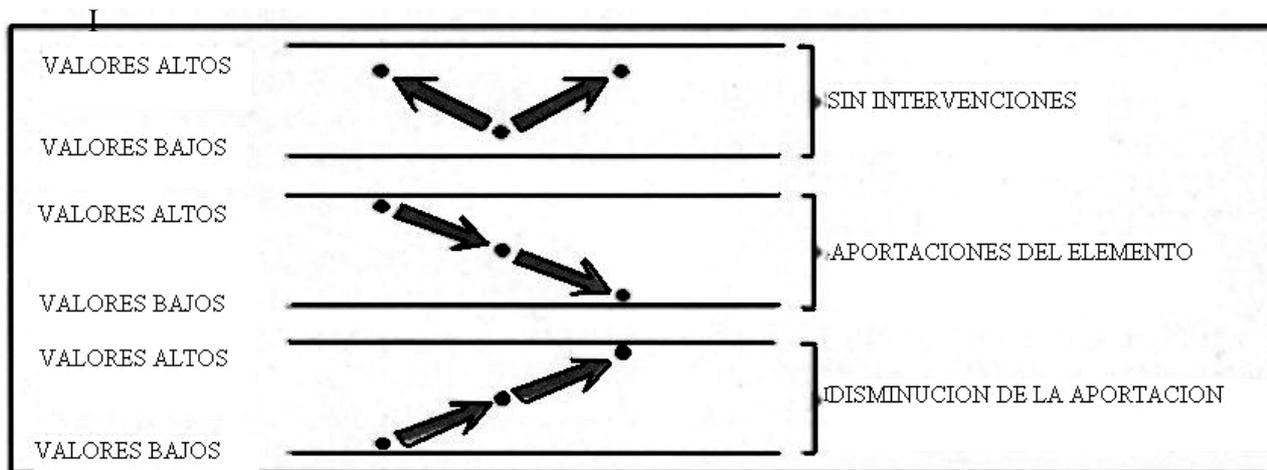
Estos análisis interesan principalmente las especies químicas presentes en los extractos celulares de los tejidos conductores  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  además de  $\text{Na}$ ,  $^{2+}\text{Fe}$ ,  $^{2+}\text{Zn}$ ,  $^{2+}\text{Cu}$ ,  $^{2+}\text{Mn}$ , el pH y la conductividad eléctrica de la savia.

Un argumento que justifica el uso de esta técnica es que la cantidad global de un elemento presente en el jugo vegetal refleja las condiciones de absorción, y la fracción iónica de un elemento mineral constituye un excedente o una reserva de donde el vegetal se abastece según sus necesidades. La técnica del análisis de la savia esta mejor adaptada al seguimiento de una planta anual con crecimiento rápido que la técnica del análisis foliar.

Para poder realizar una fertilización acertada con este método tenemos que tomar en cuenta que no podemos rastrear la evolución de cada elemento en función del tiempo ya que el-flujo y la concentración en elementos minerales contenidos en los tejidos conductores varían en función de numerosos parámetros, en particular:

- Insolación.
- Hora del día
- Edad y el estado de desarrollo de la planta
- Temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

Al obtener los valores de los dos muestreos subsecuentes, sabremos el comportamiento del elemento nutrimental y con base a la Figura 3, se modifica la fertilización. Las escalas de valores altos y bajos han sido experimentalmente establecidos: el valor bajo, constituye el umbral de carencia (determinado para un cultivo en específico, para cada elemento); el valor alto, es el inicio de concentraciones provocando antagonismos.



F3. Esquema de fertilización basado en el análisis de savia

Tomado: La fertirrigación en cultivos hortícola con acolchado plástico 1999.

Se demostró que los diferentes sistemas de cultivo sobre la alimentación mineral en diferentes sustratos no provocan diferencias significativas debidas al tipo de cultivo o sustrato sobre el contenido mineral de la savia; el desempeño de la planta no depende de los sistemas de cultivo sino de una fertilización correcta (Bargueño 1999).

La base de análisis no es en normas preestablecidas, aunque la recopilación de cuantiosos datos producidos por diferentes investigaciones puede servir de base fielmente, como las más de 500 realizadas en el valle de Culiacán, obteniendo los siguientes valores:

CUADRO 6. Parámetros de concentración en extracto celular para tomate.

Análisis de savia del Tomate

Concentración de elementos minerales (ppm)

	$NO_3^-$	$H_2PO_4^-$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$^{+2}Zn$	$^{+2}Cu$	$^2Fe$	$^{+}Mn^{+2}$
Nivel 1	1,300	280	4,500	200	270	50	2	3	1.3	3
Nivel 2	1,000	200	3,600		200	30	1.2	1.6	1	2
Nivel 3	850	170	3,300	50	180	10	0.6	0.7	0.4	0.7

Tomado: La fertirrigación en cultivos hortícola con acolchado plástico 1999.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Las cifras presentadas no representan los valores máximos o mínimos encontrados, ni el promedio de estos, son valores de concentración en elementos minerales considerados como suficientes para llevar a cabo un buen manejo nutricional de los cultivos mediante practicas de fertirrigación

Las concentraciones de los elementos minerales en la savia se presentan en el cuadro 7, en tres niveles, los cuales han sido clasificados como:

- Nivel 1: concentración de elementos minerales en donde las plantas presentan niveles de crecimiento óptimo, habiendo tendencia a concentraciones superiores que indiquen un exceso de aplicación de fertilizantes.

- Nivel 2: concentración de elementos minerales en donde las plantas se desarrollan normalmente. Entre estos dos niveles se sitúan las concentraciones óptimas de nutrientes en la savia, para la culminación de un cultivo que explote en gran medida su capacidad genética de producción.

- Nivel 3: concentraciones cercanas a niveles de carencia de nutrientes, siendo necesaria una intervención oportuna. (Bargueño 1999.)

Las condiciones climáticas y el fotoperiodo son los principales inconvenientes para poder comparar los datos experimentales, los cuales se han cubierto, ya que los datos provienen de la misma zona demográfica.

#### **1.2.8.2 Desviación Óptimo Porcentual**

El método DOP (Desviación del Optimo Porcentual), considerado como estático, usa la comparación de la concentración del nutriente respecto a una norma, pero en una expresión porcentual. Determina la cantidad que un nutriente se desvía con respecto a esa norma individual, el método DOP es una metodología alternativa para interpretar los análisis del tejido vegetal. Una situación nutrimental óptima, para cualquier elemento, es definida por el índice DOP igual a cero, dando el orden de limitación tanto por exceso (Índices positivos mayores a cero) como por déficit (Índices con signo negativo), de cada uno de los nutrientes considerados.

Para obtener el índice DOP se requiere la siguiente ecuación:

$$I_A = A - a/a \times 100$$

Donde:

$I_A$  = Índice del nutrimento

A = Concentración nutrimental del dato obtenido en el análisis químico.

a = Media del nutrimento (norma)

Por último se calcula el índice de Desbalance Nutrimental (IDN). Esto es la suma de los valores absolutos de o los índices DOP (valores desprovistos de signo) como un indicador del grado de acercamiento de una muestra a la situación nutrimental óptima. En efecto, cuanto menor sea el valor absoluto de la suma de los índices más cerca del óptimo estará el conjunto de elementos considerados (Montañés *et al.*, 1991).

Para completar el método de diagnóstico es necesario puntualizar el orden de requerimiento nutrimental (ORN), el cual nos indicara qué nutrimento limitó mayormente el crecimiento del cultivo, pudiendo hacer un comparativo entre tratamiento o periodos de muestreos, como sea el caso.

Esta metodología es aplicable a todo tipo de cultivos siempre y cuando se tenga como referencia una norma o un valor medio del rango óptimo de concentración.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Establecimiento del experimento

#### 2.1.1. Localización del experimento

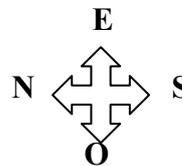
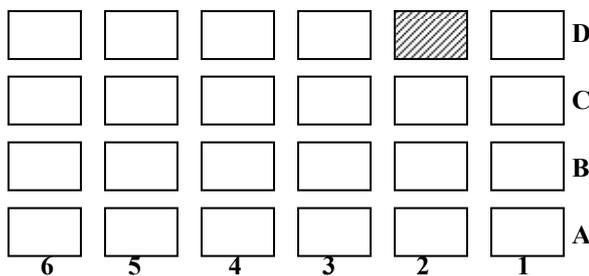
El trabajo se llevó a cabo dentro del complejo de invernaderos pertenecientes a la empresa Agrícola del Campo y Asociados S.A. de C.V., ubicada en el kilómetro 12 de la carretera a Navolato, en el municipio de Culiacán, capital del Edo. de Sinaloa, a una altura de 60 msnm, entre los 27° 02' norte, al sur 22° 29' de latitud norte; al este 105° 23', al oeste 109° 28' de longitud oeste.

El actual territorio de Culiacán colinda al norte con el municipio de Badiraguato; al sur con el Golfo de California; al este con el municipio de Cosalá y el estado de Durango; al oeste, con el municipio de Navolato; al noroeste con el estado de Durango; al noroeste con los municipios de Navolato y Mocorito y al suroeste con el municipio de Navolato y el Golfo de California. (INEGI 2006)

La Agrícola se encuentra dividida en 4 proyectos: Costera, Venecia, D-E, Casa sombra, cubriendo una superficie total de 64 Ha. de invernaderos.

El área donde se ubico el experimento, invernadero D2, pertenece al proyecto Venecia constituido por 24 invernaderos de media ha cada uno, con un total de superficie de 12ha.

#### PROYECTO VENECIA



F 4. Invernadero D2 – Proyecto Venecia

## 2.2 Condiciones experimentales

### *Material biológico.*

Se trabajó con semillas del híbrido Imperial 643 de polinización abierta, el cual presenta un crecimiento indeterminado caracterizándose por frutos de tipo bola semi-redondo, aplanado, coloración homogénea (sin zona pedicelar verde) a para consumo en fresco. Híbrido utilizado para producción en invernaderos y campo abierto, presenta resistencia a temperaturas calidas. Gran desarrollo radicular y buen cierre de fruto. (Enza Zaden semillas Catalogo 2006)

### *Unidad experimental.*

Consiste en una bolsa de polietileno de una capacidad de 20 kg c/u al 55%, con dimensiones de 40cm largo por 15cm de diámetro, utilizando como sustrato Tezontle rojo aproximadamente de media pulgada, comúnmente utilizado en México para establecer sistemas hidropónicos comerciales ya que cuenta con características favorables como buena capacidad de retención de humedad, buena aireación, es inerte, estéril, y económicamente accesible.

El proceso para dejar instalada la U.E<sup>1</sup>. Consistió de 3 pasos:

1. Limpieza de sustrato. Consistió en retirar las raíces y el tronco de la planta del cultivo anterior, ya que la mayoría del sustrato tiene más de 2 años de antigüedad y es reutilizado cada temporada.
2. Llenado. Una vez elegido el sustrato y el recipiente y/o bolsas y los litros por planta se llenan las bolsas manualmente con la ayuda de baldes o cubetas tarados a la medida.
3. Desinfección de sustrato. Consistió en colocar las estacas de riego del sistema, probar el riego, sellar las bolsas con grapas y aplicar el producto desinfectante, siendo este Mercaptan-sodio al .5% de concentración.

---

<sup>1</sup> U.E.: Abreviación de Unidad experimental.

(lic. Agr. Francisco Lerma, Jefe del área de producción del complejo Venecia, Agrícola del Campo y Asociados)

Foto c-d.



(c) Macetas con `producto aplicado 1



(d) Macetas con `producto aplicado 2

#### *Diseño experimental.*

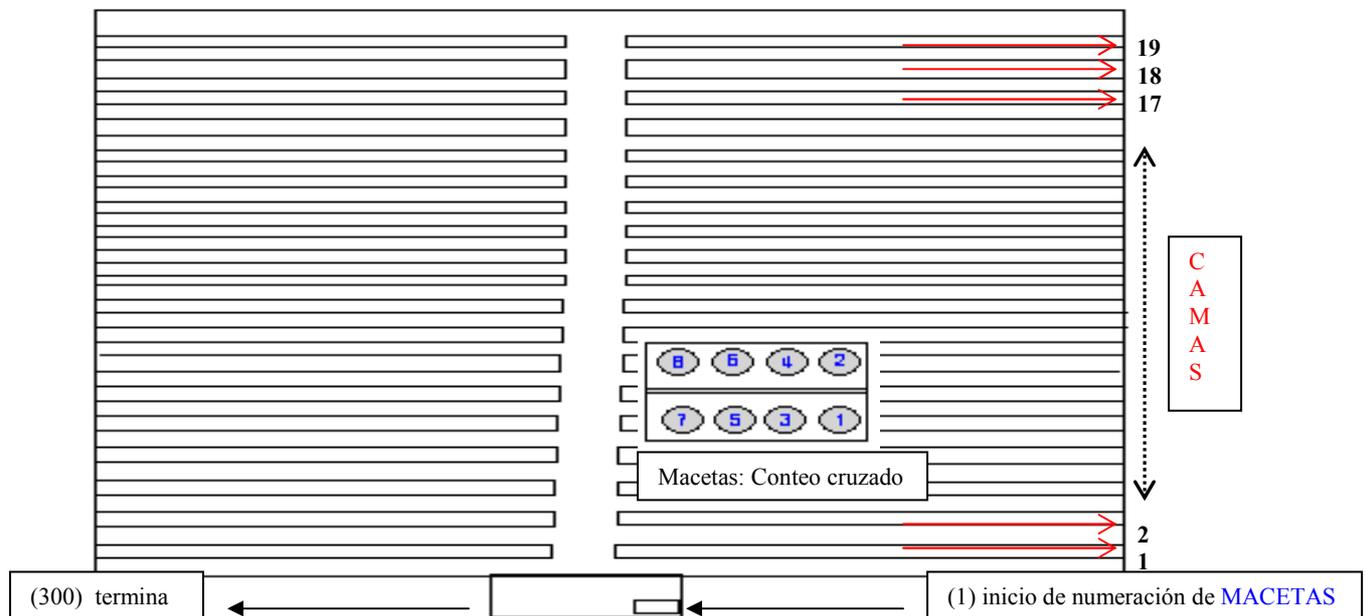
La distribución de las unidades experimentales se realizó completamente al azar; en el invernadero D2 se mantienen las mismas condiciones climáticas para toda el área, tanto la temperatura como la humedad, no existen oscilaciones.

El invernadero tuvo un arreglo para la temporada de 19 camas, cada cama integrada por 300 macetas, a cada una de estas se le asignó un número obteniendo 5700 unidades, estas se aleatorizaron y se obtuvo la localización de la U.E ya montadas en el invernadero. Se considera totalmente que el acomodo realizado por los especialistas en la agrícola implica un manejo agronómico estricto y funcional, el cual cubre con las expectativas tecnológicas para obtener producto de exportación, es debido a esto, que un área totalmente destinada a la producción intensiva no pudo ser dispuesta completamente al experimento, el cual se adecuó a los condiciones presentes.

CUADRO 7. Aleatorización.

**50 unidades registradas**

| (N°) CAMA-MACETA |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| (1) 5-141        | (11) 18-76       | (21) 13-171      | (31) 10-144      | (41) 11-38       |
| (2) 16-122       | (12) 4-152       | (22) 3-124       | (32) 9-149       | (42) 16-254      |
| (3) 13-270       | (13) 2-65        | (23) 8-178       | (33) 8-43        | (43) 17-145      |
| (4) 4-164        | (14) 11-105      | (24) 7-202       | (34) 17-60       | (44) 9-181       |
| (5) 7-238        | (15) 2-60        | (25) 15-300      | (35) 18-135      | (45) 13-172      |
| (6) 16-14        | (16) 14-290      | (26) 11-55       | (36) 13-255      | (46) 17-34       |
| (7) 1-36         | (17) 19-296      | (27) 4-82        | (37) 2-38        | (47) 14-37       |
| (8) 19-184       | (18) 16-125      | (28) 6-186       | (38) 17-204      | (48) 12-46       |
| (9) 14-63        | (19) 19-53       | (29) 12-237      | (39) 1-19        | (49) 9-1         |
| (10) 7-297       | (20) 15-132      | (30) 7-176       | (40) 16-213      | (50) 15-225      |

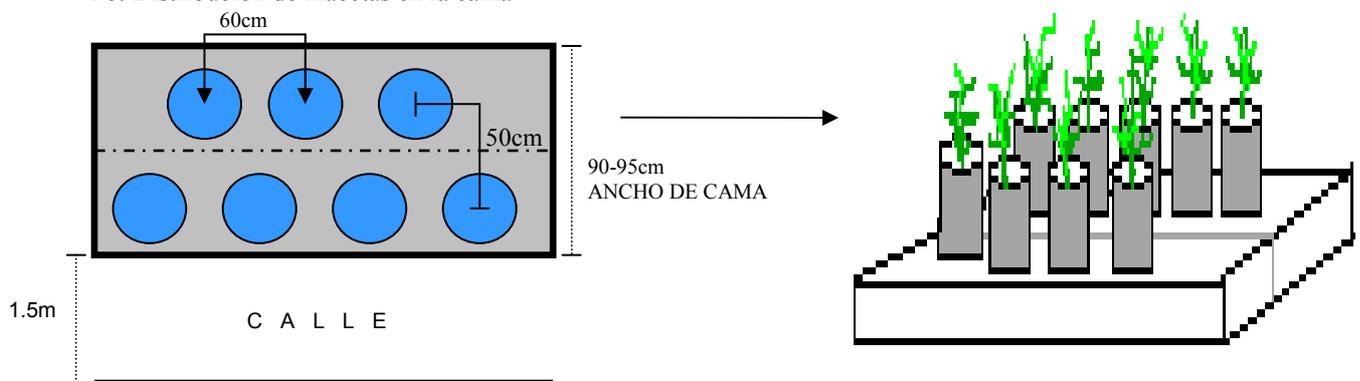


F 5. Arreglo de las U.E. (invernadero visto desde la parte superior) donde se muestra la orientación y su distribución en el invernadero.

Los números del cuadro 7 nos muestran cuales fueron las camas, así mismo, dentro de estas mismas camas la maceta correspondiente una vez realizada la aleatorización. Se obtuvieron un total 50 U.E, las requeridas para el experimento ya que el tiempo de evaluaciones abarca un periodo corto dentro del ciclo total del cultivo, iniciando desde septiembre y terminando a principios de diciembre, 4 de un total de 7 meses. Se comprende que cada cama tiene una distribución homogénea de macetas a doble hilera y se contabilizó de una manera cruzada abarcando cada una de ellas. Al llegar el día de muestreo se tomaron en total 5 U.E.

Para comprender totalmente la organización dentro del invernadero es necesario conocer la densidad de plantación utilizada la cual fue de 6.8-7 plantas/m<sup>2</sup> ya que en cada maceta se introducen 2 plantas. Comparando con otras densidades para variedades de consumo en fresco la manejada por los expertos de La Agrícola es muy alta, superando en mas de un 300% a las establecidas 1.8 a 2.1 plantas entutoradas y podadas/m<sup>2</sup> (Rodríguez *et al.*, 1984) teniendo un total de 22,800 plantas/Ha.

F6. Distribución de macetas en la cama



Fuente: Elaboración propia.  
*Repeticiones.*

Se utilizaron 5 U.E. por muestreo, tomando solo una de las dos plantas, los cuales se programaran para realizarse cada 7 días, en un total de 10 muestreos a partir del día 0 (transplante). Un total de 50 U.E. en un periodo de evaluación de 70 días, cubriéndose los estadios de crecimiento, fructificación y llenado de fruto.

#### *Análisis Estadístico.*

Para la interpretación de los resultados experimentales se efectuó una correlación para ver la influencia de cada uno de los parámetros morfológicos sobre el desempeño general de la planta conociendo los puntos críticos sobre el manejo agronómico.

#### *Variables evaluadas:*

A) Altura total de la planta.

B) Índice de área foliar (IAF) =  $\text{área foliar} / \text{planta} \times \text{N}^\circ \text{ de plantas} / \text{m}^2$

Area foliar (Largo de la hoja x ancho maximo de la misma, de todas las hojas)

C) Numero de hojas (descartando hojas germinales y las hojas que fueran muriendo durante este proceso)

D) Diámetro de tallo (realizando la medición entre las segundas hojas verdaderas y las terceras)

E) Peso fresco

F) Peso seco

El comportamiento de los parámetros morfológicos seleccionados se registró cada 7 días a partir de la fecha de transplante, incluyéndose las condiciones presentes en esta.

## **2.2.1 Trabajo de Laboratorio**

### **2.2.1.1 Métodos analíticos.**

Existen diferentes métodos para realizar estudios sobre el comportamiento nutrimental para diferentes especies vegetales, en estos mismos, se generalizan los principios para su realización eficaz, pero aun así presentan ventajas y desventajas que hacen de cada método una opción viable para cualquier circunstancia.

El método mas utilizado, es la digestión vía húmeda, la cual engloba diferentes técnicas individuales para la determinación de cada elemento nutricional, en el cual la muestra vegetal se descontamina superficialmente, se lleva a cabo un proceso de secado para minimizar los cambios biológicos-químicos en los tejidos y un macerado para que la muestra sea estable para su análisis. (Champán, 1984)

En otro método de uso más reciente, a diferencia del anterior, el material vegetal se maneja en fresco, es la del análisis del extracto celular de pecíolo. Consiste en extraer mecánicamente el extracto del pecíolo, órgano indicador que representa la condición nutrimental en la planta, en la cual también debe detenerse la actividad metabólica y de degradación, así como llevar un registro de fertilizaciones y aplicaciones de plaguicidas ya que implican una contaminación del material vegetal, de consideración para ambos métodos.

Utilizada confiablemente para determinar nitratos y potasio solamente, ya que son los nutrimentos más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos, particularmente de las hortalizas. Para la determinación de otros

elementos se puede recurrir a otra metodología, complementándose para cubrir los objetivos (Castellanos 2000).

Se tiene que contemplar que para mantener la calidad de los tejidos muestreados se deben transportar con rapidez al laboratorio descendiendo su temperatura para evitar pérdidas en peso seco, manteniéndola baja hasta que las muestras se puedan lavar y secar, o trabajar.

La parte de la planta que fungirá como muestra representativa para el análisis está estandarizada para cada especie vegetal, así mismo para los métodos existentes, a través de las investigaciones realizadas por los diferentes autores.

#### **2.2.1.1.1 Extracto celular Congelación-presión**

La técnica es simple, a través del congelamiento del material vegetal, se provoca un rompimiento de las membranas celulares al momento de que el agua se congela y expande liberando los líquidos, extractos que contienen los nutrientes que la planta está tomando del sustrato, los que está sintetizando como alimento, y los nutrientes que se encuentran fluyendo del sustrato a la planta. (Climente 1998)

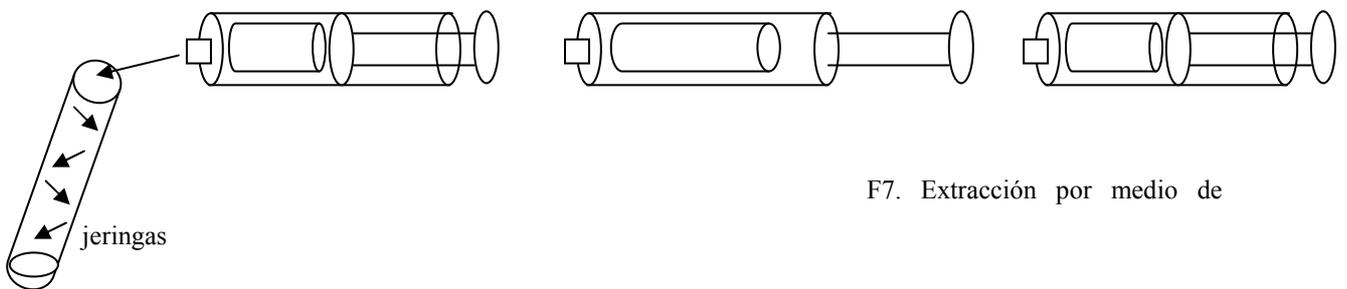
La técnica consiste en (comunicación personal):

1. Cortar segmentos de la planta (tomate en este caso), de la hoja y tallo.
2. Pesar el segmento en fresco
3. Lavar con agua destilada o des-ionizada.
4. Secar con material absorbente.
5. Se introduce el material en una jeringa de plástico.
6. Congelación de la jeringa por 24 horas en un refrigerador común.
7. Transcurridas las 24 horas, se descongela a temperatura ambiente cuidando de no exceder el tiempo de descongelamiento ya que puede existir contaminación de la muestra.
  
8. Descongelado el material vegetal de la jeringa, se extrae el líquido ejerciendo presión, vertiéndolo en un recipiente aséptico que se pueda sellar. Normalmente utilizando un tubo de ensaye.
9. Pesar el líquido obtenido de la extracción, por diferencia de pesos.

## 10. Filtración y disolución del extracto celular en un tubo de ensaye para realizar lecturas posteriores en cromatógrafo de iones

La muestra se puede almacenar congelada y así indefinidamente conservar la muestra intacta y utilizable.

La técnica de congelación-presión facilita el manejo de las muestras, ya que se realiza con rapidez la obtención de savia, evitando una manipulación excesiva del material así como una contaminación de tipo microbiano, además su aplicación en campo es más practica.



F7. Extracción por medio de

Previamente para que esta técnica sea funcional, se necesita conocer la cantidad de material vegetal en gramos de la especie vegetal de estudio y cuanto volumen se obtiene de extracto celular de este gramaje cubriendo las cantidades requeridas para un adecuado análisis. Debido a esto, en una planta de tomate ya desarrollada se pesaron diferentes cantidades en gramos de material foliar y de tallo para hacer de nuestro conocimiento la cantidad de extracto obtenido.

CUADRO 8. Volumen de extracción de material foliar

Peso en gr.	Volumen obtenido en ml.
0.2227	0.1
0.6147	0.2
0.6985	0.2
1.0	0.4
1.5982	0.3
4	Tallo: 1.3
	Hoja. 1.3
VOLUMEN REQUERIDO	Dependerá del N° de repeticiones y la disolución

### 2.3 Muestreo

#### 2.3.1 Tratamiento y manejo de muestras vegetales

Los muestreos serán manejados con exactitud y sin variaciones para que sean validas para el experimento, ya que la mayor variación recae en esta fase. El procedimiento de colecta de material vegetal requiere de todo el cuidado posible, puesto que los resultados del análisis solo serán útiles si el muestreo se ha realizado correctamente (Alcantar y Sandoval, 1999) La concentración de los elementos nutricionales varía según el periodo de crecimiento así también en la hora del día en la que se realiza la toma de muestra, es por esto que la selección del horario de muestreo tiene que ser regular considerando la intensidad luminosa, ya que la concentración de elementos disminuye en las horas de máxima luminosidad y viceversa, pudiendo encontrar una hora en el día estándar (Castellanos, 2000)

- Hora de toma: 9 AM. Tiempo de la montaña (UTC-7 Zona pacifico)

Se evitaron muestrear plantas cubiertas de polvo o suelo, así mismo, con daño ocasionado por insectos o enfermedades, y tampoco plantas marchitas por falta o exceso de agua o temperatura.

Otro aspecto de consideración, es que normalmente el material vegetal se encuentra contaminado por residuo de aspersiones de nutrimentos, insecticidas y fungicidas, y si no es de interés el hierro y el aluminio, y si existe exposición continua a la lluvia y la fertilización es localizada el lavado no es necesario (Alcantar *et al.*, 1999; Jones, 1996)

### **2.3.2 Análisis de la extracción celular por Cromatografía Iónica**

La cromatografía es un método que permite la separación, identificación y determinación de los componentes químicos en mezclas complejas. Ningún otro método de separación es tan potente y de aplicación tan general como la cromatografía.

El término de cromatografía es difícil definir ya que se ha aplicado ese nombre a varios sistemas y técnicas. Sin embargo, todos esos métodos tienen en común el uso de una fase estacionaria y una fase móvil.

En todas las separaciones cromatográficas, la muestra se desplaza con una fase móvil, que puede ser un gas, un fluido supercrítico, o un líquido como es el caso de los extractos celulares que se obtuvieron de las plantas de tomate.

El fundamento de la cromatografía se define de la siguiente manera: El líquido como fase móvil se hace pasar a través de una fase estacionaria con la que es inmisible, y que

se fija a una columna o a una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma, que los componentes de la muestra se distribuyen de modo distinto entre la fase móvil y la fase estacionaria. Aquellos componentes que son fuertemente retenidos por la fase estacionaria se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil; por el contrario, los componentes que se unen débilmente a la fase estacionaria, se mueven con rapidez.

Como consecuencia de la distinta movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas o zonas discretas que pueden analizarse cualitativa y/o cuantitativamente (Gómez. 2006).

## **2.4 Manejo agronómico**

### **2.4.1 Siembra**

Se realizó el 22 de agosto del 2006 utilizando charolas de 128 cavidades directamente en peat moss con fórmula nutritiva, así también vermiculita como sellador de la charola, estas se mantuvieron en cámaras oscuras por tres días, brindando las condiciones óptimas para su germinación. Se fertilizó con Nitrato de calcio-Nitrato de potasio al 1% así mismo una solución de 20-20-10 solución comercial preparada por los especialistas de La agrícola para aplicarse de manera regular en cada riego.

Los riegos aplicados variaron de acuerdo al comportamiento de la planta, especialmente cuando esta presentaba un debilitamiento general caracterizándose por pérdida de turgencia, pero normalizándose a tres riegos aplicados por día en esta etapa.

El tiempo de vivero comprendió aproximadamente 30 días. Entre los primeros 20 días, la planta tiene un periodo de acondicionamiento climático crítico donde es más susceptible a la incidencia de enfermedades y estrés de cualquier índole, además de que se le realiza un injerto de las variedades Beafort y Multifort que brindan características de resistencia a enfermedades y mayor vigor, una de las mayores innovaciones que existe en la región,

donde se necesita una gran infraestructura para mantener y acondicionar a la planta para este proceso donde los niveles de humedad, asepsia, y el personal capacitado se deben cuidar a cada momento.

FOTOS: e-h VIVERO



(e) Planta injertada



(f) Planta en vivero 1



(g) Planta en vivero 2



(h) Aplicación de riego



### 2.4.2 Riego

El suministro de los riegos se llevo a cabo con un sistema de riego por goteo con una distribución de 4 goteros auto compensados por maceta, dos por planta separados aproximadamente 15cm uno del otro con un gasto nominal de  $4 \text{ Lh}^{-1}$ .

La frecuencia de los riegos dependió de la etapa de desarrollo del cultivo, ya que estos se fueron incrementando a medida que se desarrollaba el cultivo y su demanda de agua era mayor.

CUADRO 9. Control de riegos

VARIACIONES DE RIEGO

N° RIEGOS/DIA	E T A P A S				
	TRANSPLANTE (saturación)	CRECIMIENTO VEGETATIVO		FRUCTIFICACION	
1-	7:00- 5 x 40*	7:40- 4 x 60	7:40- 4 x 50	7:20- 4 x 50	7:20- 4 x 50
2-	7:40	8:40	8:30	8:10	8:10
3-	8:20	9:40	9:20	9:00	9:00
4-	9:00	10:40	10:10	9:50	9:50- 4:30 x 40
5-	9:40	11:30- 5 x 50	10:50- 5 x 50	10:30- 5 x 50	10:30
6-	10:20	12:20	11:40	11:20	11:10
7-	11:00	13:10	12:30	12:10	11:50
8-	11:40	14:00	13:20	13:00	12:30
9-	12:20	14:50	14:10	13:50	13:10
10-	13:00	15:40	15:00	14:40	13:50
11-	13:40	16:40- 4 x 60	15:50	15:30	14:30
12-	14:00	17:40	16:30- 4 x 60	16:10- 4 x 60	15:10
13-	14:40		17:30	17:10	16:10- 4 x 60
14-	15:20		-----	-----	-----
15-	16:00		-----	-----	-----
16-	16:40		-----	-----	-----
17-	17:20		-----	-----	-----
FECHA	20 SEP- 9 OCT	10 OCT-20 OCT	21 OCT -29 OCT	30 OCT	1 NOV – ABIERTO
min./totales	85	54	60	60	55

Fuente: Recopilación de los módulos de riego de la Agrícola del Campo y Asociados.

\* Se muestra el horario del primer riego del día, sucesivamente el horario de aplicación del resto de los riegos, donde se describe la cantidad de minutos de riego efectivo en el periodo de tiempo establecido siendo para este ejemplo de 40, pero oscilando durante el total registrado, intervalos de riegos en 50 y 60 minutos respectivamente en cada etapa.

Las programaciones de riego se registraron hasta el último periodo correspondiente al periodo de evaluación.

Las variaciones en el riego se resumieron en el cuadro 9, donde se muestra:

- Numero de riegos.
- Horario de aplicación (Los riegos se aplicaron solamente durante el día, ya que en la noche la planta minimiza su metabolismo siendo el residuo del riego suficiente)

- Intervalos de tiempo para cada riego (En base a la humedad del sustrato en la maceta de una muestra tomada del invernadero, así también, a través del % de percolado el cual indica el aprovechamiento por la planta)
- Duración en minutos (El cual se convierte en el volumen total aplicado)
- Periodo de aplicaciones (El cual nos ubica en la etapa de fenológica y los días que se prolongo; La solución nutritiva se aplico en cada uno de los riegos)

#### 2.4.2.1 pH y Conductividad eléctrica

Es necesario conocer las condiciones del riego, ya que a nivel comercial implica capital, desglosándose este en fertilizantes, infraestructura de riego, así mismo el recurso agua, ya que los volúmenes que se manejan son grandes. Debido a esto es necesario minimizar el gasto producido en el sistema productivo asimismo aprovecharlo al máximo y eficientizarlo.

El riego se monitorea mediante el muestreo de la solución entrante, así como la de percolado (riego filtrado por el sustrato), nombrada de salida, en donde se realiza un comparativo en cuanto a las oscilaciones para determinar si la concentración de sales y por ende del pH dentro de la maceta ocasionan un problema restrictivo, ya que se considera todo el tiempo la tolerancia por el cultivo; comúnmente utilizados estos registros para programar lavados de sales.

Dentro del invernadero se colocó una charola plástica con la cual se midió la cantidad de agua directamente recibida por un gotero y la obtenida por filtración de la maceta de ese mismo gotero, donde por diferencia de volumen se obtiene la eficiencia del riego, donde se visualiza cuanto es lo que la planta esta aprovechando directamente. De gran importancia ya que con estas mediciones se realizan programaciones de riego en base a lo que necesita cada invernadero o grupo de ellos.

CUADRO 10. Control de la Fertirrigación

Fertirrigación D2 Conductividad y PH.			
---------------------------------------	--	--	--

Muestreo	Entrada		salida		Botella	Percolado	% Percolado
	--mS cm <sup>-1</sup> --	PH	C.E.	PH			
1	2.3	5.7	2.5	6.9	3.78	5.14	45%
2	2.3	5.8	2.7	7	4.4	6.14	47%
3	2.6	6.1	2.9	6.9	4.08	4.94	40%
4	2.6	5.9	3	6.8	3.8	5.7	50%
5	2.6	5.9	3	6.8	4.22	5.8	46%
6	2.4	6	3	7.1	3.8	4.74	42%
7	2.2	6	2.8	7	4.16	5.18	41%
8	2.3	6.1	2.7	7.3	3.82	5	44%
9	2.2	6.2	2.5	7.2	3.82	4.72	41%
10	2.3	6.1	2.7	7.2	3.88	4.54	39%
11	2.4	6.2	2.7	7.2	3.88	4.54	39%
12	2.1	6.4	2.9	7.1	3.94	4.64	39%
13	2.6	5.9	3	7.1	3.62	3.72	35%
14	2.5	5.6	3.2	6.7	3.82	4.72	41%
15	2.5	5.6	3.2	6.7	3.94	4.08	35%
16	2.7	5.7	3.4	6.8	3.62	4.26	40%
17	2.8	5.9	3.5	6.7	3.56	3.5	33%
18	2.8	5.7	3.8	6.8	3.46	3.3	32%
19	2.7	5.8	4.1	6.8	3.9	4.18	36%
20	2.8	5.7	3.9	6.7	3.9	4.16	36%
21	2.9	5.9	3.8	6.6	3.9	4.34	37%
22	2.4	5.7	3.9	6.4	3.86	4.4	38%
23	2.9	5.7	4	6.6	3.86	4.38	38%
24	3	5.9	4	6.7	3.94	3.12	27%
<b>PROMEDIOS</b>	<b>2.65</b>	<b>5.89</b>	<b>3.32</b>	<b>6.87</b>	<b>3.87</b>	<b>4.55</b>	<b>38% PERDIDA 62% EFECTIVIDAD</b>

Los registros se tomaron de la base de datos registrados por los ingenieros de riego exclusivos para el invernadero D2, en donde se utilizaron el potenciómetro y conductímetro para obtener los datos. El muestreo se realizó esporádicamente acumulando un total de 24 muestreos para este invernadero.

#### 2.4.2.2 Solución nutritiva

Para la preparación de soluciones nutritivas verdaderas (SN) se consideran cuatro puntos: A) relación mutua de aniones; B) relación mutua de cationes, C) Concentración iónica total, D) pH de la solución (Steiner, 1961). La solución nutritiva es uno de los

factores fundamentales de la hidroponía, su manejo y preparación repercutirá directamente positiva o negativamente en el desempeño del cultivo, de aquí el éxito o fracaso.

Durante la experimentación se aplicaron diferentes dosis de fertilización, ya que la planta como fue creciendo exigía proporcionalmente aumento en los elementos nutricionales, y estos independientemente de cubrir con las necesidades básicas de la planta, con las mismas dosis de fertilización, se encauzaba a la planta para sucesivamente obtener niveles de producción altos y de calidad

Aquí jugó un papel muy importante la experiencia de los ingenieros, ya que la observación del comportamiento físico del cultivo fue determinante para decidir qué elementos nutricionales elevar o disminuir visualizando un efecto positivo en el crecimiento de la planta, el cual no fue respaldado por análisis químicos inmediatos.

CUADRO 11. Fertilizaciones progresivas  
FERTILIZACIONES

Dosificación de nutrientes		$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	Cl	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{NH}_4^+$	Na
Nº	Periodo	-----mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----									
1	29/09/06-12/10/06	5.89	2.00	6.57	0.50	4.66	5.00	6.00	2.50	0.00	6.09
2	13/10/06-06/11/06	5.87	2.00	6.95	0.50	6.60	6.60	6.60	3.00	0.40	6.04
3	07/11/06-16/11/06	10.36	2.20	5.98	0.50	6.50	8.00	7.00	4.00	1.25	6.09
4	17/11/06 - ABIERTO	7.44	2.20	7.98	0.50	9.00	9.00	8.50	4.00	0.33	6.09

El inicio de las fertilizaciones se registra a partir del transplante y continúa progresivamente hasta el término de la temporada. En el cuadro solamente se muestran las variaciones en la dosificación hasta el término del experimento

### 2.4.3 Transplante

Se realizó cuando las plantas alcanzaron la altura promedio de 11.13cm, donde no se cumplió la altura prevista de crecimiento de 15 a 20cm. El factor determinante fue que las plántulas habían desarrollado sus 2 primeras hojas verdaderas, empezando a

fotosintetizar y requerir nutrientes que el sustrato no se los estaba brindando, estancando su crecimiento. Debido a esta situación se opto por realizar el trasplante para que la planta se empezara a desempeñar directamente en los diferentes suelos.

Otro indicador determinante para el trasplante, fue que el desarrollo de la planta era equilibrado, ya que el desarrollo de la extensión de las hojas formadas fue equitativo al del tallo, teniendo similitud a una formación tipo “T”.

Ejemplificando: Si la extensión de las hojas fue de 11.13cm, la elongación del tallo tendría que ser similar a 11.13cm para proceder.

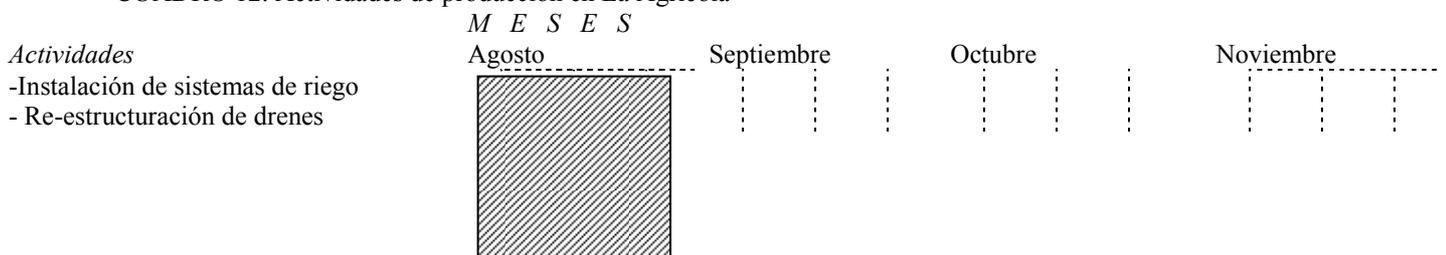
Se regó levemente las charolas para facilitar la extracción del cepellón completo, evitando estresar a la plántula por rompimiento de raíces. Cada planta individualmente se fue colocando en su bolsa procurando que el hoyo realizado corresponda a la extensión del cepellón y sin doblar las raíces. El tallo quedo encajado solamente hasta su base.

Una vez colocada cada plántula se dio un riego con el fin de conseguir buena humedad en el entorno radicular y buen contacto con el cepellón y el sustrato circundante.

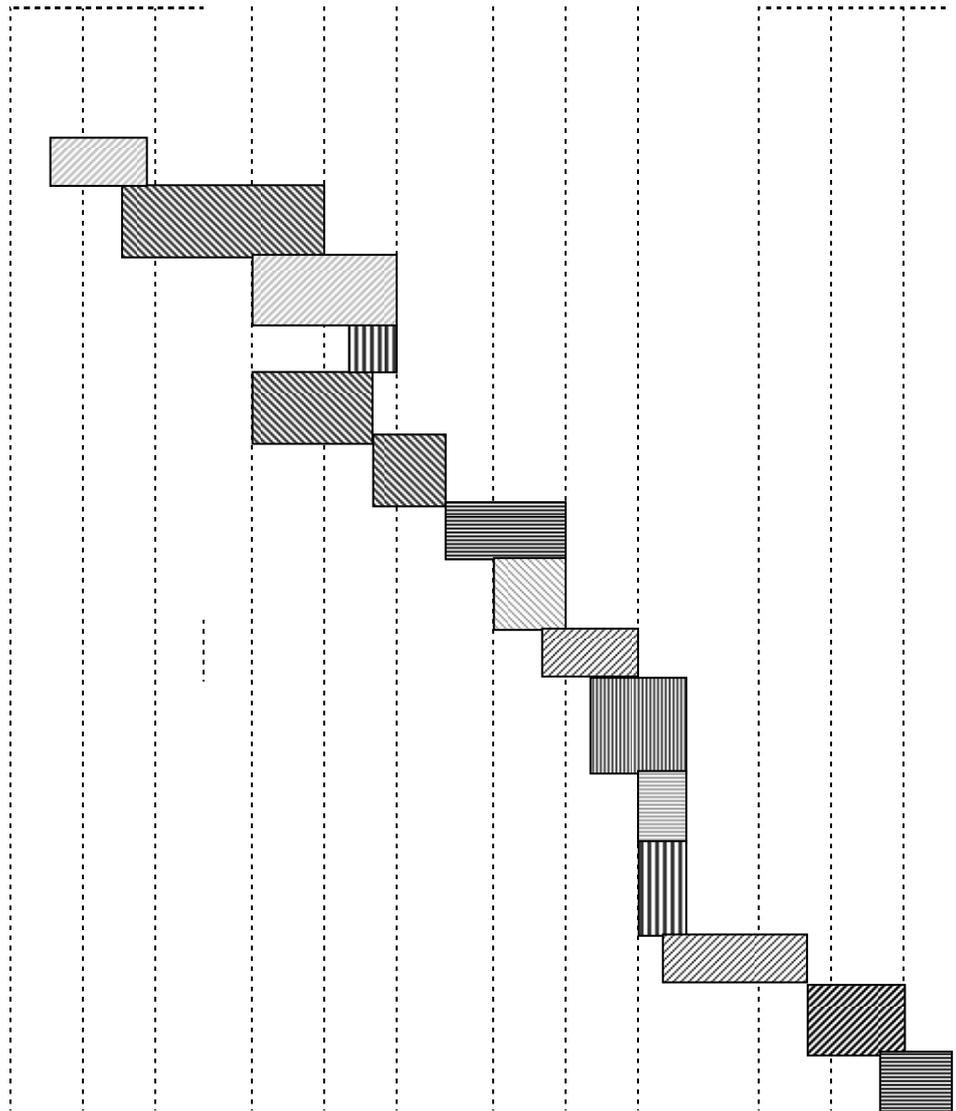
El horario en que se realizo fue el mas temprano posible: 6-7am.

## 2.5 Cronograma de actividades.

CUADRO 12. Actividades de producción en La Agrícola



- Reparación de guardarrayas
- Preparación de camas
- Mantenimiento general a estructuras plásticas
- Llenado de envases (Bolsa de polietileno de 20L)
- Siembra en charolas plásticas (20-25 agosto)
- Desinfección de sustrato por sistema de riego (15-20 septiembre)
- 1 toma de muestras de planta (martes 26 septiembre)
- Injerto variedad/patrón (13 septiembre)
- Transplante (21 septiembre invernadero D2)
- Tutores con rafia plástica (2 octubre)
- Desbrote: Eliminación de chupones c/5 días (6 octubre)
- Aplicación de hormona para cuajar fruto – 1ra floración (14 octubre)
- Deshoje con tijeras: Eliminación de hojas basales y 2 verdaderas (17 octubre)
- Bastoneo para liberación de polen (22 octubre)
- Desenraizado: Eliminación de raíz de variedad para conservar cualidades de patrón (23 octubre)
- Introducción de abejorros polinizadores (27 octubre)
- Desbrote alterno (15 noviembre)
- 1er Corte de fruto (20-24 noviembre)



Recopilación de 4 meses, periodo de evaluación, dentro del ciclo productivo total constituido por 10 meses.

### 3. Resultados

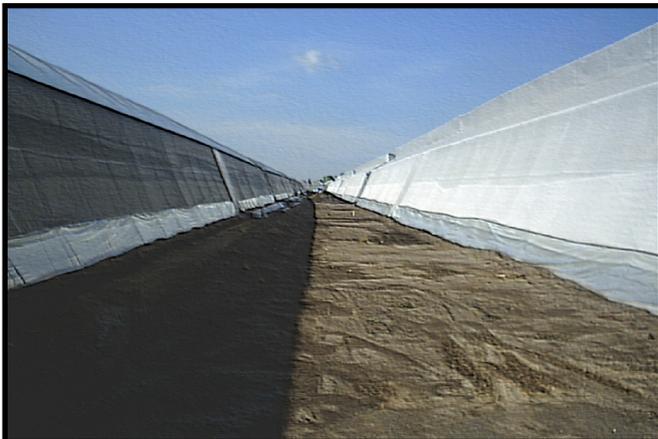
#### 3.1. Características del invernadero

El invernadero que se utilizó tiene una orientación de norte a sur, siendo la óptima por que se recibe la mayor cantidad de luz en el transcurso del día. Cuenta con ventilación a los costados semi-automatizada (poleas de apertura). Se tiene un medidor de humedad y temperatura simultáneo especialmente instalado para el experimento, con el objetivo de llevar un registro diario de las oscilaciones existentes.

Desde el primer día de instalación del experimento se registraron las lecturas máximas y mínimas así como la humedad.

La infraestructura del invernadero es básica, cuenta con sistema de drenaje, salidas de aire caliente, malla anti-afidos, así mismo, es cubierto en 50% con malla sombra, estando a expensas de las condiciones climáticas casi en su totalidad.

FOTOS: a-b INVERNADERO



(a) Perfil invernadero



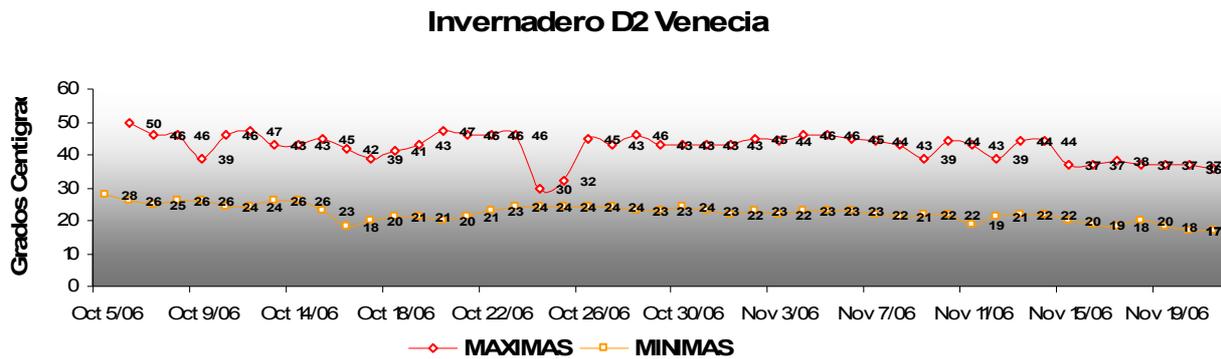
(b) Frente invernadero

### 3.1.1. Temperatura interna.

Se llevó a cabo un registro de la temperatura interna del invernadero, se puntualizaron las oscilaciones térmicas, así también, el horario crítico para la planta presente durante el transcurso de día. La temperatura máxima registrada fue de 50°C a principios del mes de octubre descendiendo gradualmente a los 36°C, con una temperatura promedio durante el experimento de 42°C. El horario donde la planta sufre mayor estrés por esta condición climática se presentó constantemente durante el experimento:

12-14 horas--- temperatura máxima

6-8 horas----- temperatura mínima



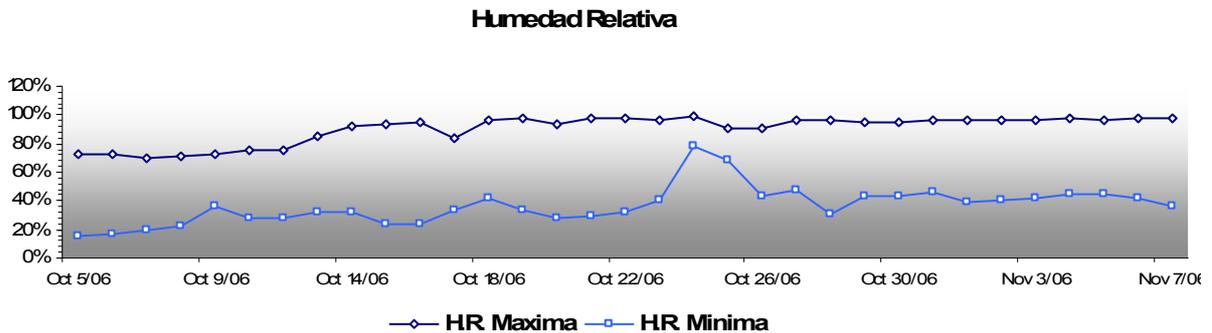
Temperatura Promedio (Tx)	32.312210
Temp. Máxima Promedio	42.347826
Temp. Mínima Promedio	22.276595

GRAFICA a. Temperaturas registradas dentro del invernadero D2

### 3.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa se registró a la par de la temperatura, en donde los registros marcaron al inicio menor humedad que al final, aumentando gradualmente mientras transcurría la temporada calurosa en la zona. La humedad máxima fue de 98% a finales del mes de octubre y durante el mes de noviembre; La mínima de 15% se presento en los últimos días de septiembre e inicios de octubre. El promedio general de la humedad se mantuvo en 91% pero como se muestra en el grafico existió gran variación entre la máxima y la mínima durante todos los días.

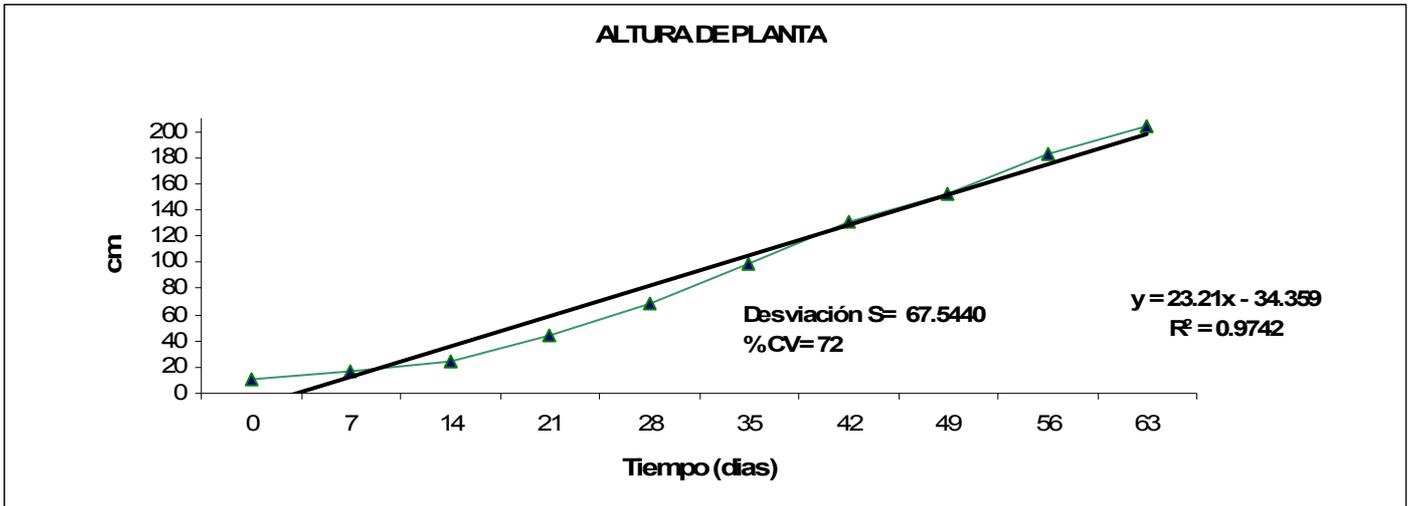
No se pudo obtener una constante en el horario donde la humedad se mantuviera constante o en el caso contrario variara mucho ya que dependió de las condiciones climáticas presentes, como un nublado o soleado que inciden directamente en la temperatura y por ende en la humedad.



GRAFICA b. Humedad relativa registradas dentro del invernadero D2.

## 3.2 Comportamiento de parámetros morfológicos

### 3.2.1 Altura de las plantas



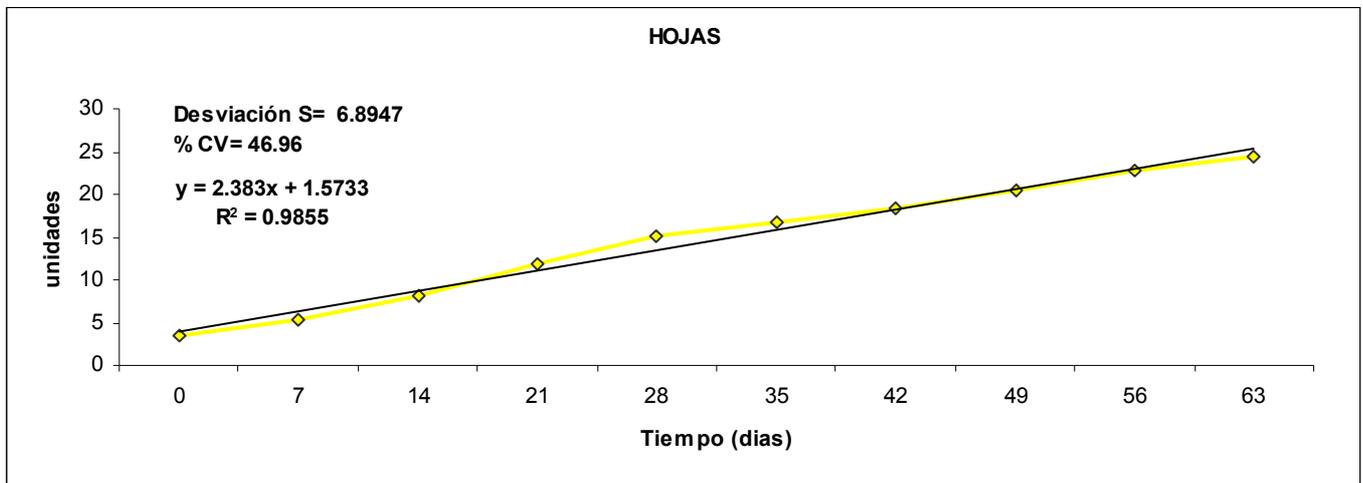
GRAFICA 1. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum*, en términos de su altura promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

La grafica 1 referente a la altura de la planta, se puede observar que su crecimiento, en un inicio se ve retardado por el periodo de acondicionamiento que sufre la planta debido al transplante, aproximadamente hasta los 14 días, después presenta una tendencia lineal de crecimiento, ya que el tipo de cultivar, indeterminado, tiene un crecimiento ilimitado como especie, pero controlado a nivel comercial. El crecimiento requerido para la planta es aun mayor al registrado durante el periodo de evaluación, debido a esto, no se muestra su estabilización.

Del día cero a los 14, presenta un crecimiento promedio de 1.5cm/día por planta, teniendo un sucesivo despunte incrementándose al doble su desarrollo desde 3.5cm hasta el periodo de mayor crecimiento que comprende del día 35 al 42, donde la planta incrementó su altura 5cm/día. Después del periodo de acondicionamiento anteriormente mencionado la planta en promedio creció homogéneamente a 3.8cm/día.

El coeficiente de correlación  $R^2$  explica la relación que se esta investigando, en este caso la variación de la altura de la planta en función del tiempo transcurrido en 97.4%.

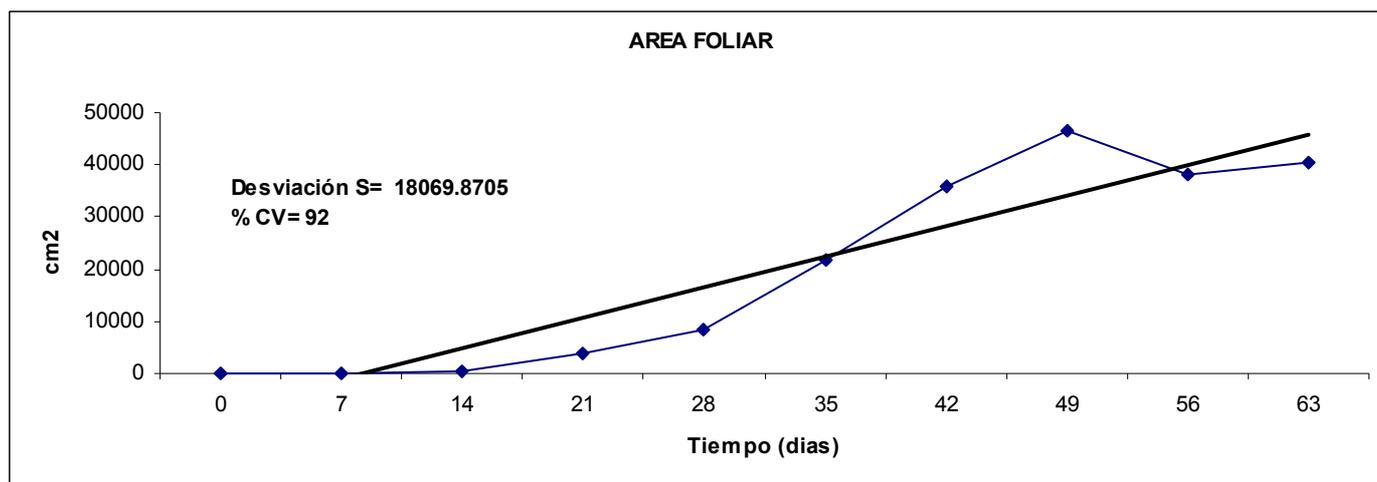
### 3.2.2 Numero de Hojas / Área foliar



GRAFICA 2. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum* en términos de número de hojas promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

La gráfica 2 referente al incremento en el número de hojas presenta desde un inicio un comportamiento homogéneo, donde la planta al momento de transplante presentaba en promedio 3.4 hojas, siendo el material de transplante cautelosamente seleccionado para uniformar la plantación. El mayor incremento se presentó en los primeros 35 días con un aumento de hojas por planta de 2.95, progresivamente disminuyó el aumento de las hojas pero se presentó una constante real en cada época de muestreo oscilando entre 1.6 a 1.82 hojas (chechar datos en anexo)

Se precisa que las condiciones de muestreo y registro de donde se obtuvieron los datos de la grafica, son sin contemplar el manejo agronómico realizado sobre ellas, ya que es una práctica común durante el ciclo de crecimiento, la realización de desbrotes y deshojes.



GRAFICA 3. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum* en términos de área foliar promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

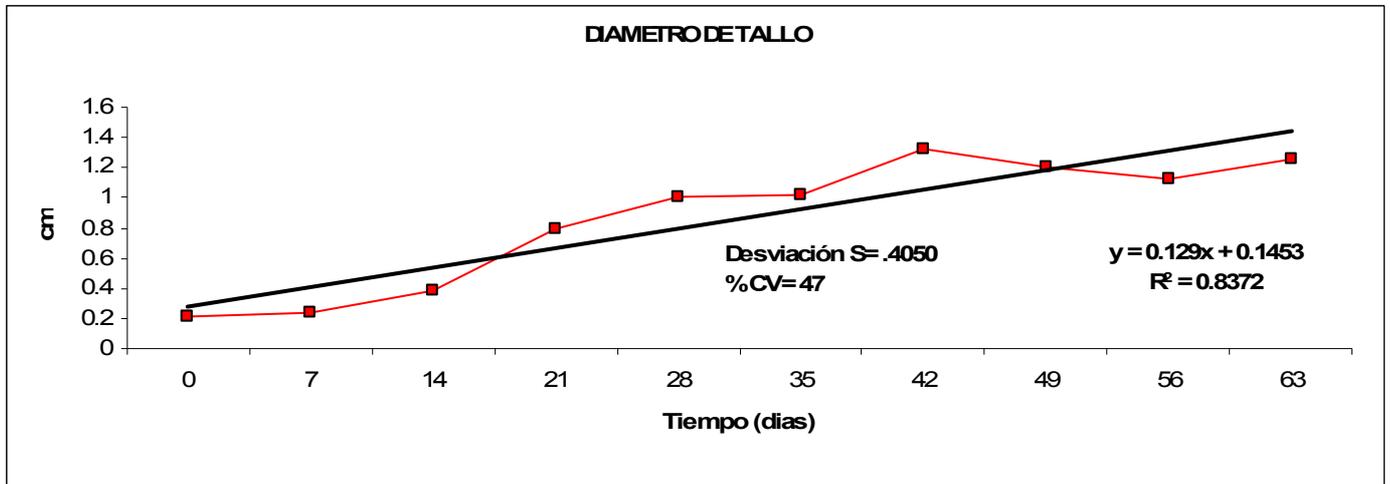
La grafica 3 nos muestra el área foliar donde su comportamiento va relacionado directamente con el numero de hojas que la planta presentó con el manejo de la planta. La cantidad de radiación interceptada por un cultivo está ligada a su capacidad de lograr una rápida interceptación máxima de la radiación incidente. Una rápida cobertura del suelo se logra con una más rápida expansión del área foliar, reflejándose en un aumento de vigor.

Debido a esta condición, una de las labores agrícolas como es el deshoje funge un papel muy importante para encauzar a la planta a producir y mejorar la calidad de los frutos y no del vigor, aun así encontrando un balance entre estas dos condiciones.

La grafica nos muestra que a los 49 días de desarrollo de la planta se llevó acabo el deshoje ya que la planta se encontraba en plena floración, cuajado y llenado de frutos, buscándose con esta labor que la planta enfocara sus nutrientes directamente en el fruto además de generar ventilación entre las plantas. Otro de los objetivos del deshoje es incrementar la fuerza de la planta, engrosando tallo y las hojas existentes incrementando su tamaño, con el fin de que la planta pueda soportar la carga de frutos.

El aumento pronunciado que se observa en la grafica se debe a que los brotes de hojas nuevas nunca se detienen aunado a que la hoja alcanza a desarrollar tamaños de hasta 60cm de largo, reflejado directamente en el área foliar, aun considerando la muerte de las hojas viejas.

### 3.2.3 Diámetro de tallo

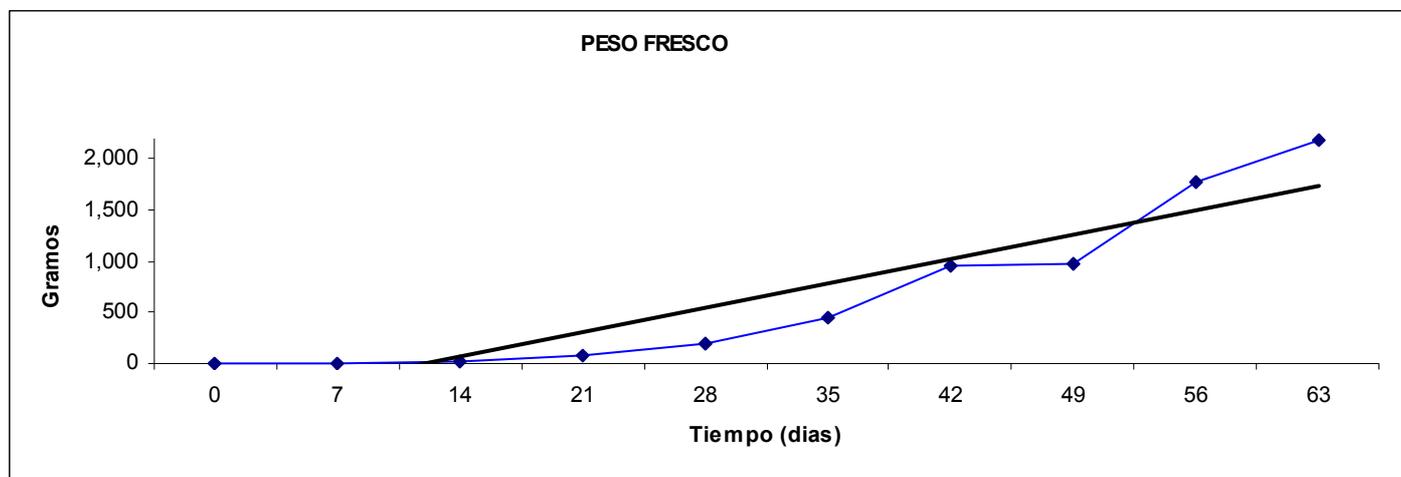


GRAFICA 4. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum* en términos del diámetro de tallo promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

La grafica 4 referente al comportamiento del diámetro de tallo, en términos generales presenta un aumento gradual en su volumen pero muy inconstante. Los primeros 14 días el diámetro fue incrementándose a 0.26cm/ planta promedio, sucesivamente el aumento, el mayor registrado, fue de 0.45cm/planta solo durante 7 días, disminuyendo en los 14 días posteriores a solo 0.11cm/planta teniendo su pico máximo de crecimiento a los 42 días con un diámetro de 1.32cm .

Durante el resto de la evaluación el diámetro del tallo disminuyó debido a que las condiciones climáticas eran propicias para ello, ya que la nubosidad excesiva ocasiona que la cantidad de luz disminuya provocando en la planta un ligero alargamiento del tallo y por ende su adelgazamiento (condición observada y descrita por los ingenieros dentro del complejo), todo esto en conjunto con la cantidad de agua disponible y su aprovechamiento, a su vez, la cantidad de nitrógeno en la solución nutritiva.

### 3.2.4 Peso Fresco



GRAFICA 5. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum* en términos del peso fresco registrado de un promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

La grafica 5 referente al peso fresco nos indica el aprovechamiento general de la planta, pudiendo aseverar que las condiciones agronómicas fueron las indicadas en las que se incluyen a los nutrientes disponibles en la solución nutritiva, cantidad de agua disponible y a su vez que existió un clima adecuado para su aprovechamiento y pleno desarrollo; Los rangos de clima que se registraron durante la experimentación se encuentran fuera de los rangos señalados como óptimos, sin ser un impedimento.

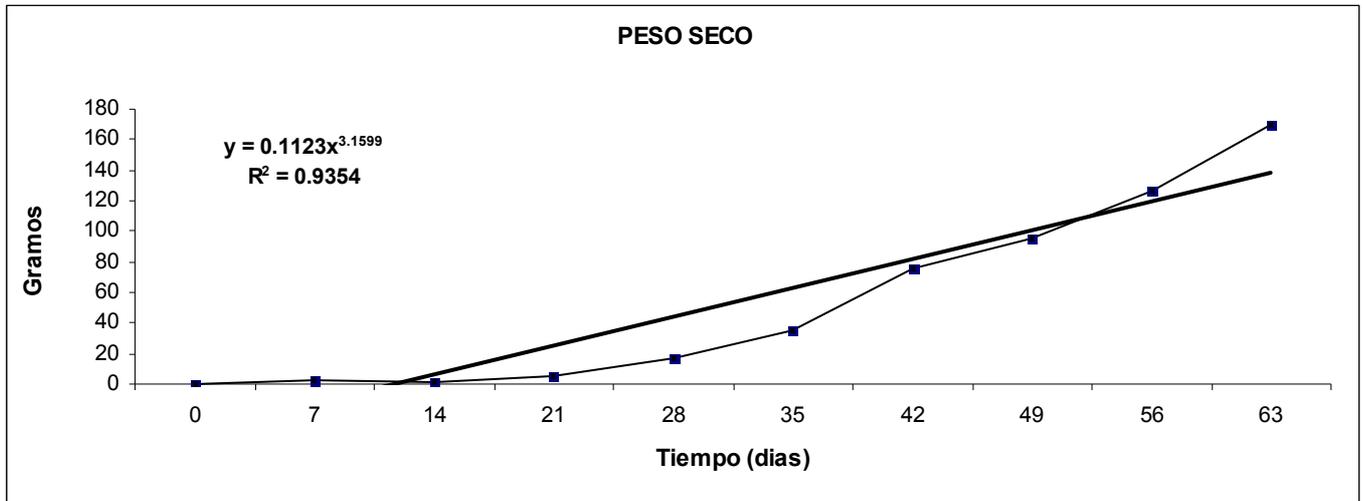
El aumento en peso de la planta presenta una función exponencial reconocible a primera vista ya que existe un rápido incremento de la variable peso a medida que el tiempo transcurre, pudiendo presentar esta tendencia indefinidamente ya que el cultivar presenta un crecimiento indeterminado que durante todo el ciclo comercial se deja extender hasta cubrir los fines de productividad pero no los de la especie vegetal, no llega a su máximo crecimiento, cubriéndose esta tendencia de incremento. El aumento del peso fresco en los primeros días es menor ya que el cultivo en este periodo de 35 días se encuentra constituyéndose, es decir, la planta se encuentra formando material vegetal como el crecimiento de hojas, elongación del tallo, formación y diseminación de raíces en el medio, teniendo un aumento promedio de 75gr/día-planta. Posteriormente el aumento es mayor, iniciando desde los 450gr/día-planta para incrementarse hasta los

2176gr/día-planta, el aumento tan estrepitoso es debido a que a partir de los días 20 a 30 se presentan las primeras floraciones, donde la planta comienza a presentar carga de frutos y por ende aumento en su peso.

El incremento en el peso fresco se explica de la siguiente manera: La floración se presentó muy marcada, teniendo cada semana un nuevo racimo floral, a la par la planta sigue incrementando su tamaño, y las flores que antecedieron ya han cuajado y se encuentran formando frutos de grueso calibre.

Este comportamiento se presentó constantemente durante el periodo de evaluación, así mismo continuo durante todo el ciclo productivo que termino a principios de junio, después de 250 días transcurridos desde el transplante.

### 3.2.5 Peso Seco



GRAFICA 6. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum* en términos del peso seco obtenido de un promedio de 5 plantas cultivadas evaluadas por periodos de 7 días durante un total de 65 días.

La grafica 6 referente al peso seco, nos indica el rendimiento de la planta y como este se fue comportando, presentando en términos generales un incremento progresivo. Durante los días de evaluación es totalmente comprensible la tendencia de aumento del peso seco, ya que la planta se encuentra constituyéndose, lo cual se había mencionado con anterioridad. Lo que se observa, es que la planta no presentó ningún periodo donde dejara de incrementar su peso, pudiendo suponer que las condiciones brindadas al cultivo fueron las adecuadas.

Individualmente no existió gran variación en el peso seco a los 21 días sucesivos al trasplante, la variación se presentó al momento en que la planta comenzó a presentar carga de frutos, ya que el desarrollo en tamaño y número de frutos varía para cada individuo. Esto influye directamente en el desempeño de la planta, esta enfoca su energía química al llenado del fruto viéndose disminuido el aumento del vigor en la planta.

El incremento tangible en gramos en los primeros días fue imperceptible, pero substancial y de importancia ya que desde un inicio se presentó una constante de aumento del 100% sobre el peso registrado, queriendo decir con esto que cada 7 días, se obtuvo el doble del peso seco hasta el séptimo registro, día 42. Se observó una discordancia a los 14 días de desarrollo, posiblemente debido a que el crecimiento de la planta como población aun no

era homogénea. La planta posiblemente de un inicio no se transplanto con las condiciones físicas estándares a las demás, provocando un error, pudiéndose descartar este registro ya que no concuerda con la tendencia presentada durante el tiempo de evaluación. Aproximadamente a los 50 días la tasa de aumento en el peso seco disminuyó a 30%, permaneciendo así hasta el término de la evaluación.

### 3.3 Correlación de parámetros morfológicos

CUADRO 13. Coeficientes de correlación de Pearson por parámetro morfológico con mayor influencia, promedio de los 10 muestreos realizados para la evaluación.<sup>1</sup>

<b>P. Morfológico</b>		<b>CORRELACION</b>		
		Correlación ¶	Significancia †	R <sup>2</sup> ‡
Altura de planta	Peso Fresco	0.48465	0.32995	0.3637299
	Peso Seco	0.58942	0.24751	0.4315202
	Diámetro de Tallo	-0.075238	0.57301	0.1800567
Diámetro de Tallo	Área Foliar	-0.113138	0.48692	0.32834467
	Peso Seco	0.275033	0.53198	0.253835
Nº de Hojas	Peso Fresco	0.248826	0.44122	0.3024767
	Peso Seco	0.249616	0.46717	0.2432319
Área Foliar	Peso Fresco	0.427348	0.34372	0.3625586
	Peso Seco	0.371208	0.38568	0.3272726
Peso Fresco	Peso seco	0.78208	0.16293	0.7145656

(¶) Coeficiente de correlación entre las variables. (†) Nivel de significancia de la prueba de hipótesis.

(‡) Coeficientes de determinación.

Los parámetros morfológicos seleccionados para el experimento fueron analizados estadísticamente, en donde se correlacionaron por el método de Pearson obteniéndose resultados individuales para cada toma. Se buscó que todos los parámetros interactuaran entre si en el análisis estadístico, obteniendo los valores numéricos representativos de la influencia ejercida en cada uno de estos, así mismo, si estos altos valores de correlación y significancia presentaron constancia durante toda la evaluación.

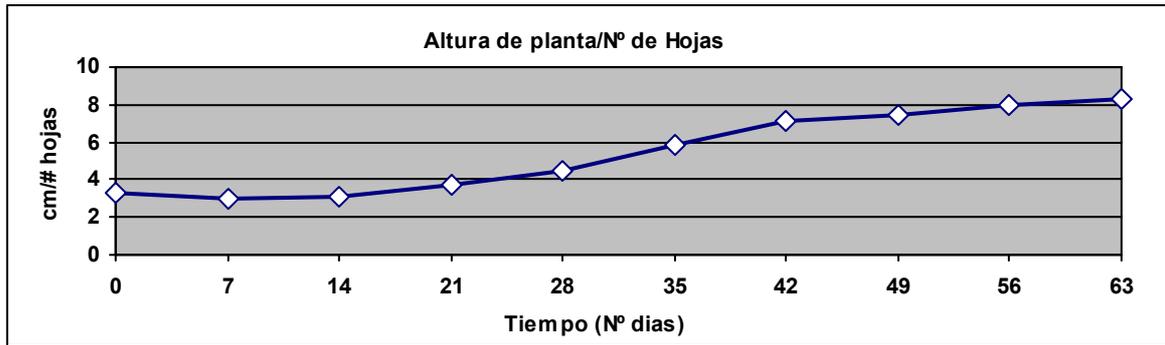
Se muestra en el Cuadro 14 las relaciones intrínsecas y constantes que se presentaron durante la experimentación, ya que en las corridas estadísticas todos los parámetros morfológicos mostraron relación directa (revisar anexo), ya que naturalmente todos ellos conforman de una manera integral el complejo planta. Los coeficientes de

<sup>1</sup>Modelo: % variación de variable dependiente en función del comportamiento de variable independiente.  
D.tallo=alt---- Pf/Ps/D.tallo como variables dependientes – Altura variable independiente

correlación que se muestran en el cuadro, presentan ambos signos, en donde el positivo indica que existe un aumento de ambas variables, mientras mas cercano sea al 1, la relación de crecimiento será mas intima, en el caso contrario, con un signo negativo, se dice que la correlación es inversa, es decir, mientras una variable aumenta la otra disminuye.

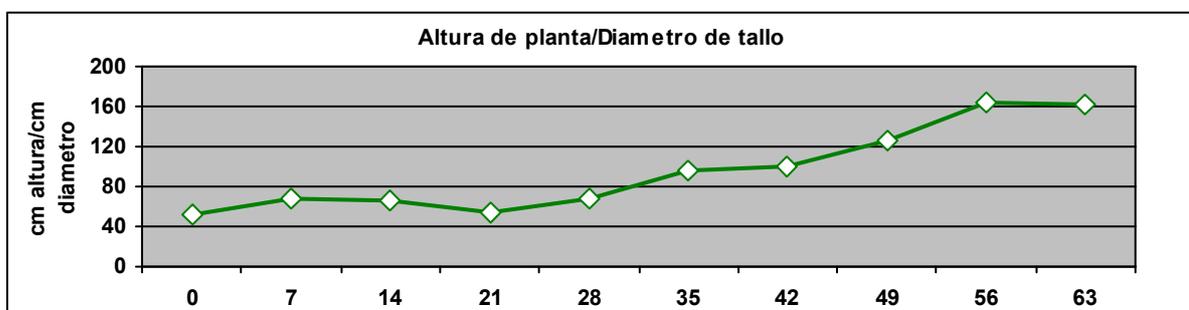
Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) del cuadro 14, mediante su interpretación indican en qué medida explica la variable seleccionada como independiente a las variables dependientes, como en el caso de Altura de planta (variable independiente) Peso fresco, Peso seco, Diámetro de tallo (variables dependientes) de tal manera que si tenemos una  $R^2$  de 0.3637 nos indica que el Peso fresco explica a la altura de planta en 36%, así también, afirmando con 56.84% de seguridad, que hay una correlación verdadera entre las variables Altura de planta y Peso Fresco, en otras palabras, el valor de la correlación 0.48465 es significativo a 32.99%. La mayor relación existente alcanza un porcentaje alrededor del 30%, siendo la de mayor relación.

### **3.3.1 Correlaciones graficas.**



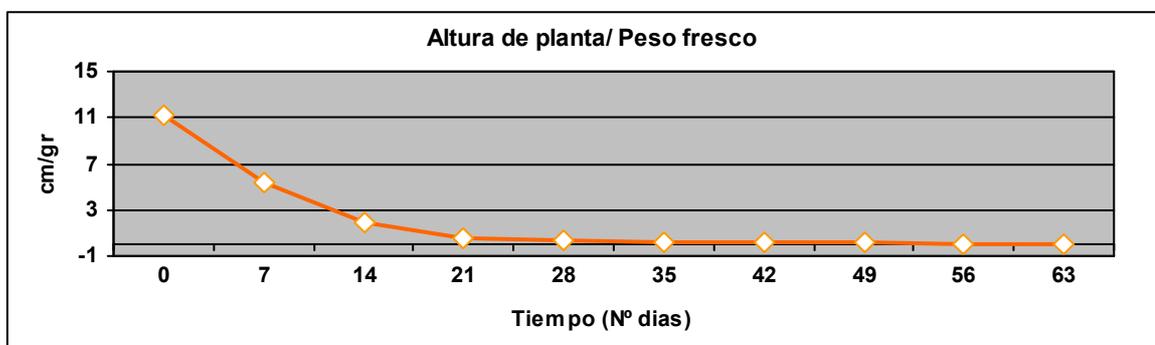
GRAFICA 7. Proporcionalidad de desempeño de los componente de rendimiento Altura de planta entre Numero de Hojas

**Altura de planta/ Nº de hojas:** La planta al elongar su tallo aumenta su numero de brotes foliares en forma relativamente proporcional y homogéneo hasta los 21 días, sucesivamente se muestra en la gráfica que el aumento de hojas fue mayor al desarrollo del tallo, estos se demostró físicamente en la planta al observar que el distanciamiento de las hojas alternas nuevas fue gradualmente descendiendo. La relación existente entre estos 2 parámetros morfológicos es muy cercana, pudiendo hacer proyecciones de comportamiento, también se tiene que contemplar los nutrientes disponibles para la planta, ya que los iones  $(\text{NH}_4)^+$  y  $(\text{NO}_3)^-$  como nutrientes fácilmente asimilables que originan dentro la planta el desarrollo de nuevas estructuras, influyen en el aumento del follaje.



GRAFICA 8. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Altura de planta entre Diámetro de Tallo

**Altura de planta/Diámetro de tallo:** En los primeros 35 días existe un incremento relativamente similar del diámetro versus la altura de la planta, ambos parámetros crecen a la par, sucesivamente el crecimiento del diámetro se mantiene en con las mismas dimensiones durante el resto de la evaluación, siendo que el incremento de la altura siempre se comportó con una tendencia de aumento, queriendo decir con esto, que no existe una relación directa entre estos dos parámetros, su correlación es muy pequeña (revisar Cuadro 14). Lo más comprensible sería que el aumento de altura en la planta sea proporcional al desarrollo del grosor del tallo, esto para que pueda sostener la carga de frutos y el mismo peso de la planta; de este fenómeno parte una de las actividades principales del manejo agronómico, el entutorado, técnica determinante, que sin esta, la planta no se desarrollaría y acoplaría eficientemente para cubrir los fines de producción.

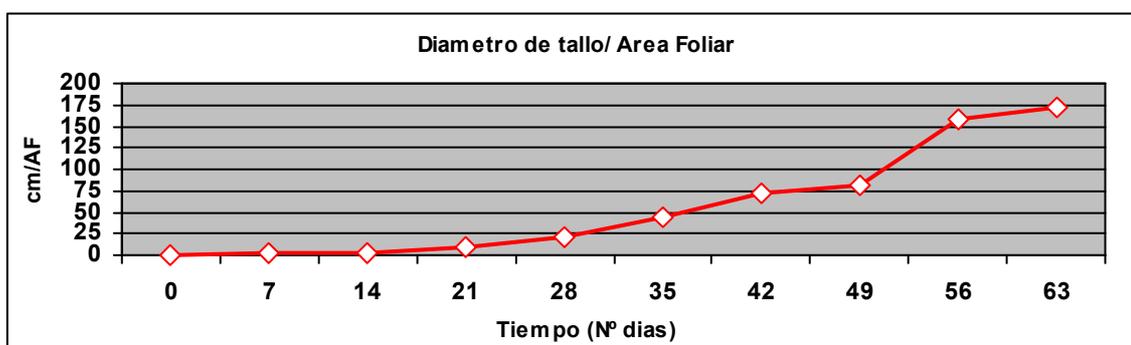


GRAFICA 9. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Altura de planta entre peso Fresco

**Altura de planta/ Peso Fresco:** En esta gráfica se observa lo contrario a lo anterior planteado. En un inicio la altura de la planta no ha incrementado substancialmente de la fecha de transplante de igual forma la biomasa, posteriormente, el incremento del peso se dispara ya que el técnico de producción busca que la planta incremente su voluminosidad y se fortalezca los mas posible ya que fisiológicamente una vez comenzada la fructificación la planta disminuye su crecimiento vegetativo enfocándose a la floración y llenado del fruto, aunque no deja de hacerlo. Aproximadamente fueron 30 días del transplante a la primera floración pudiéndose definir estos como el periodo vegetativo base, para después comenzar la fructificación hasta el termino del ciclo.

La tendencia descendente de la gráfica se pronuncia debido a que la relación de crecimiento existente pierde la poca proporcionalidad ya que al momento de tener frutos y gradualmente robustecer el incremento de la biomasa se disparo.

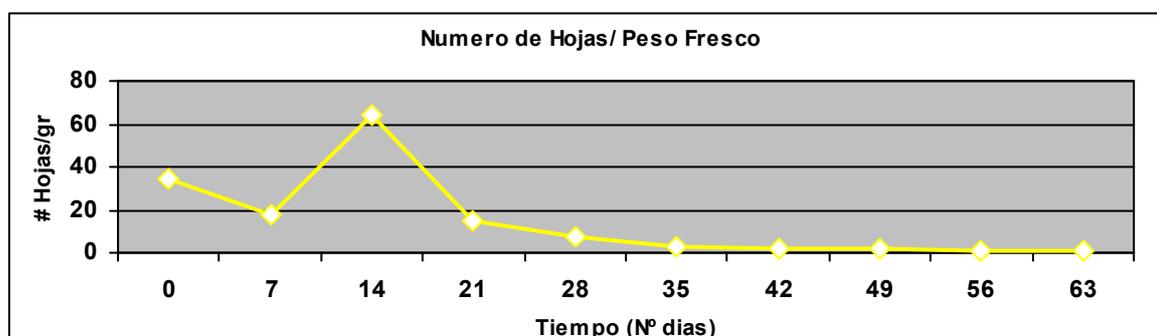
De forma general la producción de biomasa es clave para maximizar la producción cosechable.



GRAFICA 10. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Diámetro de tallo entre Área foliar

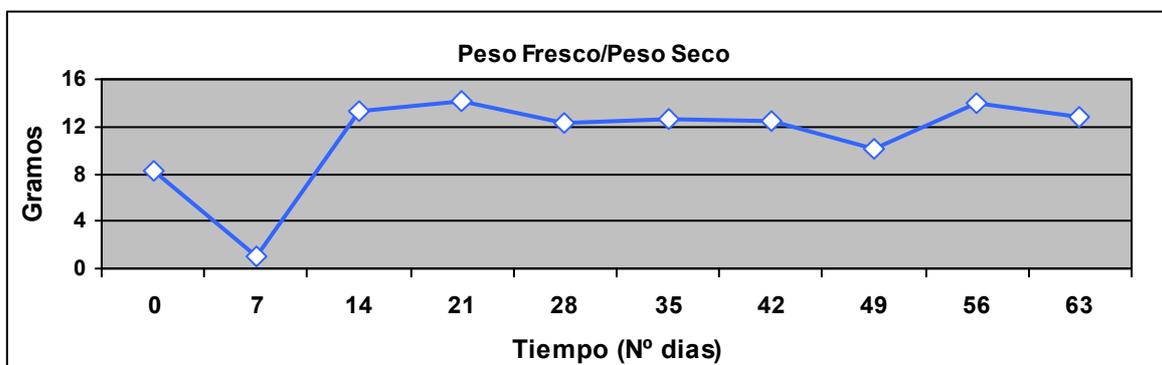
**Diámetros de Tallo/Área Foliar:** El objetivo de esta gráfica es puntualizar la relación mutua marcada estadísticamente. Los valores registrados del área foliar son muy altos incrementan de una toma a la otra hasta en un 200% innegable debido a que la hoja nunca deja de crecer hasta desplegar su máximo posible; La variabilidad existente se presenta en los últimos días de evaluación, existe el incremento pero se ve reducido por que se llevan acabo las labores de deshoje como anteriormente se había mencionado. La grafica presenta un despunte positivo alrededor del día 50 debido a que los valores registrados del diámetro de tallo fueron menores a los que se venían registrando y el Área foliar continuo en aumento. Estos valores dentro de todos los parámetros morfológicos fueron los únicos con el comportamiento de disminución, aunque solo se presento durante dos tomas.

No podemos aseverar que si existe un aumento del diámetro de tallo obtendremos mayor Área foliar, no hay un patrón de comportamiento totalmente definido. Es de gran importancia conocer el comportamiento del Área foliar ya que esta determina la intercepción de radiación solar, a fin de convertir la energía solar en biomasa. (Castilla, 2001)



GRAFICA 11. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Numero de Hojas entre peso Fresco

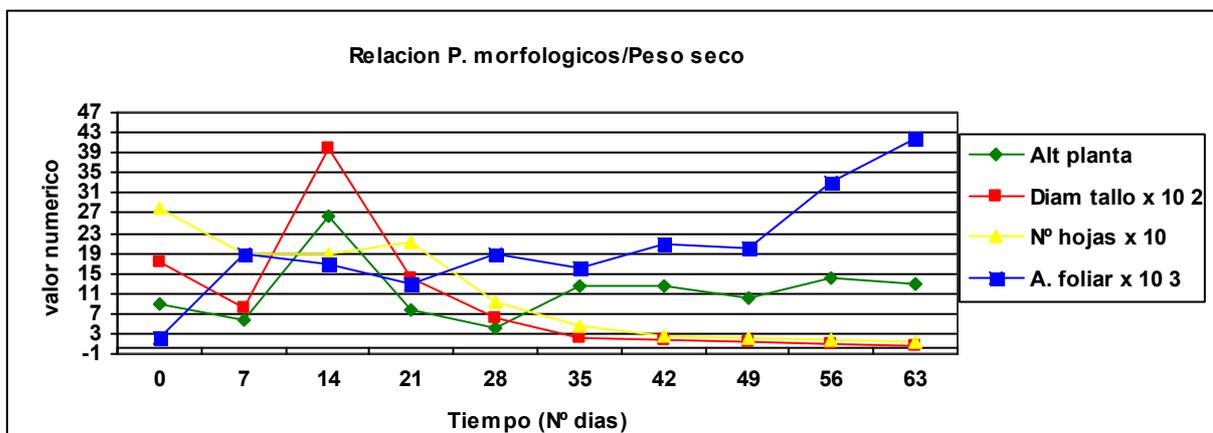
**N° de hojas/ Peso Fresco:** En esta gráfica podemos observar que el número de hojas no aumenta proporcionalmente al Peso fresco, aunque individualmente el número de hojas presentó un comportamiento casi de forma constante toma tras toma. El pico que se observa se debe a que el aumento de peso fresco fue en 300% a los 14 días, debido a que la plántula comienza a absorber agua y por ende a consumir nutrientes, que comparado con el aumento en el número de hojas fue solo del 58% (dos hojas). Anteriormente se explicó el por qué del aumento tan pronunciado del Peso fresco, que contraponiendo el aumento número de hojas, no se presenta correspondencia. Se constata que ambas variables incrementan durante toda la evaluación.



GRAFICA 12. Proporcionalidad de desempeño de los componentes de rendimiento Peso Fresco entre Peso Seco

**Peso Fresco/ Peso Seco:** En esta gráfica se muestra un pico a los 14 días, debido a que en la tercera toma se registró un valor menor a los primeros datos por ende se observa fuera de la tendencia. Sucesivamente la correlación entre estas dos variables se mantuvo y fue muy estrecha, pudiendo utilizar esta relación con gran exactitud para proyecciones de desempeño para cada una de estas en base a la otra.

La correlación entre los componentes de rendimiento es de gran importancia y funcional ya que con este proceso hacemos de nuestro conocimiento que características físicas en la planta tiene un comportamiento semejante a otra, pudiendo utilizar esta semejanza para estudiar su desempeño general y encaminarlo a la máxima producción. Cada parámetro seleccionado se evalúa individualmente y se conoce qué factores inciden sobre el pudiéndose modificar, acoplar, eliminar, optimizar; En general predecimos rendimiento (material vegetal independientemente del rendimiento en fruto) simulando el crecimiento debido a que presenta constancia en su desarrollo; bajo este principio se pueden elaborar dosis de fertilización nuevas o mejorar las existentes en el caso de que no se obtengan resultados óptimos al evaluar los rendimientos simple como en peso fresco versus ciclos productivos previos o exitosos, desencadenando la optimización del sistema llegando hasta ahorrar en mano de obra mediante menos actividades de manejo.



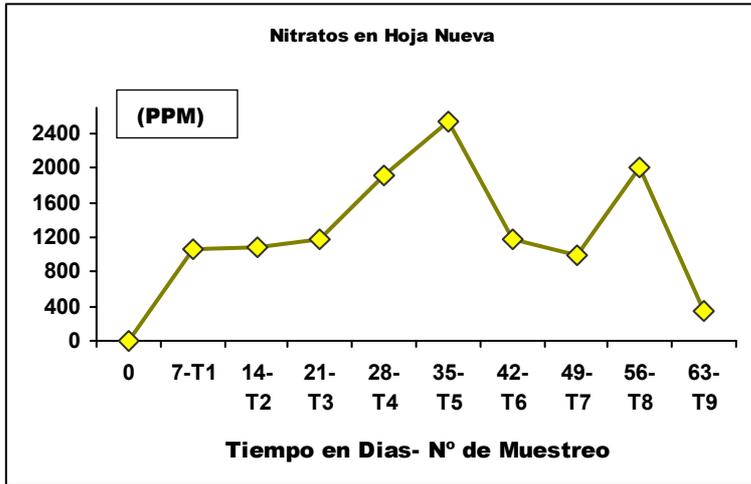
GRAFICA 13. Influencia de parámetros morfológicos sobre el Peso Seco tota. Los valores registrados se modificaron para D. tallo, N° de Hojas, A. Foliar para acoplarse a la escala grafica.

En la grafica 13 se muestra el comportamiento general de los parámetros morfológicos con base en su influencia directa sobre el peso seco total, donde observamos que el diámetro de tallo así como el número de hojas no tienen una relación de correspondencia con el peso seco, aseguramos que crecen pero no la misma velocidad y eficiencia.

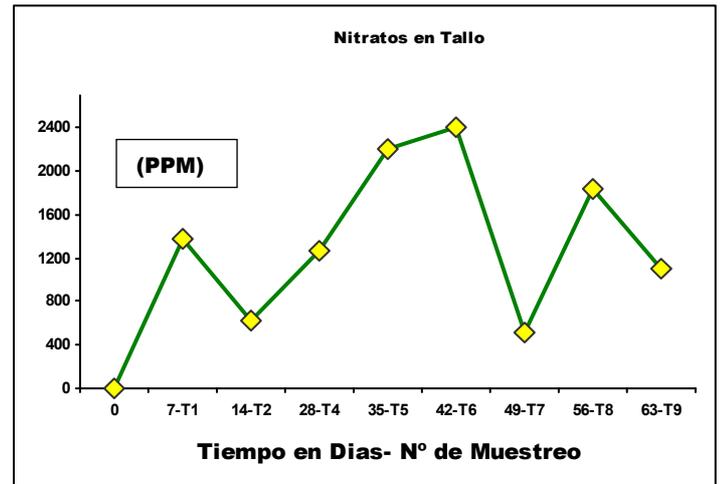
El área foliar es la que conserva mayor correspondencia con el peso seco, implícitamente influyendo el número de hojas, pudiendo aseverar que a el número de hojas contabilizadas (hojas que progresivamente se desarrollaron a su máximo plenamente) tienen injerencia trascendente en la materia seca total. Así también la variable Altura de Planta presenta constancia y similitud con el aumento del peso seco, en los últimos días de evaluación crecen a la par posiblemente a que la planta se ha estabilizado, habiendo floración cada semana conservando cada racimo la misma cantidad de frutos, aunado a esto, la planta se encuentra acoplada a las condiciones climáticas y de fertilización, la cual esta enfocada al llenado de frutos. Podemos asegurar que si incrementa la altura de planta aumentara el peso seco. En términos generales, todos los parámetros morfológicos tienden a acrecentar sus dimensiones, y todos son dependientes, algunos teniendo mayor correspondencia.

### **3.4 Medición de aniones en extractos celulares**

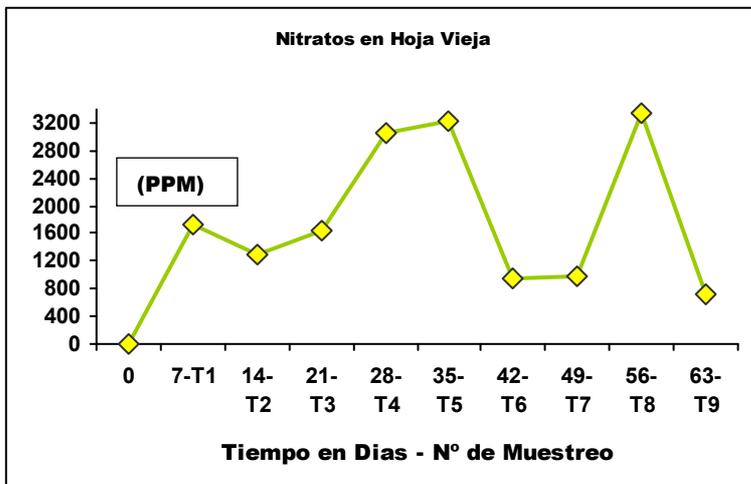
### 3.4.1 Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en los segmentos de tallo (tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva



GRAFICA 14



GRAFICA 15



GRAFICA 16

GRAFICAS 14,15,16. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum*, en términos de  $\text{mgL}^{-1}$  de Nitratos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (apicales) Hoja Viejas (Básales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.

El comportamiento de los nitratos es muy similar tanto para hojas viejas, nuevas y el tallo, su evolución en la distribución presenta una tendencia de incremento progresivo

durante el desarrollo del cultivo, comportamiento normal, ya que durante las etapas de crecimiento desde la germinación hasta la cosecha el incremento en la demanda por planta de nitratos varia desde un 25 a 80% sobre el mismo aumento. (Tan *et al* 1999)

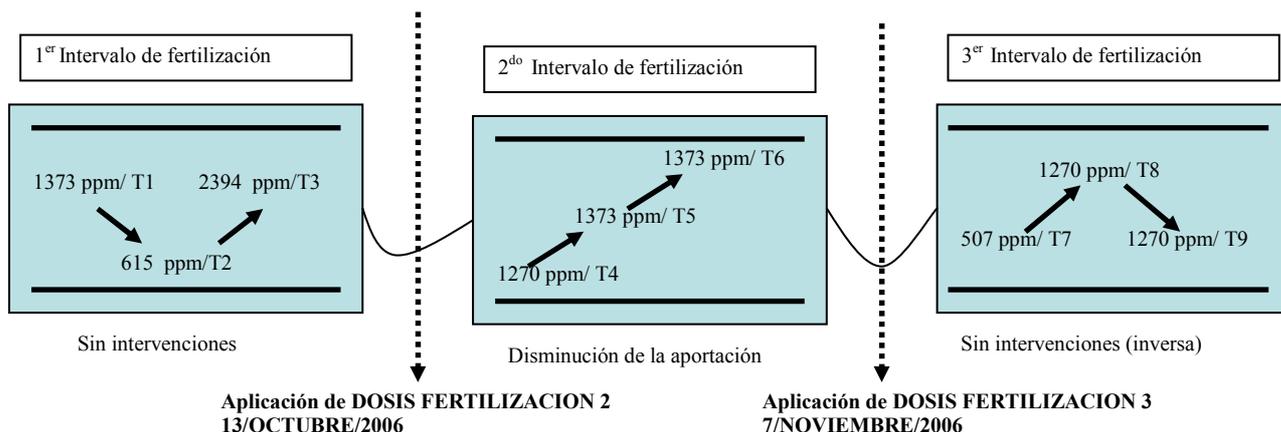
En cuanto a los niveles de este ion distribuido en la planta no existen estudios previos en los que se puedan comparar y contraponer los valores obtenidos para hojas viejas y nuevas; siendo los valores más estudiados los arrojados por los tejidos conductores, como tallo y pecíolo, ya que su comportamiento a través de la experimentación han demostrado ser estables. Normalmente en pecíolo y tallos los niveles de nitratos son altos, mientras que en hojas y raíz es moderado, frutos como flores presentan los niveles mas bajos (Amr, 2000); a nivel experimental no se cumplió esta proporcionalidad ya que en las hojas basales se encontraron los niveles más altos de  $\text{NO}_3^-$  alcanzando las 3345 ppm, los máximos encontrados en hojas jóvenes de 2540 ppm y en tallo 2406 ppm.

Los niveles de nitratos no mostraron un comportamiento consistente, no es predecible, existen demasiadas oscilaciones, entonces ¿como saber cual es el valor exacto que va afectar o incrementar el desempeño del cultivo? Se parte de que las necesidades nutricionales como vegetal deben contemplarse en la solución nutritiva, de ahí se modifica buscando objetivos específicos como formación vegetal, elevar el numero de floraciones, mayor cuajado de fruto repercutiendo en el rendimiento, de ahí el éxito de las diversas agrícolas productoras, saber variar los elementos nutricionales de acuerdo con las condiciones que físicamente va presentando la planta, que se demuestra directamente en la formulación de la solución nutritiva y las modificaciones que esta ha tenido.

Al momento de tener una fertilización base (revisar Cuadro 11), que ha sido funcional en el sistema productivo de ciclos productivos anteriores y su composición es examinada periódicamente a través del extracto celular, se puede obtener con base en la figura 8, lo adecuado de las aportaciones nutrimentales.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Datos evaluados en figura pertenecientes al apéndice 3 (Pág. 102) donde se evalúa los niveles obtenidos para la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en el segmento tallo abarcando los 9 tomas totales.



F8. Esquema de evaluación de las diferentes dosis de fertilización aplicadas al cultivo durante su ciclo productivo.

Durante el transcurso de la fertilización 1, no se necesitó ninguna modificación en la solución nutritiva; los valores registrados derivados de la tercera toma de ECTC<sup>3</sup> se mantienen en un margen adecuado solo disparándose el valor de la toma 3, saliéndose del óptimo de 1300ppm, (revisar Cuadro 11) donde se aprovechan mas los recursos nutricionales, independientemente de este valor sobrado, no existe un detrimento en el desempeño morfológico.

Ya en la fertilización 2, se observa un aumento inmoderado de este ion dentro de la planta, sin presentar ninguna sintomatología de intoxicación.

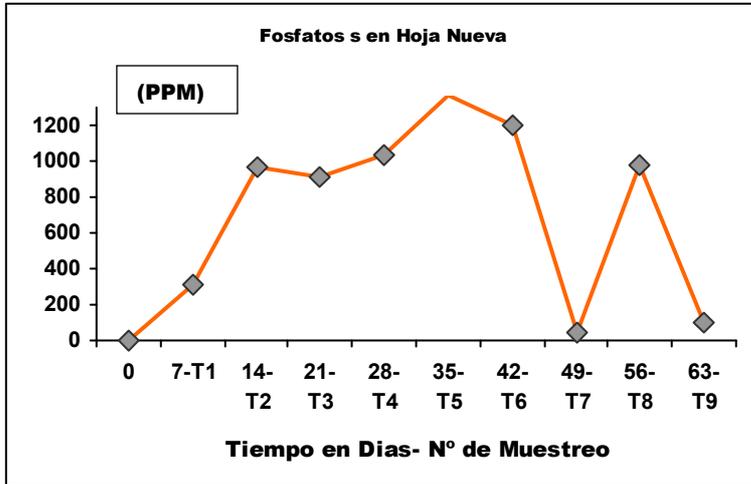
Existe una leve disminución de 0.02ppm (revisar Cuadro 11, diferencia en ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de la fertilización N° 1 vs 2) que debió ocasionar una disminución en los valores obtenidos posteriormente, no siendo así posiblemente debido a que durante el lapso de aplicación de esta solución nutritiva a través de los riegos que fueron aplicados con menos frecuencia ocasionando una mayor acumulación de sales y por ende un aumento en la absorción por la planta. En la aplicación de la fertilización 3, el aumento de fue de 4.5ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 77% más de lo anteriormente establecido justificándose esta acción ya que en fechas previas se realizó el primer deshoje, eliminando hojas basales (totalmente obsoletas para el funcionamiento de la planta) y dos hojas verdaderas compensando el estrés sufrido, así mismo, con la finalidad de dejar al fruto expuesto directamente al sol y fomentar la maduración homogénea; Sucesivo a esta 3<sup>ra</sup> fertilización, el 13 de noviembre de ese año se llevó acabo un desbrote alterno para eliminar vigor y encauzar

<sup>3</sup> ECTC: Extracto celular de tejido conductor; normalmente en investigaciones anteriores y por la parte de la planta utilizada para la extracciones es usada la abreviación ECP, extracto celular de pecíolo.

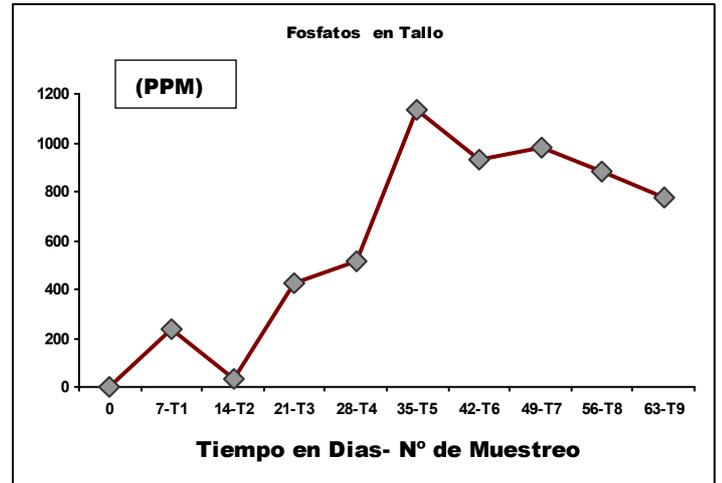
a la planta al llenado de fruto que se encontraba ya en el 4<sup>to</sup> racimo floral, este estrés es intenso para la planta compensado con los volúmenes aplicados para refortalecerla y seguir la tendencia de crecimiento en donde la ingerencia de este ion es esencial (Revisar cuadros diámetro tallo, número de hojas, altura de planta donde la tendencia se aproxima a la lineal)

A pesar de las múltiples oscilaciones en cuanto al volumen estipulado de este Ion dentro de la planta, físicamente durante todo el periodo experimental no se presentó ninguna anomalía nutrimental; Esto es posible ya que en diversas investigaciones se han registrado variantes significativas en los niveles de nitratos entre variedades de la misma especie, bajo condiciones climáticas similares, sin afectaciones. (Amr 2000).

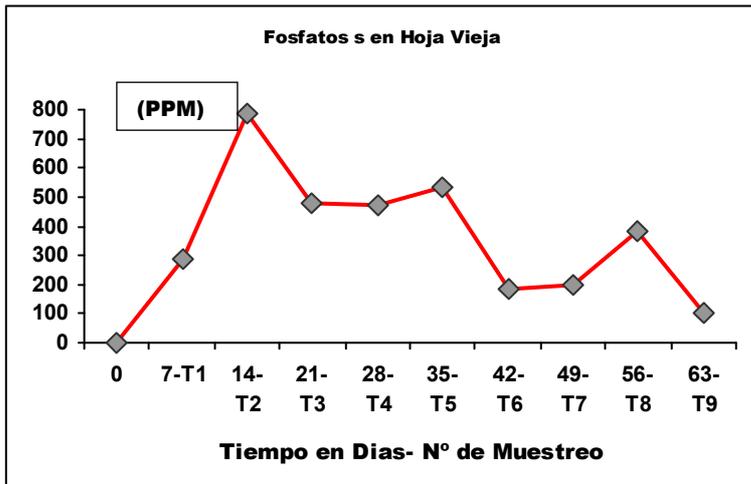
### 3.4.2 Fosfatos ( $H_2PO_3$ ) en los segmentos de tallo (tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva



GRAFICA 17



GRAFICA 18



GRAFICA 19

GRAFICAS 17,18,19. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum*, en términos de miligramos por litro de Fosfatos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (Brotos nuevos) Hoja Viejas (Basales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.

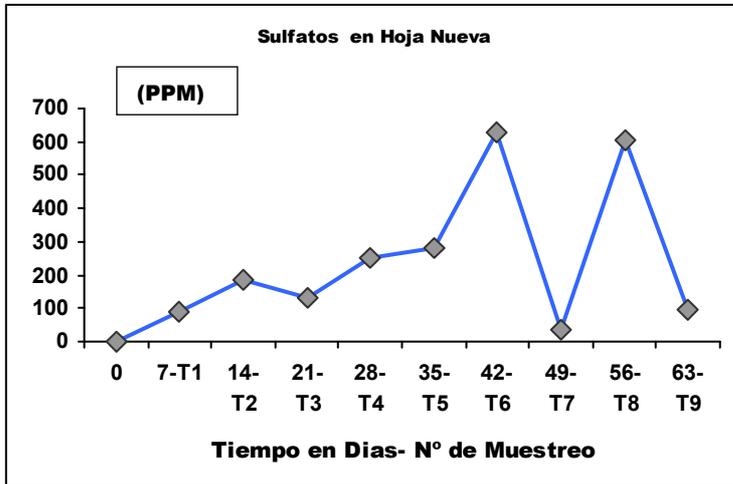
Las concentraciones del fosfato presentan una similitud en cuanto a la distribución en la planta, ya que al igual que los nitratos su tendencia es de incremento durante las etapas vegetativas e inicio de floración, sucesivamente se observa una disminución, debido a que este elemento tiene ingerencia en el tamaño y formación de las flores (Revista 2000 Agro N° 86) que aproximadamente a los 25 días de desarrollo después del transplante, la planta semanalmente arrojaba un nuevo botón floral que maduraba para ser polinizado durante el transcurso de la misma semana.

Otro de los objetivos con el manejo del fósforo es obtener raíces fuertes que soporten el desarrollo progresivo de la planta, así también mayor adaptación al sustrato y eficiencia en la absorción de nutrientes reflejado completamente en el vigor prioritario a etapas tempranas; pero su función esencial independiente de cubrir con las necesidades metabólicas y funcionales básicas en la planta es lograr con los volúmenes aplicados en la solución nutritiva una floración eficiente, donde el objetivo comercial se cumpla pudiendo predecir el número de frutos que se obtendrán; este es un punto crítico en el ciclo productivo, ya que influye directamente en los rendimientos finales.

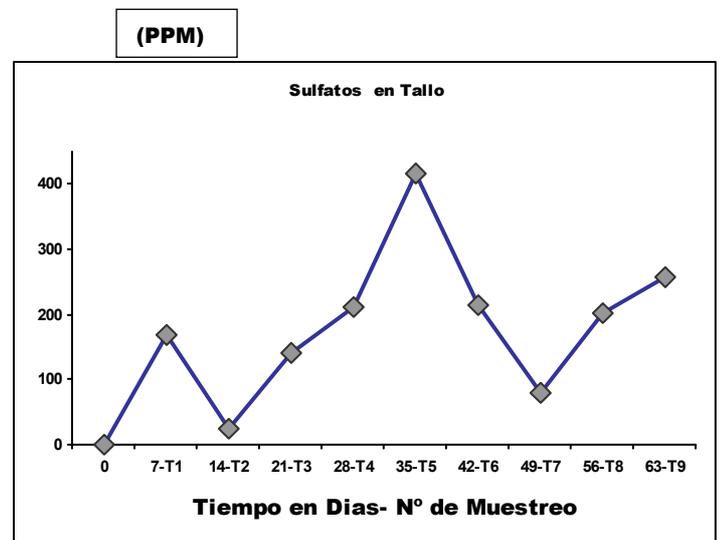
Las fertilizaciones no son muy contrastantes, (Revisar cuadro 11) de las cuatro fertilizaciones solo existe un aumento de 0.2 ppm, un 10%, aplicado durante el transcurso de la 4ª floración debido a que la planta se encuentra estabilizada y constante en el proceso de floración e incrementa su demanda para los sucesivos brotes florales, aunado a esto, se comprobó que durante el cuajado de frutos existe una disminución en la concentración de este ion (Ruiz, 2006).

Los datos derivados del análisis del tejido conductor están fuera de los parámetros establecidos por Bursag, a partir del día 21 se registran datos con 50% más del límite (Revisar cuadro 6) elevándose progresivamente hasta registrar como máximo valor 1140 ppm a los 35 días, este comportamiento sería un indicativo de que la planta presentaría afectación por intoxicación, la planta fue asintomática durante toda la evaluación.

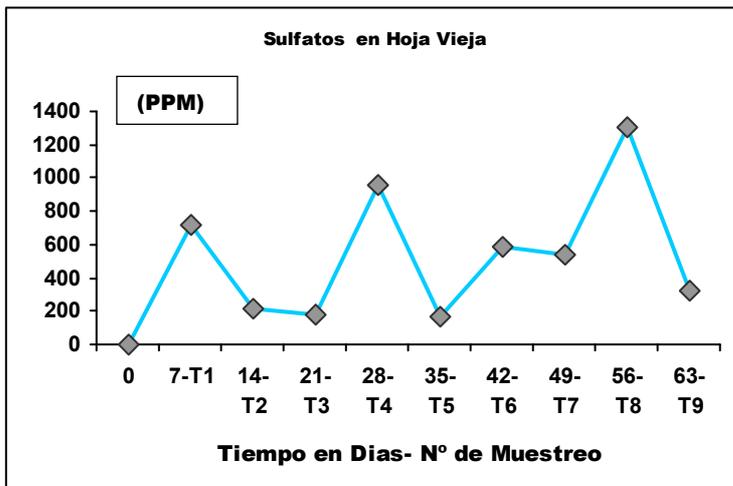
### 3.4.3 Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en los segmentos de tallo (tejido conductor) Hoja Vieja y Hoja Nueva



GRAFICA 20



GRAFICA 21



GRAFICA 22

GRAFICAS 20,21,22. Cinética de crecimiento de *Lycopersicon esculentum*, en términos de miligramos por litro de Sulfatos en extracto celular obtenido de los ejemplares de Hoja Nueva (Brotos nuevos) Hoja Viejas (Basales) y Tallo respectivas a cada fecha de muestreo.

El comportamiento de los Sulfatos en el extracto celular como se observa en las diversas partes de la planta es muy irregular. Dentro de las hojas nuevas el aumento presenta una tendencia muy homogénea a los 35 días de desarrollo, sucesivamente es inestable; el máximo dato obtenido fue de 630ppm a los 42 días de muestreo. En las hojas viejas aun es mas inconstante el comportamiento de los sulfatos, no existe una correlación directa de los volúmenes encontrados y el desempeño fisiológico; se considera que las hojas viejas, como hojas que totalmente se han desarrollado, se vuelven obsoletas para el funcionamiento en cuanto a la translocacion de nutrientes, debido a ello dentro de las actividades de poda, son las primeras en eliminarse. Las hojas viejas son inestables y no reflejan la condición nutrimental de este cultivo por ende, no es un buen órgano para rastrear algún elemento.

Al igual que en los demás órganos, el tejido conductor presenta picos inconsistentes durante el total de muestreo.

Existe una proporcionalidad entre el nitrógeno y el azufre de 100:9 la cual se considera normal, en la cual la planta no presentaría síntomas de desbalance nutrimental (Ingestad *et al* 2005); La proporción promedio obtenida durante el ciclo del cultivo es de 100:12 lo cual indica que la planta se encuentra intoxicada aunque no mostró ningún tipo de síntoma durante el transcurso de la toma de datos; en experimentos reportados por Heeb la planta presenta un amplio espectro de tolerancia, pero al encontrarse este elemento a niveles muy limitantes, aunque la disponibilidad y el consumo de nitrógeno sea el adecuado los aminoácidos simples no pueden ser sintetizados y por ende se vera limitado el crecimiento estructural (Heeb *et al* 2005).

Al analizar cada uno de los iones se observa que el entorno de la fertirrigación en-La Agrícola no se ve afectado de ninguna manera, no se pudo encontrar ningún punto crítico en cuanto a limitación de elementos nutrimentales para el cultivo, al contrario, el cultivo se desempeño en un sustrato con exceso de fertilizante lo cual tiene una relación directa con la asimilación de nutrientes por las plantas lo que indica para todos los casos un exceso de aplicación (Leyva *et al* 2005).

¿Se debe considerar reducir la cantidad de  $\text{mmol/L}^{-1}$  en la solución nutritiva ya que la planta muestra en su extracto celular niveles demasiados altos, fuera de los normales?

El generar información de este tipo amplia la visión de manejo sobre el cultivo, especialmente sobre la respuesta del cultivar. Si en el entorno nutrimental no existe

problema ya que la planta conservó una tendencia de desarrollo equilibrado, cubriendo los objetivos de producción, se puede mantener el sistema funcionando de esa manera. La primera consideración en el proceso productivo de La Agrícola, son las partidas presupuestarias, donde se considera mano de obra, mantenimiento de infraestructura y principalmente adquisición de fertilizantes, siendo esta última la que más absorbe capital; si reducimos los  $\text{mmol/L}^{-1}$  (meq/l) en la solución automáticamente la cantidad de fertilizantes aplicados disminuiría, un opción viable ya que el umbral de demanda teórico es bajo contrastando lo registrado en los extractos celulares. La premisa que refuerza esta acción es que todas las plantas presentan un máximo despliegue y aprovechamiento con cierta cantidad de nutrientes provistos por la solución nutritiva normalmente oscilante por la demanda en las diferentes etapas fenológicas, si los contenidos de nutrientes en la solución exceden lo que la planta puede transformar en biomasa el aprovechamiento del fertilizante sería deficiente tirando realmente dinero a la basura.

### 3.5 Descripción del Índice de Desviación Óptimo Porcentual

<u>Nivel 1</u>		Índice de Desviación Óptimo Porcentual							
Periodo de toma									
Ion	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-5.3325	11.1674	45.7059	2.2973	40.9744	45.971	156.2814	29.2022	17.657
H <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19.6644	696.7734	-34.4894	45.3662	75.3764	69.8037	71.4781	68.1878	63.8836
<u>Nivel 2</u>									
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-27.1788	62.4365	-58.2353	-21.309	-54.5957	-58.4392	97.1395	-45.5401	-9.4945
H <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-14.5682	469.1239	-53.2067	60.9759	-82.4117	-78.4312	-79.6272	-77.277	-74.2025
<u>Nivel 3</u>									
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-38.102	38.071	-64.5	-33.113	-61.4063	-64.6733	67.5686	-53.7091	-23.0703
H <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27.383	383.7553	-60.2257	-66.8295	-85.0499	-81.6665	-82.6831	-80.6855	-78.0722

CUADRO 14. Niveles iónicos del extracto celular de tejido conductor evaluados en relación a los valores establecidos por Bursag.

Podemos observar que no se contempla al sulfato para el análisis, a este se le considera de poca importancia dentro del desempeño dentro de la planta, sabiendo que al igual que los otros elementos tiene un límite para su aprovechamiento así como para provocar toxicidad. En la preparación de soluciones nutritivas es el último ion de importancia, el cual se utiliza para equilibrar los requerimientos de los demás iones base, previamente establecidos en el programa de fertilización; la planta del tomate es muy tolerante a las oscilaciones de este, visto a nivel práctico (Intagri 2007).

El cuadro 14 nos explica el índice de Desviación Óptimo Porcentual como método de diagnóstico nutricional el cual se acopló a los datos obtenidos, elaborándose con los datos establecidos en el cuadro 7; se aplicó este índice para cada uno de los valores considerados en cada nivel por Bursag, desde el óptimo (nivel 1) un estable (nivel 2) hasta el menos favorable (nivel 3) para cada una de las etapas de muestreo, por esto se muestran tres diferentes valores para cada muestreo y cada ion.

Los nitratos (marcados con azul) fueron los datos que mantuvieron en una relación más cercana ya que el valor obtenido mediante la ecuación utilizando la norma correspondiente al nivel 1 es el más bajo versus el valor de la norma del nivel 2 y 3, el cual nos revela un máximo aprovechamiento de los elementos nutricionales, con

tendencia al exceso de aplicación de fertilizantes casi en el total de la evaluación; Casos específicos como en la toma 1 donde existe carencia debido a que la planta se encontraba en un periodo de acondicionamiento dentro del invernadero y su crecimiento comenzaba a incrementar, por ende, la demanda de nutrientes no era exigente.

El caso de la toma 7 nos indica que es necesaria una aplicación del ion nitrato, de manera inmediata, ya que esta carencia influye directamente en el comportamiento de la planta, desmeritándolo, pero físicamente la planta se mantenía bien.

Los fosfatos (marcados con verde) al igual que los nitratos son los que muestran el valor mas bajo, concentrándose en el nivel 1; para el caso de la toma 1 el valor se encuentra dentro del nivel 2 aun apropiado utilizando el esquema de interpretación; el siguiente valor obtenido al periodo de toma 2, se encuentra al nivel 3, interpretando una necesaria aplicación del ion situación la cual no se volvió a presentar durante la evaluación.

Para complementar el DOP es necesario obtener el IDN así como el ORN los cuales no son calculables para este caso ya que en el método de evaluación no fueron contemplados los demás elementos nutrimentales que interactúan esencialmente, no se puede aseverar si los dos iones analizados limito uno al otro así mismo al crecimiento y con que importancia, se requiere mayor referencia nutrimental.

Al desarrollar el índice DOP nos arroja que existe en general un exceso de fertilizante durante el desarrollo del cultivo siendo este un indicativo de que el gasto es infructuoso en la solución nutritiva pudiendo disminuirla para el próximo ciclo del cultivo, ya que si fuera un análisis en tiempo real se podría corregir inmediatamente; es totalmente erróneo pensar que al aplicar mas nutrientes la planta crecerá más.

Otra cuestión de análisis es que el índice DOP indica que esos excesos dentro de la planta son una limitante nutrimental para el desempeño del cultivo, no en este caso ya que la planta en los parámetros morfológicos evaluados tiende a incrementar sin llegar a un exceso de vigor, conservando su condición apropiada.

El análisis a través de este índice nos amplía el panorama del estatus nutrimental, pudiéndose complementar con análisis más exhaustivos de macros y micro nutrimentos y como interactúan entre ellos, el sistema: planta-manejo-nutrientes en el valle de Culiacán.



#### 4. Conclusiones

- No existe una correlación significativa de desempeño entre los parámetros morfológicos seleccionados. La relación más íntima se da entre el peso seco y peso fresco siendo que todos los demás influyen progresivamente en el aumento de rendimiento.
- El crecimiento evaluado en función de los parámetros morfológicos presentó una tendencia de incremento relativamente homogénea, este, nunca se vio reducido debido a que la variedad utilizada es del tipo de crecimiento indeterminado, el cual se maneja hasta cubrir las condiciones de producción comerciales de 12 racimos de frutos, solo evaluándose la mitad del ciclo total del cultivo.
- El registro constante de los parámetros morfológicos es funcional como medida estratégica para la corrección de problemas que se presenten de desempeño ya que el tiempo preestablecido para el registro de datos y su interpretación constante permite que se generen acciones de remediación en cortos plazos.
- Los registros periódicos del desarrollo del cultivo con base en los parámetros morfológicos, es una herramienta funcional mas precisa que la de observación, la cual servirá de parámetro para corregir problemas en el sistema productivo al posterior ciclo.
- No se detecto proporción entre los volúmenes encontrados para cada ion en el extracto celular con el desempeño de los parámetros morfológico. El volumen de nutrimentos durante la evaluación presento oscilación con tendencia al exceso considerados fuera de la norma óptima sin afectación en el cultivo.
- La herramienta metodológica de análisis del extracto celular de tejido conductor es una base para poder rastrear el aprovechamiento nutrimental por la planta, la cual se debe aplicar a nivel de campo como una técnica inmediata para evitar el proceso tardado de laboratorio que retrase la interpretación perdiendo tiempo esencial en la reestructuración de actividades principalmente enfocadas a la fertirrigación.
- Para eficientizar este tipo de investigaciones relacionadas con las condiciones nutrimentales es necesario utilizar metodologías más dinámicas que generen

información rápida y precisa para poder tener ingerencia en el mismo ciclo de cultivo que se analiza y cubrir con las exigencias de asesoría que se requieran.

- Los volúmenes aplicados de fertilizante por La Agrícola no son eficientemente aprovechados por el cultivo, existe desperdicio de fertilizante repercutiendo con gran importancia en el gasto de capital.
- Las dosis aplicadas de fertilización en la solución nutritiva están excedidas para los requerimientos del cultivo, pero ésta no ocasiona detrimento alguno en el desarrollo de la planta.
- Replantear las dosis de fertilización para el próximo ciclo de cultivo, disminuyendo los  $\text{mmol}_c\text{L}^{-1}$  para los iones nitrato, fosfato y sulfato aplicados en la solución nutritiva.
- Durante el desarrollo del cultivo, a los 63 días muestreados, no se presentó fisiológicamente ningún tipo de trastorno nutricional.
- El índice de Desviación Óptimo Porcentual como método de diagnóstico nutricional es de fácil uso y eficiente pero se requiere para su buen funcionamiento estadístico la integración de mayor número de elementos nutricionales que interactúen en el análisis.
- El diagnóstico nutricional debe integrarse no solo con el rastreo de los nutrientes, se tienen que contemplar las condiciones climáticas externas e internas del invernadero así como el manejo agronómico elegido por los especialistas de La Agrícola en un estudio más preciso donde todos estos factores interactúen y sean contemplados.
- Los objetivos de La Agrícola del Campo y Asociados S.A. de C.V. es mantener los niveles de producción que cubran con las metas propuestas de rendimiento y calidad para los mercados extranjeros obteniendo mayores rendimientos económicos, por esto, es necesario que mediante la investigación realizada dentro de sus instalaciones genere información de manera rápida que ayude a optimizar cualquier punto detectado como deficiente, ya que todo se ve reflejado en dinero y prestigio.

## 5. Referencias bibliográficas.

- \* Alcantar G., G. M. Sandoval V. (1999) Manual de Análisis Químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, A.C. Chapingo, Mexico.
- \* Amr A., Hadidi N. (2001) 14, 59-67 Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO<sub>3</sub>) and nitrite (NO<sub>2</sub>) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. Journal of food composition and analysis.
- \* Anderlini R. 1989. El cultivo del tomate. Guías de agricultura y ganadería. Ediciones Creac, Barcelona. [ISBN 84-329-2207-2](#).
- \* Beaufils, E. R. (1973) Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal, 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
- \* Burgueño H. 1999. La fertigración en cultivos hortícola con acolchado plástico. BURSAG S.A. de C.V., Culiacán, Sin, México.
- \* Castellanos J. Z., Walle-Bueno J. X. (2000) Manual de interpretación de análisis de suelos y agua. INIFAP, Celaya Guanajuato, México.
- \* Castilla, P. N. (2001) Manejo del cultivo intensivo en suelo. En: Nuez, F (2001). El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- \* Cermeño F. Z. (1979) Cultivo de Hortalizas en invernadero. Edit. Aedos. Barcelona, España. pp 277-279.
- \* Champán H. D. 4<sup>ta</sup> impresión, (1984) Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas, México.
- \* Climente I. R. (1998) Efecto de la salinidad sobre la cebada (Hordeum Vulgare L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Universidad de Lleida. Tesis ISBN: 84-89727-64-3.
- \* Cotter, D.J.: Walter, J. N. (1967). Occurrences and biological effects of humidity in greenhouses. Proc. 17<sup>th</sup>. Int. Hort. Congr. 3.
- \* Esqueda R. J. (2003). Diagnostico nutrimental en jitomate de crecimiento determinado. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos Texcoco, Edo. México.
- \* Etchevers (1987) Análisis químico de planta, aspectos teóricos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- \* FAO (2001) Economic and social department, Statistics division.

- \* Fernández R. J, Camacho F. F., Ricardez S. M. (2004) El cultivo del tomate Cap 3. in Tomates, producción y comercio. Ediciones de Horticultura S. L., España.
- \* Gorini F. (1999) Guía completa del cultivo del Tomate. Edit. De Vecchi, Barcelona, España.
- \* Gómez U. R., Serrano A. A. (2006) Cromatografía, principios y aplicaciones ([www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/manchi/alim/CURSO0607/trabajos](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/manchi/alim/CURSO0607/trabajos)) Universidad Autónoma de Madrid.
- \* González M. A., Camacho M. J. (1995) Invernaderos diseño, construcción y climatización Edit. Mundi-prensa, 2da edición, España.
- \* Graetz, A. H. (1997) Suelos y fertilización 2da. Ed. Trillas, México.
- \* Harper, L.A; Pillas, J.E.; Bruce, R.R. (1979). Greenhouse microclimate for tomatoes in the southeast. J. Amer. Soc. Hort. Sci.
- \* Heeb A., Lundegardh B., Ericsson T, Savage P. (2005) Nitrogen Form affects yield and taste of tomatoes. Journal of the science of Food and Agriculture 85 : 1405-1414
- \* Hernández L., (Marzo/Abril 2006) TECNOAGRO ¿Por que tomates en invernadero? Edit. Elto S. A. de C. V., Edo. de México.
- \* Howard M. Resh, PH. D, (2001) Hydroponics food production. 6ta Ed.; Woodbridge press publishing company, USA California.
- \* Hurd, R.g.; Sheard, G. F. (1981) Fuel saving greenhouse; the biological aspect. Growers book, London.
- \* <http://www.inegi.gob.mx/inegi2006>
- \* Ingested T, Hellgren O. (1994) Data base for Tomato plants at Steady state. SLU Uppsala.
- \* INTAGRI. (2007). Curso Teórico-Práctico: Manejo de la fertilidad del suelo y de la nutrición de las hortalizas en el invernadero., Puebla Pue.
- \* Jones, J.,B. Jr., Wolf, B. y Mills, H.A. (1991) Plant Analysis Handbook. Micro-Macro publishing, Inc. Georgia, USA.
- \* Joe J. Hanan. (1998) Green houses, advanced technology for protected Horticulture CRL Prees. 1edit, USA.
- \* Llanos, C. M. (1984) El maíz, su cultivo y su aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- \* Leyva R. G., Sánchez G. P., Alcantar G. G. (2005). Revista Fitotecnica mexicana, abril-junio Vol. 28 N° 002. Contenido de Nitratos en extractos celulares de peciolo y frutos de tomate. UACH, Edo. De México, México.
- \* Manrribio, M. R. ;Cardenas A. R. ; Montalvo C. J. (1995) Desarrollo de las ventajas competitivas en la agricultura, el caso del Tomate. UACH, SAGPER, CIESTAM, México.
- \* Máster II de Nutrición Vegetal, Módulo I (1995) Historia e introducción a la nutrición mineral en cultivos hortícola intensivos. Universidad Politécnica de Cartagena.
- \* Montañés L. Heras, L. y M. Sanz 1991. Desviación del óptimo porcentual: Nvo. Índice para la interpretación del análisis vegetal An. Aula Dei. 20(3-4):93-107
- \* Montañés L. Heras L. Abadia J. Sanz M. 1993. Plant Analysis Interpretation Based on a New Index: Desviation From Optimum Percentage (DOP). Journal of Plant Nutrition 16(7):1289-1308
- \* Nuez F. (2001) El Cultivo de Tomate 1ª Ed. Mundi-Prensa. España.
- \* Nelson A. (1982) Botánica Agrícola. Ediciones Salvat. Barcelona-Madrid
- \*Perea E. (2007) Revista Industrial del campo: 2000 AGRO, Teorema ambiental N° 87 Editorial 3w México, México D.F.
- \* Rabiela S. C. (2006) Reporte de servicio social, programa: Evaluación de la fertilidad de suelos agrícolas y caracterización física y química de compostas., clave 2005-0012/0041-2573, FES-C 4, Edo. de México.
- \* Resh, Howard M. Ph. D. 2001. Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción Ed. Mundi Prensa. Departamento de Ciencia de las Plantas. Universidad de la Columbia Británica, Vancouver..
- \*Rodríguez C. B., Porras M. (1996) Botánica sistemática (compilación) UACH, Texcoco Edo de México.
- \* Rodríguez R., Tabares J. M. 1984. El cultivo moderno del tomate. Edit. Mundi-prensa, España.
- \* Ruiz C. (2006) Efecto de la dosis y forma de colocación del potasio sobre la concentración foliar de macro elementos en el tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) Revista de la Facultad de Agronomía-LUZ, vol.23, no.2 Maracaibo, Venezuela.
- \* SAGARPA (2002) Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Volumen 1. Centro de Estadísticas Agropecuarias. D. F. México.
- \* Salisbury, B. F. (1994) Fisiología Vegetal Grupo editorial Iberoamericana, México. pp. 141-148.

- \* Samperio R. G. (Marzo/Abril 2005) TECNOAGRO ¡No tratamos de sustituir al campo sino de optimizarlo! Edit. Elto S. A. de C. V., Edo. De México.
- \* Steiner, A., A. (1961). A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. Journal of Plan –Soil XV (2).
- \* Taber H. G. (2001). Petiole sap nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. Journal of plant nutrition 24(6), 945-959.
- \* Tan X. W., Ikeda H. (1999) The absorption, translocation, and assimilation of urea, nitrate or ammonium in tomato plants at different plant growth stages in hydroponic culture. Scientia Horticulturae 84 (2000) 275-283.
- \* Villanueva, O. B. y Ortiz, S. C. A. (1990) Edafología 7ma Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de suelos. pp. 197-213.
- \* Weier T. E., Stocking C. R. (1979) Botánica. 5<sup>ta</sup> edición. Universidad de California, Davis California.

**Apéndice 1.**  
**Datos recopilados de los parámetros morfológicos**

1° toma Martes/26 sep/06

UE.	Alt planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area foliar
17-145	14.3	0.2	5	2.9436	2.7701	154.59
15-225	14.1	0.2	6	2.4824	2.39	129.85
17-60	17.4	0.3	5	3.7685	3.5969	159.74
16-14	17.3	0.3	6	3.3147	3.1153	165.83
16-254	17.8	0.2	5	2.63	2.49	119.6
	16.18	0.24	5.4	3.02784	2.87246	145.922
	1.62653005	0.04898979	0.48989795	0.46770583	0.44120414	17.9641681
	10	20	9	15	15.3597	12

2° Toma Martes/3 Oct/06

UE.	Alt. planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar
02-038	24.6	0.4	8	11.5208	0.7876	461.47
7-238	23.8	0.4	8	11.5909	0.9406	447.11
9-181	25.1	0.4	9	12.0525	0.8946	517.81
7-202	28.2	0.4	9	14.4109	1.1999	587.27
14-63	23.2	0.3	7	13.5978	0.9213	762.59
	24.98	0.38	8.2	12.63458	0.9488	555.25
	1.73712406	0.04	0.74833148	1.162041	0.13623346	114.809283
	6.95	10.52	9.12	9.19	14.35	20.67

3° Toma Martes/10 Oct/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar
17-204	42.7	0.8	10	66.6	4.8509	3136.49
01-019	42.5	0.8	13	70.4	4.7731	0
11-055	46	0.7	12	81.5	5.7696	0
15-132	41	0.9	12	73.3	5.4786	0
19-296	46.2	0.8	12	100.1	6.7143	4762.69
	43.68	0.8	11.8	78.38	5.5173	3949.59
	2.30586209	0.07071068	1.09544512	13.320548	0.78991844	
	5.27	8.83	9.28	16.99	14.31	

4° Toma Martes/17 Oct/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	1er floracion 50%
02-065	59.8	0.9	14	162.3	11.0026	8570	
4-164	64.4	1.1	17	195.3	18.1223	8601.67	
11-038	84.2	0.9	16	223.9	17.1763	8600.45	
14-290	66.5	0.9	14	188.5	14.9476	8469.13	
17-34	66.9	1.2	15	246.6	21.2252	8570.2	
	68.36	1	15.2	203.32	16.4948	8562.29	
	9.29316953	0.14142136	1.30384048	32.6469294	3.80946096	48.595818	
	13.59	14.14	8.57	16.05	23.09	0.56	

5° Toma Martes/24 Oct/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	2da floracion 50%
6-186	104.1	1.1	16	339	38.2374	23100.346	
7-176	100.1	0.9	18	526	34.5033	20580.124	
01-036	81.5	1	16	365	25.0036	21400.512	
16-122	100.4	1.1	18	507.4	43.2422	20988	
18-135	104.9	1	16	517.5	36.9786	22413.65	
	98.2	1.02	16.8	450.98	35.59302	21696.5264	
	9.57914401	0.083666	1.09544512	91.060705	6.72208743	929.619732	
	9.75	8.20	6.52	20.19	18.88	4.28	

6° Toma Martes/31 Oct/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	3ra floracion 50%
14-37	131	1.2	18	775	61.3583	38231	
13-171	130	1.3	20	904	72.5362	46985	
18-76	136	1.3	17	1082	82.8067	33298	
13-270	135	1.4	19	1121	89.9891	25190	
7-297	126	1.4	18	857	74.5403	36072	
	131.6	1.32	18.4	947.8	76.24612	35955.2	
	4.03732585	0.083666	1.14017543	148.349924	10.8424077	7068.23371	
	3.06	6.33	6.19	15.65	14.22	19.65	

7° Toma Martes/07 Nov/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	4ta floracion 50%
3-134	156.2	1.3	23	430.3	62.3	32610	
9-149	163.2	1.2	21	1271.9	107.94	46398	
13-172	151.3	1.4	19	1607	127.39	57868	
16-213	156.5	0.9	19	1285	109.84	49932	
19-184	134.5	1.2	20	964.7	70.6	46702	
	152.34	1.2	20.4	1111.78	95.614	46702	
	10.833882	0.18708287	1.67332005	443.546488	27.8367847	8170.54877	
	7.11	15.59	8.20	39.89	29.11	17.49	

8° Toma Martes/14 Nov/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	5ta floracion 50%
02-060	177.5	0.9	24	1560.2	113.4	40402	
10-144	181.5	1.1	21	1470	87.6	28741	
12-237	185.8	1.4	21	2098	152.5	40020	
13-255	180.5	1.3	22	1819	130.3	36073	
15-300	189.2	0.9	26	1912.9	151.8	45113	
	182.9	1.12	22.8	1772.02	127.12	38069.8	
	4.12262053	0.22803509	2.16794834	257.099712	27.4473496	5474.7205	
	2.25	20.36	9.50	14.50	21.59		

9° Toma Martes/21 Nov/06

UE.	Alt. Planta	Diam. Tallo	N° de Hojas	Peso Fresco	Peso Seco	Area Foliar	6ta floracion 50%
5-141	202	1.3	25	1968.9	153.78	35123	
08-043	204	1.2	24	2310.5	180.46	40583	
8-178	199	1.4	22	2080.3	162.48	30908	
12-046	202	1.2	23	1951.9	152.45	46460	
16-125	211	1.2	28	2572.8	200.95	48268	
	203.6	1.26	24.4	2176.88	170.024	40268.4	
	4.50555213	0.08944272	2.30217289	235.714373	18.4116948	6580.58832	
	2.2129	7.0986	10.6646	10.82	10.82	16.34	

**Apéndice 2.**  
**Tabla. Desempeño general de parámetros morfológicos**

Tiempo	X P.Fresco	X Alt planta	X Diam tallo	X N° de Hojas	X P. Seco	X Area foliar	Alt/N° hojas	Alt/D. tallo	Alt/P.F	tallo/A. Foliar	N° hojas/P. F	Pf/Ps	Alt/Ps	Dt/Ps	N°h/Ps	A.Fol/Ps
0	1	11.13	0.21	3.4	0.1223	41.121	3.2735	53	11.13	0.21/4.76	3.4	8.17	91.00	1.71	27.80	336.23/0.002
7	3.02	16.18	0.24	5.4	2.87246	145.92	2.9962	67.41	5.35	0.079/12.58	1.78	1.05	5.63	0.08	1.87	50.80/0.019
14	12.63	24.98	0.38	8.2	0.9498	555.25	3.0463	65.73	1.97	0.030/33.23	0.64	13.29	26.30	0.40	8.63	584.58/0.0017
21	78.38	43.68	0.8	11.8	5.5173	3949.59	3.7016	54.6	0.55	0.010/97.97	0.15	14.20	7.91	0.14	2.13	715.85/0.0013
28	203.32	68.36	1	15.2	16.4948	8562.29	4.4973	68.36	0.33	0.004/203.32	0.07	12.32	4.14	0.06	0.92	519.09/0.0019
35	450.98	98.2	1.02	16.8	35.593	21696.52	5.8452	96.27	0.21	0.002/442.13	0.03	12.67	12.67	0.02	0.47	609.57/0.0016
42	947.8	131.6	1.32	18.4	76.2461	35955.2	7.1521	99.69	0.13	0.001/718.03	0.02	12.43	12.43	0.017	0.24	471.56/0.0021
49	964.7	152.34	1.2	20.4	95.614	46702	7.4676	126.95	0.15	0.001/803.91	0.02	10.08	10.08	0.012	0.21	488.44/0.0020
56	1772.02	182.9	1.12	22.8	127.12	38069.8	8.0219	163.30	0.10	0.0006/1582.16	0.01	13.93	13.93	0.008	0.17	299.38/0.0033
63	2176.88	203.6	1.26	24.4	170.024	40268.4	8.3442	161.58	0.09	0.0005/1727.68	0.01	12.80	12.80	0.007	0.14	236.83/0.0042

### Apéndice 3.

Tabla. Lecturas de extractos celulares

Muestra	NO3						H2PO4						SO4					
	ALTURA		AREA		Conc. (ppm) Altura	Conc. (ppm) Area	ALTURA		AREA		Conc. (ppm) Altura	Conc. (ppm) Area	ALTURA		AREA		Conc. (ppm) Altura	Conc. (ppm) Area
	Rep.1	Rep.2	Rep. 1	Rep.2			Rep.1	Rep.2	Rep. 1	Rep.2			Rep.1	Rep.2	Rep. 1	Rep.2		
Toma 1 Tallo	123.487	125.93	41.1792	42.4793	1373.228089	1474.115966	7.694	8.466	3.2101	4.0068	234.1049869	286.1686391	11.243	11.844	5.2295	5.7701	167.7244624	180.6097561
Toma 1 H. N.					56.34846885	68.0907563					22.03149606	72.65088757					12.56989247	12.93292683
Toma 1 H. V.	291.756	25.445	95.3173	7.846	1731.116156	1801.927731	16.963	3.124	6.8602	1.1976	285.6404199	311.0473373	72.501	31.723	38.1821	14.8557	713	821.4359756
Toma 2 Tallo	0.209	105.718	6.2404	26.1523	615.625132	612.5058824	0.613	0.386	0.3512	0.1157	35.14173228	86.46449704	0.452	1.319	0.5442	0.6169	24.47177419	30.63262195
Toma 2 H. N.	94.484	99.795	30.8114	32.3863	1082.108765	1130.236975	34.904	36.916	16.2424	17.1716	964.5511811	1061.230769	12.355	12.967	5.9127	6.1566	182.7446237	196.9161585
Toma 2 H. V.					56.34846885	68.0907563					22.03149606	72.65088757					12.56989247	12.93292683
Toma 3 Tallo	216.156	226.665	69.8976	72.8181	2394.368532	2466.67395	16.133	14.757	6.5179	5.6833	427.4120735	433.6331361	9.893	9.332	4.5824	4.1416	141.7701613	145.9207317
Toma 3 H. N.	100.590	109.829	33.924	37.1672	1167.325238	1262.90084	32.482	35.412	13.0648	14.2645	913.0288714	881.2100592	8.679	9.163	4.062	4.2091	132.4758065	139.0167683
Toma 3 H. V.	141.671	160.886	49.4495	55.1119	1653.79831	1825.42521	16.304	18.364	7.6093	8.5744	476.992126	551.4585799	11.746	13.071	5.4987	6.0871	179.3508065	189.5457317
Toma 4 Tallo	114.416	115.602	37.0482	37.1652	1270.804646	1315.37479	20.916	16.458	8.3265	6.6281	512.503937	515.0946746	13.767	15.703	6.3835	7.3976	210.6209677	223.0106707
Toma 4 H. N.	172.487	178.245	61.2673	61.8936	1908.154171	2138.021849	38.492	38.980	15.8664	15.8537	1038.724409	1011.115385	17.741	17.610	8.5771	8.3234	250.1438172	270.5625
Toma 4 H. V.	265.019	303.953	86.6233	100.3269	3060.424498	3210.110924	17.876	16.604	7.235	6.786	474.5249344	487.4733728	63.618	76.394	33.3568	40.5393	953.5107527	1139.397866
Toma 5 Tallo	197.732	208.737	64.5501	68.4048	2202.436114	2302.626891	40.566	44.404	16.6362	18.2956	1137.12336	1106.136095	28.819	31.185	14.1672	15.4339	415.8225806	464.1692073
Toma 5 H. N.	226.183	244.981	73.5203	79.6265	2544.014784	2641.986555	49.373	52.723	20.2051	21.7412	1361.874016	1313.66568	19.542	20.670	9.0583	9.5753	282.811828	296.9817073
Toma 5 H. V.	293.423	308.557	99.2199	103.8148	3234.701162	3480.438655	19.238	19.842	8.9165	9.2244	534.8923885	609.3639053	11.711		4.2679		91.27284946	77.99237805
Toma 6 H. N.	123.437	87.094	39.3717	27.3187	1167.916579	1188.937815	38.686	51.047	15.6038	22.9611	1199.629921	1213.62426	47.471	44.457	22.8527	21.9071	630.3655914	695.2469512
Toma 6 H. V.	26.771	144.187	9.3187	46.2182	958.9778247	1001.484034	3.753	8.479	1.7972	3.5289	182.5564304	230.2278107	32.105	52.854	15.253	25.2582	583.530914	630.4817073
Toma 6 Tallo	163.054	281.992	55.5466	93.4748	2406.116156	2572.652101	25.818	43.161	11.3308	19.0304	927.2677165	970.9112426	11.717	18.153	5.7234	8.9417	213.3091398	236.4862805
Toma 7 H.N.	98.096	78.820	23.3519	19.1186	990.4350581	781.8806723	0.970	0.450	0.772	0.351	40.66666667	105.8757396	2.072	1.089	1.2814	0.4408	33.81317204	39.18597561
Toma 7 H. V.	83.013	91.535	27.124	30.3313	977.9324182	1033.72605	6.135	7.146	3.0613	3.2826	196.3228346	260.3402367	37.461	40.538	18.1383	19.7253	536.7567204	590.1219512
Toma 7 Tallo	13.474	se repetira	5.4136	se repetira	#\VALOR!	#\VALOR!	1.586	se repetira	1.9214	se repetira	#\VALOR!	#\VALOR!	6.696	se repetira	3.7225	se repetira	#\VALOR!	#\VALOR!
Toma 8 H.N.	179.503	188.438	59.8848	63.3844	1999.014784	2139.842017	36.149	36.978	14.5918	15.1866	981.7034121	953.6686391	43.268	44.938	20.8141	21.9098	605.3521505	664.2118902
Toma 8 H.V.	279.431	343.499	96.1083	126.9153	3345.313622	3816.386555	12.253	15.094	5.6876	7.032	380.9160105	448.9704142	85.572	106.027	45.4055	59.3803	1300.197581	1610.277439
Toma 8 Tallo	164.241	172.866	55.1187	58.7203	1836.216473	1981.351261	31.989	33.401	12.9395	14.0754	880.167979	871.908284	13.938	14.341	6.6741	7.0084	202.6169355	221.507622
Toma 9 H.N.	32.668	21.074	8.8605	6.4507	340.0971489	325.4218487	3.343	2.181	1.1853	1.2263	94.52493438	144	6.770	5.385	3.1485	2.3957	94.25672043	97.44817073
muestra base 750ppm	119.970		39.6398		689.7697994	734.3058824					22.03149606	72.65088757					12.56989247	12.93292683
Toma 9 H.V.	69.663	58.328	21.1939	16.7145	732.1193242	705.2067227	3.976	2.353	1.5986	0.9274	105.0892388	147.3846154	26.960	19.545	11.7324	8.419	325.1034946	320.1189024
Toma 9 Tallo					56.34846885	68.0907563					22.03149606	72.65088757					12.56989247	12.93292683
Toma 6 HV triplicado	21.939	No calculable	6.9144	No calculable	#\VALOR!	#\VALOR!	1.153	no calculable	0.4902	no calculable	#\VALOR!	#\VALOR!	4.994	No calculable	2.9696	No calculable	#\VALOR!	#\VALOR!

## Apéndice 4.

### Variaciones estadística de los parámetros morfológicos, información arrojada por paquete estadístico SAS

**TOMA AL TRANSPLANTE 19/SEPTIEMBRE/06**

```

Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;
1 13.2 0.2 4 1.4366 0.1399 23.35
2 11.7 0.2 3 1.3447 0.1105 69.26
3 12 0.2 4 1.5133 0.1481 52.55
4 11.5 0.2 4 1.307 0.1102 35.5
5 10.5 0.3 3 1.4178 0.1265 35.5
6 12.1 0.2 4 1.5033 0.1576 59.16
7 9.9 0.2 3 1.1975 0.111 28.41
8 8.8 0.2 3 1.026 0.093 26.55
9 11.3 0.2 3 1.1293 0.1015 46.62
10 10.3 0.2 3 1.1728 0.1248 34.31
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;

```

DATOS DE SALIDA

The SAS System		The CORR Procedure				
6 With Variables:	altp Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol	
6 Variables:	altp Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol	
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	10	11.13000	1.26934	111.30000	8.80000	13.20000
Dtall	10	0.21000	0.03162	2.10000	0.20000	0.30000
Nhojas	10	3.40000	0.51640	34.00000	3.00000	4.00000
Pf	10	1.30483	0.16736	13.04830	1.02600	1.51330
Ps	10	0.12231	0.02095	1.22310	0.09300	0.15760
Afol	10	41.12100	15.19263	411.21000	23.35000	69.26000

Pearson Correlation Coefficients, N = 10

Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.17439	0.72550	0.76387	0.65111	0.37064
Dtall	-0.17439	1.00000	-0.27217	0.23718	0.07028	-0.13000
Nhojas	0.72550	-0.27217	1.00000	0.69539	0.68362	0.08605
Pf	0.76387	0.23718	0.69539	1.00000	0.86787	0.41326
Ps	0.65111	0.07028	0.68362	0.86787	1.00000	0.26895
Afol	0.37064	-0.13000	0.08605	0.41326	0.26895	1.00000

**PRIMERA TOMA--- MARTES 26/SEPTIEMBRE/06**

```

Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;

```

17-145	14.3	0.2	5	2.9436	2.7701	154.59
15-225	14.1	0.2	6	2.4824	2.39	129.85
17-60	17.4	0.3	5	3.7685	3.5969	159.74
16-14	17.3	0.3	6	3.3147	3.1153	165.83
16-254	17.8	0.2	5	2.63	2.49	119.6

```
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;
```

DATOS DE SALIDA

The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol  
6 Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	16.18000	1.81852	80.90000	14.10000	17.80000
Dtall	5	0.24000	0.05477	1.20000	0.20000	0.30000
Nhojas	5	5.40000	0.54772	27.00000	5.00000	6.00000
Pf	5	3.02784	0.52291	15.13920	2.48240	3.76850
Ps	5	2.87246	0.49328	14.36230	2.39000	3.59690
Afol	5	145.92200	20.08455	729.61000	119.60000	165.83000

Pearson Correlation Coefficients, N = 5

Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	0.58732	-0.24095	0.49249	0.48275	0.09341
		0.2977	0.6962	0.3993	0.4101	0.8812
Dtall	0.58732	1.00000	0.16667	0.89690	0.89503	0.76645
	0.2977		0.7888	0.0391	0.0402	0.1306
Nhojas	-0.24095	0.16667	1.00000	-0.22571	-0.22172	0.08718
	0.6962	0.7888		0.7151	0.7200	0.8891
Pf	0.49249	0.89690	-0.22571	1.00000	0.99844	0.82013
	0.3993	0.0391	0.7151		<.0001	0.0891
Ps	0.48275	0.89503	-0.22172	0.99844	1.00000	0.80190
	0.4101	0.0402	0.7200	<.0001		0.1026
Afol	0.09341	0.76645	0.08718	0.82013	0.80190	1.00000
	0.8812	0.1306	0.8891	0.0891	0.1026	

SEGUNDA TOMA----- MARTES 3/OCTUBRE/06

Data uno;

data exp;

input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

cards;

02-038	24.6	0.4	8	11.5208	0.7876	461.47
7-238	23.8	0.4	8	11.5909	0.9406	447.11
9-181	25.1	0.4	9	12.0525	0.8946	517.81
7-202	28.2	0.4	9	14.4109	1.1999	587.27
14-63	23.2	0.3	7	13.5978	0.9213	762.59

```

proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;

```

DATOS DE SALIDA  
The SAS System

The CORR Procedure

```

6 With Variables:  altp  Dtall  Nhojas  Pf  Ps  Afol
6 Variables:      altp  Dtall  Nhojas  Pf  Ps  Afol

```

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	24.98000	1.94216	124.90000	23.20000	28.20000
Dtall	5	0.38000	0.04472	1.90000	0.30000	0.40000
Nhojas	5	8.20000	0.83666	41.00000	7.00000	9.00000
Pf	5	12.63458	1.29920	63.17290	11.52080	14.41090
Ps	5	0.94880	0.15231	4.74400	0.78760	1.19990
Afol	5	555.25000	128.36068	2776	447.11000	762.59000

Pearson Correlation Coefficients, N = 5  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afo
altp	1.00000	0.51234 0.3775	0.78773 0.1136	0.55386 0.3327	0.77913 0.1204	-0.10751 0.8634
Dtall	0.51234 0.3775	1.00000	0.80178 0.1027	-0.41445 0.4878	0.10093 0.8717	-0.90298 0.0357
Nhojas	0.78773 0.1136	0.80178 0.1027	1.00000	0.05313 0.9324	0.44023 0.4582	-0.49528 0.3962
Pf	0.55386 0.3327	-0.41445 0.4878	0.05313 0.9324	1.00000	0.80753 0.0984	0.74310 0.1501
Ps	0.77913 0.1204	0.10093 0.8717	0.44023 0.4582	0.80753 0.0984	1.00000	0.26049 0.6721
Afol	-0.10751 0.8634	-0.90298 0.0357	-0.49528 0.3962	0.74310 0.1501	0.26049 0.6721	1.00000

### TERCERA TOMA----- MARTES 10/OCTUBRE/06

```

Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;
17-204      42.7  0.8  10   66.6  4.8509  3136.49
01-019      42.5  0.8  13   70.4  4.7731   0
11-055      46    0.7  12   81.5  5.7696   0
15-132      41    0.9  12   73.3  5.4786   0
19-296      46.2  0.8  12  100.1  6.7143  4762.69
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;

```

DATOS DE SALIDA  
The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol  
6 Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	43.68000	2.30586	218.40000	41.00000	46.20000
Dtall	5	0.80000	0.07071	4.00000	0.70000	0.90000
Nhojas	5	11.80000	1.09545	59.00000	10.00000	13.00000
Pf	5	78.38000	13.32055	391.90000	66.60000	100.10000
Ps	5	5.51730	0.78992	27.58650	4.77310	6.71430
Afol	5	1580	2238	7899	0	4763

Pearson Correlation Coefficients, N = 5  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.76664 0.1305	0.07720 0.9018	0.78583 0.1151	0.71876 0.1713	0.43245 0.4671
Dtall	-0.76664 0.1305	1.00000	-0.00000 1.0000	-0.21764 0.7251	-0.13025 0.8346	0.00000 1.0000
Nhojas	0.07720 0.9018	-0.00000 1.0000	1.00000	0.26693 0.6642	0.17005 0.7845	-0.47850 0.4149
Pf	0.78583 0.1151	-0.21764 0.7251	0.26693 0.6642	1.00000	0.96871 0.0066	0.55756 0.3288
Ps	0.71876 0.1713	-0.13025 0.8346	0.17005 0.7845	0.96871 0.0066	1.00000	0.51053 0.3794
Afol	0.43245 0.4671	0.00000 1.0000	-0.47850 0.4149	0.55756 0.3288	0.51053 0.3794	1.00000

CUARTA TOMA----- MARTES 17/OCTUBRE/06

**Data** uno;

**data** exp;

**input** UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**cards**;

02-065	59.8	0.9	14	162.3	11.0026	8570
4-164	64.4	1.1	17	195.3	18.1223	8601.67
11-038	84.2	0.9	16	223.9	17.1763	8600.45
14-290	66.5	0.9	14	188.5	14.9476	8469.13
17-34	66.9	1.2	15	246.6	21.2252	8570.2

**proc corr**; **var** altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**with** altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**proc print**;

**run**;

DATOS DE SALIDA

The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
6 Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	68.36000	9.29317	341.80000	59.80000	84.20000
Dtall	5	1.00000	0.14142	5.00000	0.90000	1.20000
Nhojas	5	15.20000	1.30384	76.00000	14.00000	17.00000
Pf	5	203.32000	32.64693	1017	162.30000	246.60000
Ps	5	16.49480	3.80946	82.47400	11.00260	21.22520
Afol	5	8562	54.33178	42811	8469	8602

Pearson Correlation Coefficients, N = 5

Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.23397 0.7048	0.37840 0.5300	0.55477 0.3318	0.33427 0.5825	0.26947 0.6611
Dtall	-0.23397 0.7048	1.00000	0.40674 0.4968	0.61620 0.2684	0.80958 0.0968	0.33347 0.5834
Nhojas	0.37840 0.5300	0.40674 0.4968	1.00000	0.35462 0.5581	0.55245 0.3342	0.71418 0.1754
Pf	0.55477 0.3318	0.61620 0.2684	0.35462 0.5581	1.00000	0.91247 0.0307	0.26444 0.6673
Ps	0.33427 0.5825	0.80958 0.0968	0.55245 0.3342	0.91247 0.0307	1.00000	0.27697 0.6519
Afol	0.26947 0.6611	0.33347 0.5834	0.71418 0.1754	0.26444 0.6673	0.27697 0.6519	1.00000

QUINTA TOMA----- MARTES 24/OCTUBRE/06

```

Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;
6-186 104.1 1.1 16 339 38.2374 23100.346
7-176 100.1 0.9 18 526 34.5033 20580.124
01-036 81.5 1 16 365 25.0036 21400.512
16-122 100.4 1.1 18 507.4 43.2422 20988
18-135 104.9 1 16 517.5 36.9786 22413.65
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;

```

DATOS DE SALIDA  
The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol  
6 Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	98.20000	9.57914	491.00000	81.50000	104.90000
Dtall	5	1.02000	0.08367	5.10000	0.90000	1.10000
Nhojas	5	16.80000	1.09545	84.00000	16.00000	18.00000
Pf	5	450.98000	91.06071	2255	339.00000	526.00000
Ps	5	35.59302	6.72209	177.96510	25.00360	43.24220
Afol	5	21697	1039	108483	20580	23100

Pearson Correlation Coefficients, N = 5  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	0.19340 0.7553	0.19536 0.7529	0.42633 0.4741	0.84050 0.0746	0.36035 0.5513
Dtall	0.19340 0.7553	1.00000	-0.21822 0.7244	-0.42849 0.4716	0.50600 0.3844	0.52085 0.3682
Nhojas	0.19536 0.7529	-0.21822 0.7244	1.00000	0.65883 0.2266	0.44539 0.4523	-0.80143 0.1030
Pf	0.42633 0.4741	-0.42849 0.4716	0.65883 0.2266	1.00000	0.43143 0.4682	-0.54883 0.3381
Ps	0.84050 0.0746	0.50600 0.3844	0.44539 0.4523	0.43143 0.4682	1.00000	0.13016 0.8347
Afol	0.36035 0.5513	0.52085 0.3682	-0.80143 0.1030	-0.54883 0.3381	0.13016 0.8347	1.00000

SEXTA TOMA----- MARTES 31/OCTUBRE/06

```
Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;
14-37 131 1.2 18 775 61.3583 38231
13-171 130 1.3 20 904 72.5362 46985
18-76 136 1.3 17 108 82.8067 33298
13-270 135 1.4 19 1121 89.9891 25190
7-297 126 1.4 18 857 74.5403 36072
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;
```

DATOS DE SALIDA  
The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
6 Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	131.60000	4.03733	658.00000	126.00000	136.00000
Dtall	5	1.32000	0.08367	6.60000	1.20000	1.40000
Nhojas	5	18.40000	1.14018	92.00000	17.00000	20.00000
Pf	5	753.00000	382.60619	3765	108.00000	1121
Ps	5	76.24612	10.84241	381.23060	61.35830	89.98910
Afol	5	35955	7903	179776	25190	46985

Pearson Correlation Coefficients, N = 5  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.11842 0.8496	-0.22810 0.7121	-0.39231 0.5136	0.57119 0.3145	-0.53252 0.3555
Dtall	-0.11842 0.8496	1.00000	0.15724 0.8006	0.35144 0.5619	0.74203 0.1511	-0.48868 0.4035
Nhojas	-0.22810 0.7121	0.15724 0.8006	1.00000	0.75360 0.1413	-0.00480 0.9939	0.38710 0.5197
Pf	-0.39231 0.5136	0.35144 0.5619	0.75360 0.1413	1.00000	-0.01442 0.9816	-0.04299 0.9453
Ps	0.57119 0.3145	0.74203 0.1511	-0.00480 0.9939	-0.01442 0.9816	1.00000	-0.70137 0.1869
Afol	-0.53252 0.3555	-0.48868 0.4035	0.38710 0.5197	-0.04299 0.9453	-0.70137 0.1869	1.00000

SEPTIMA TOMA ----- MARTES 7/NOVIEMBRE/06

```

Data uno;
data exp;
input UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
cards;
3-134 156.2 1.3 23 430.3 62.3 32610
9-149 163.2 1.2 21 1271.9 107.94 46398
13-172 151.3 1.4 19 1607 127.39 57868
16-213 156.5 0.9 19 1285 109.84 49932
19-184 134.5 1.2 20 964.7 70.6 46702
proc corr; var altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
with altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;
proc print;
run;

```

DATOS DE SALIDA  
The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol  
6 Variables: altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	152.34000	10.83388	761.70000	134.50000	163.20000
Dtall	5	1.20000	0.18708	6.00000	0.90000	1.40000
Nhojas	5	20.40000	1.67332	102.00000	19.00000	23.00000
Pf	5	1112	443.54649	5559	430.30000	1607
Ps	5	95.61400	27.83678	478.07000	62.30000	127.39000
Afol	5	46702	9135	233510	32610	57868

Pearson Correlation Coefficients, N = 5  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.13198 0.8324	0.26643 0.6648	0.10082 0.8719	0.39596 0.5094	-0.14114 0.8209
Dtall	-0.13198 0.8324	1.00000	0.31944 0.6003	-0.06348 0.9192	-0.05972 0.9240	-0.02121 0.9730
Nhojas	0.26643 0.6648	0.31944 0.6003	1.00000	-0.85987 0.0616	-0.71714 0.1727	-0.93185 0.0211
Pf	0.10082 0.8719	-0.06348 0.9192	-0.85987 0.0616	1.00000	0.94266 0.0163	0.96525 0.0077
Ps	0.39596 0.5094	-0.05972 0.9240	-0.71714 0.1727	0.94266 0.0163	1.00000	0.85186 0.0669
Afol	-0.14114 0.8209	-0.02121 0.9730	-0.93185 0.0211	0.96525 0.0077	0.85186 0.0669	1.00000



NOVENA TOMA ----- 21/NOVIEMBRE/06

**Data** uno;

**data** exp;

**input** UE altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**cards**;

5-141	202	1.3	25	1968.9	153.78	35123
08-043	204	1.2	24	2310.5	180.46	40583
8-178	199	1.4	22	2080.3	162.48	30908
12-046	202	1.2	23	1951.9	152.45	46460
16-125	211	1.2	28	2572.8	200.95	48268

**proc corr**; **var** altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**with** altp Dtall Nhojas Pf Ps Afol;

**proc print**;

**run**;

DATOS DE SALIDA

The SAS System

The CORR Procedure

6 With Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
6 Variables:	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
altp	5	203.60000	4.50555	1018	199.00000	211.00000
Dtall	5	1.26000	0.08944	6.30000	1.20000	1.40000
Nhojas	5	24.40000	2.30217	122.00000	22.00000	28.00000
Pf	5	2177	263.53668	10884	1952	2573
Ps	5	170.02400	20.58490	850.12000	152.45000	200.95000
Afol	5	40268	7357	201342	30908	48268

Pearson Correlation Coefficients, N = 5

Prob > |r| under H0: Rho=0

	altp	Dtall	Nhojas	Pf	Ps	Afol
altp	1.00000	-0.66999 0.2160	0.93516 0.0196	0.86751 0.0567	0.86752 0.0567	0.75951 0.1364
Dtall	-0.66999 0.2160	1.00000	-0.50993 0.3801	-0.42545 0.4751	-0.42544 0.4751	-0.90669 0.0337
Nhojas	0.93516 0.0196	-0.50993 0.3801	1.00000	0.73917 0.1535	0.73920 0.1535	0.58128 0.3040
Pf	0.86751 0.0567	-0.42545 0.4751	0.73917 0.1535	1.00000	1.00000 <.0001	0.48873 0.4035
Ps	0.86752 0.0567	-0.42544 0.4751	0.73920 0.1535	1.00000 <.0001	1.00000	0.48872 0.4035
Afol	0.75951 0.1364	-0.90669 0.0337	0.58128 0.3040	0.48873 0.4035	0.48872 0.4035	1.00000