

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**



**Aplicación de Fertilizantes Foliareos Mejorados con Aminoácidos en  
Plantas de Chile Pimiento Morrón (Capsicum annuum var. California  
Wonder 300), Bajo Condiciones de Invernadero**

**Por:**

**SAMUEL ESPINOSA RAMOS**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
Ing. Agrícola y Ambiental**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2003**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**Aplicación de Fertilizantes Foliareos Mejorados con Aminoácidos en Plantas de  
Chile Pimiento Morrón (Capsicum annuum var. California Wonder 300), Bajo  
Condiciones de Invernadero**

**Por:**

**SAMUEL ESPINOSA RAMOS**

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:  
Ing. Agrícola y Ambiental**

**Presidente del jurado**

-----  
**MC. Luis Miguel Lasso Mendoza.**

-----  
**Dr. Edmundo Peña Cervantes**  
**Sinodal**

-----  
**Ing. Blas Ríos Burciaga**  
**Sinodal**

-----  
**MC. Juan Manuel Cepeda Dovala**  
**Sinodal**

-----  
**MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos.**  
**Coordinador de la División de Ingeniería**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

## DEDICATORIA

A usted señor, Dios todo poderoso le doy gracias por la vida, salud, amor, sabiduría y por darme grandes dones para seguir adelante.

### **A mis padres:**

Sr. Abenamar Espinosa Macal  
Sra. Elizabeth Ramos Pereyra

Quienes han luchado incansablemente para lograr ser de mi un profesionalista. Con todo mi amor y cariño por su apoyo moral y económico.

### **A mis hermanas:**

Rosa Isabel Espinosa Ramos  
Agustina del C. Espinosa Ramos

Por sus consejos y aliento durante mi estancia de la familia.

### **A mis abuelos:**

† Jesús Espinosa Penagos  
Agustina Macal Estudillo

† Onecimo Ramos  
Graciela Pereyra Vicente

Por el inmenso cariño y valiosos consejos que siempre me brindaron.

A mis sobrinos Anita y Axel. Especialmente Ana Sofía quien con su llegada alegrara mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a mi familia, por su comprensión durante repetidas ausencias en mi formación profesional. Junto con ello, manifestarles todo mi cariño.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por haberme cobijado en sus aulas en la duración de la carrera Ing. Agrícola y Ambiental.

Ing. Luis Miguel Lasso Mendoza, Académico e Investigador de la UAAAN, por sus consejos, amistad incondicional y en la concreción del presente trabajo.

Ing. Blas, colaborador e investigador de la empresa COSMOCEL, debido a su dedicación a esta investigación, sus consejos y por la valiosa información aportada.

Dr. Edmundo Peña Cervantes por su asesoría, enseñanza y valiosa información aportada.

M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala por sus consejos y alientos durante mi proceso de formación profesional.

Biol. Rubén y Ana, Ing. Idalia y Raúl por sus consejos, confianza y amistad.

Oscar, Luis Miguel, Cirilo, Israel, José Luis, Isaías, Eliseo, Sandra, Mayra, Angélica, por su amistad y haber compartido parte de sus experiencias.

Ana Cristina, Blanca Azucena y Freysha por compartir parte de sus experiencias y amor incondicional.

Además, agradezco muy especialmente aquellos amigos y amigas. Gracias por sus consejos y sinceras manifestaciones de apoyo en todo momento.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Cuadros.....	V
Índice de Figuras.....	VI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
Origen e historia del chile pimienta morrón.....	4
Clasificación taxonómica.....	4
Etapas fonológicas y desarrollo del chile pimienta.....	5
Morfología del pimienta.....	6
Requerimientos Climáticos y Edáficos.....	8
Plagas y Enfermedades.....	10
Control de plagas.....	11
Cosecha.....	11
<b>Aminoácidos.....</b>	<b>12</b>
Antecedentes de los aminoácidos.....	12
Descripción y clasificación de los aminoácidos.....	13
Los péptidos y enlace péptico.....	15
Fertilizantes a base de Aminoácido.....	16
Usos de los aminoácidos en la agricultura.....	17
Funciones en el suelo.....	17
Funciones en la planta.....	19
Los aminoácidos y sus funciones en las plantas.....	21
Los aminoácidos en la fertilización foliar.....	23
Ventajas de la aplicación de fertilizantes con aminoácidos.....	24

<b>Funciones del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las plantas.....</b>	<b>27</b>
Nitrógeno.....	27
Fósforo.....	28
Potasio.....	33
Fotosíntesis.....	35
<b>Fertilización foliar.....</b>	<b>36</b>
Antecedentes de la fertilización foliar.....	36
Surfactantes y adherentes.....	37
Ventajas de la fertilización foliar.....	38
Limitaciones de la fertilización foliar.....	38
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
Ubicación del sitio experimental.....	40
Características del invernadero.....	40
Clima.....	40
Suelo.....	40
Material vegetativo.....	41
Fertilizantes foliares.....	41
Descripción de los tratamientos.....	43
Diseño experimental.....	43
Modelo estadístico.....	44
Establecimiento del experimento.....	44
Parámetros de evaluación.....	46
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Control de plagas.....	11
CUADRO 2. Factores que determinan la eficiencia de la aplicación foliar de nutrimentos.....	39
CUADRO 3. Distribución de los tratamientos y repeticiones del cultivo de chile pimiento.....	43
CUADRO 4. Calendario de aplicaciones de fertilizantes foliares con aminoácidos y evaluaciones del cultivo.....	45
CUADRO 5. Altura de plantas durante el ciclo del cultivo .....	48
CUADRO 6. Diámetro del tallo durante el ciclo del cultivo.....	49
CUADRO 7. Número de hojas por planta, durante el ciclo del cultivo.....	51
CUADRO 8. Longitud de raíz durante el ciclo del cultivo.....	52
CUADRO 9. Peso fresco de plantas durante el ciclo del cultivo.....	53
CUADRO 10. Peso seco de plantas durante el ciclo del cultivo.....	55
CUADRO 11. Peso fresco de raíz, durante el ciclo del cultivo.....	57
CUADRO 12. Peso seco de raíz, durante el ciclo del cultivo.....	58
CUADRO 13. Número de frutos del cultivo de chile pimiento.....	60
CUADRO 14. Comparación de tratamientos de acuerdo a los parámetros evaluados en chile pimiento morrón.....	61
CUADRO 15. Dosis óptima del chile pimiento y el análisis de planta en la aplicación de 3 productos foliares.....	62
CUADRO 16. Productos foliares aplicados en el cultivo de chile.....	62
CUADRO 17. Dosis óptima del chile pimiento y el análisis de planta en la aplicación de 2 productos foliares.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Aminoácidos esenciales en la síntesis de las proteínas.....	14
FIGURA 2. Unión del enlace péptico en las cadenas de aminoácidos.....	15
FIGURA 3. Representación de la altura promedio de planta.....	48
FIGURA 4. Representación promedio de diámetro del tallo de plantas.....	50
FIGURA 5. Representación promedio del número de hojas.....	51
FIGURA 6. Representación promedio de la longitud de raíz.....	52
FIGURA 7. Representación promedio del peso fresco de plantas.....	53
FIGURA 8. Representación promedio del peso fresco de follaje.....	54
FIGURA 9. Representación promedio del peso seco de plantas.....	55
FIGURA 10. Representación promedio del peso seco de follaje.....	56
FIGURA 11. Representación promedio del peso fresco de raíz.....	57
FIGURA 12. Representación promedio del peso seco de raíz.....	59
FIGURA 13. Representación promedio del número de frutos.....	60

## I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annum* L.) cv. California Wonder), es una hortaliza que pertenece a la familia de las solanáceas. Es un cultivo de suma importancia en nuestro país, ya que es un producto, que se consume como verdura fresca o procesada, por lo que tiene una amplia distribución en todo el país, cultivándose diferentes variedades que tienen formas, tamaños, colores y sabores muy variados.

México es uno de los principales abastecedores de chiles en los mercados de Estados Unidos y Canadá, principalmente en el ciclo invierno-primavera (meses noviembre a mayo), por lo que la importancia de este cultivo radica en la generación de divisas y socialmente también es importante ya que requieren de gran cantidad de mano de obra durante el ciclo del cultivo de 130 a 150 jornales ha<sup>-1</sup>.

La superficie de siembra del cultivo en México se ha incrementado paulatinamente, de acuerdo a las estimaciones de las principales asociaciones de chiles verdes, según datos de 1986 a 1987 aproximadamente unas 38,000 hectáreas para la siembra de más de 8 variedades de chiles verdes para el ciclo de otoño en las diferentes regiones agrícolas (De Santiago, 1996).

En México, la fertilización foliar se práctica principalmente en los estados del norte y centro en cultivos como algodón, sorgo, arroz, maíz, soya, frijol, nogal y frutales (Gooding y Davies, 1992; Medina et al., 1999; Trinidad y Aguilar, 1999).

Las investigaciones recientes con fertilización foliar han sido intensas en la búsqueda de una tecnología precisa para la aplicación de los nutrimentos en la cantidad y manera más efectiva, pero aun falta mucho por conocer sobre los tres factores que afectan la fertilización foliar y el efecto de las interacciones que hay entre planta-ambiente-fórmula. Con base en lo anterior, el objetivo de éste estudio fue aplicar fertilizantes foliares con contenidos de aminoácidos.

Es conocido el efecto, que tiene la aplicación de los aminoácidos en la agricultura actual, específicamente en las hortalizas. Entre estos productos destacan los aminoácidos de bajo peso molecular.

Los aminoácidos libres son rápida y totalmente absorbidos a través de la cutícula, y los péptidos, por ser de bajo peso molecular, se absorben lentamente. Los aminoácidos y péptidos son precursores de las enzimas y reguladores de crecimiento.

Una gran cantidad de estos aminoácidos se obtienen de residuos de productos de muy diversos tipos, que también existen en nuestro país, pero hace falta determinar las fuentes baratas, suficientes y disponibles. Hacer una caracterización de los ingredientes contenidos, una separación de ellos y evaluar la factibilidad económica para su aplicación en la agricultura.

## **II. OBJETIVO**

Evaluar la respuesta de la aplicación de fertilizantes foliares mejorados con aminoácidos y su influencia en el crecimiento y producción de chile pimiento morrón var. California Wonder 300.

## **III. HIPÓTESIS**

Es posible inducir un efecto promotor de absorción de los fertilizantes foliares por los Aminoácidos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de chile pimiento morrón var. California Wonder 300.

Los fertilizantes foliares mejorados con aminoácidos inducen un mejor crecimiento y producción.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e historia del chile pimiento morrón

El genero *Capsicum*, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área de Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7,000 años, y desde donde se habrían diseminado en todo América (Cano, 1998).

México y parte de América Central se consideran los principales centros de origen *Capsicum* y principalmente la especie *annuum* que es la más importante (Pozo, 1983).

En México fue donde se aclimato perfectamente y es por lo que actualmente existe la mayor diversidad de chiles (Valadez, 1994).

En 1492 Cristóbal Colón lo llevó a Europa y posteriormente se introdujo a Asia y África, donde ahora son ampliamente cultivados en los trópicos, subtrópicos y en las regiones cálidas de todo el mundo (Casseres, 1984; González y Bosland, 1991).

### Clasificación taxonómica

Janick (1985) clasifico al chile de la siguiente manera.

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Solanaceales

Familia: Solanaceae

Genero: *Capsicum*

Especie: *annuum*

## **Etapas fenológicas y desarrollo del chile pimiento**

### **Germinación y emergencia.**

El período de preemergencia varía entre 8 y 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor. Casi cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencias letales y ésta es la etapa en la que se presenta la mortalidad máxima.

### **Crecimiento de la plántula**

Luego del desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales. La tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse, pero todavía se considera que es muy susceptible.

### **Crecimiento vegetativo**

A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican. Generalmente la fenología de la planta se resume en: germinación y emergencia, crecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y fructificación. Si se va a sembrar por trasplante, éste debe realizarse cuando la plántula está iniciando la etapa de crecimiento rápido. La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal período y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación, y los frutos en desarrollo empiezan a acumular los productos de la fotosíntesis.

## **Floración y fructificación.**

Al iniciar la etapa de floración, el chile produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en parecen las axilas de las hojas superiores. El período de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponda a la capacidad de madurar los que tenga la planta. Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores producen fruto, luego ocurre un período durante el cual la mayoría de las flores aborta. A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y la producción de nuevas flores.

Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores . De esta manera, el cultivo de chile tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo.

## **Morfología del pimiento**

Según sus propiedades biológicas, el chile es una planta perenne de las regiones tropicales, pero se cultiva como si fuera anual en zonas templadas.

### **Raíz**

La raíz es pivotante y hermosa. La raíz primaria es corta y bastante ramificada, la mayoría de las raíces se encuentran a una profundidad de 5 a 40 cm y lateralmente llegan a medir hasta 1.20 m de diámetro alrededor de la planta (Guenkov, 1983).

## **Tallo**

El tallo es de crecimiento limitado y erecto, herbáceo, subleñoso, cilíndrico o prismático, pubescente de 30 a 120 cm de altura, depende de la variedad; cuando las plantas adquieren cierta edad los tallos lignifican ligeramente (Guenko, 1983).

## **Hojas**

Las hojas son simples, de forma ovoide alargada, varían mucho en tamaño. Son lapiñas o subglabras, enteras (alternas), ovales o lanceoladas y miden de 1.5 a 12 cm de largo y de 0.5 a 7.5 cm de ancho, el ápice es acuminado, la base de la hoja es cuneada y aguda y el pedicelo es largo a poco aparente (Arcos, et al. 1998)

## **Flores**

Se caracteriza por sus flores blancas y a veces púrpura, generalmente solitarias en las axilas de las hojas, aunque a veces se agrupan dos o tres, la corola es de cinco pétalos normalmente y el mismo número de estambres, pero puede encontrarse de seis ó siete con las anteras azuladas y dehiscentes longitudinalmente, con un número de órganos florales de cinco a siete.

El ovario es supero para facilitar la autofecundación, es bilocular pero a menudo multicelular, bajo domesticación el estilo es simple, blanco o púrpura, el estigma es capitado.

Los pedicelos miden más de 1.5 cm de longitud; el cáliz es campanulado, ligeramente dentado, aproximadamente de 2 mm alargado y cubre la base de los frutos, la corola es rotada y mide de 8 a 15 mm de diámetro (Sobrino, 1989).

## **Frutos**

Su fecundación es claramente autogama, no supera el porcentaje de alogamia de 19% (Maroto, 1983).

El fruto es una baya semicartilaginosa indehiscente con gran cantidad de semillas, colgante o erecto, naciendo solamente en los nudos, muy variable en forma, tamaño, color y pungencia; su forma es lineal, cónica o globosa, mide de 1 a 30 cm de longitud; el fruto inmaduro es verde o púrpura y cuando madura es de color rojo, naranja, amarillo, crema o púrpura, puede pesar hasta 300 grs (SARH, 1994).

## **Semilla**

Las semillas son de forma deprimida reniforme, lisas y de color blanco amarillento, sin brillo. El peso de las semillas oscila de 3.8 a 8 grs por fruto, y miden de 3 a 5 mm de longitud. El poder germinativo de las semillas frescas es de 95 a 98% y mantienen su viabilidad de 4 a 5 años; es dicotiledónea con germinación epigea (Maroto, 1983 y Valadez, 1996).

## **Requerimientos climáticos y edáficos**

### **Requerimientos climáticos**

Los factores ambientales son los que determinan la mayor o menor floración y como consecuencia, la futura producción (Baños et al, 1991).

Este cultivo es propio de regiones cálidas por lo cual no resiste heladas. El ciclo vegetativo del chile depende de las variedades, de las temperaturas en las diferentes etapas del cultivo (germinación, floración, maduración), de la duración del día y la intensidad lumínica.

Las semillas requieren para su germinación de una temperatura de 21.1 a 23.9 °C, necesita de una temperatura media diaria de 24°C. Debajo de los 15 °C es crecimiento es malo y con 10 °C el desarrollo del cultivo se detiene. Con temperaturas superiores a los 35 °C la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco (Cano, 1998).

La humedad relativa óptima oscila entre 50 a 70 %. Humedad relativa muy alta favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y dificulta la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos.

El exceso de humedad relativa retrasa la maduración y reduce el contenido de sólidos y si las temperaturas son bajas, también reduce la intensidad de color (Laborde, 1982).

### **Requerimientos lumínicos**

El chile es una planta que requiere buena iluminación, se le considera como una planta de día largo, ya que la insuficiencia en la intensidad de luz prolonga el ciclo vegetativo (Guenko, 1983).

### **Requerimientos edáficos**

El cultivo de chile se adapta a diferentes tipos de suelos, pero prefiere suelos profundos, de 38 a 80 cm de profundidad, de ser posible, franco arenosos, franco limosos o franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica y con un buen drenaje. Además se desarrolla en suelos con pH desde 6.5 a 7.0, por arriba o debajo de los valores indicados no es recomendable su siembra porque afecta la disponibilidad de los nutrimentos (Cano, 1998).

## Plagas y enfermedades

### Plagas

Las principales plagas en el pimiento son los trozadores, barrenadores, chupadores y mascadores. Los trozadores dañan las plantas recién plantadas; afectándose hasta un 30% del cultivo (Medina, 1984).

Las plagas que mas atacan al chile son en orden de importancia: la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), nematodo agallador, (principalmente del género *Meloidogyne*), barrenillo del fruto (*Anthonomus eugenii*), el pulgón verde (*Mizus persicae*), el minador de la hoja (*Liriomyza sp*), en etapa de plántula el caracol o babosa (*Agrio timas sp*) y en ocasión la roña roja (*Tetranychus sp*). De acuerdo al tipo de plaga, es la forma de control (Soria, 1993).

### Enfermedades

Las enfermedades virosas son el principal problema por las pérdidas económicas que causan al cultivo de chile. Los síntomas más comunes de estas enfermedades es el enchinamiento y mosaico del follaje; son transmitidas por los pulgones que se alimentan de las plantas, al no existir algún producto para su control, recomienda la rotación del cultivo y el control de los insectos que son los agentes transmisores (Piña, 1984).

Otras enfermedades son las manchas foliares ocasionadas por el hongo (*Cercospora*) que origina la caída de las completa de las hojas de un plantío, y en sus fases más severas, pudre las ramas tiernas. El hongo sobrevive de una temporada a otra en los restos de plantas que hayan quedado en el terreno y las esporas son diseminadas, por lluvia, herramientas de labranza o por el mismo hombre. Su prevención es con manzate D80 en dosis de 2 kg/ha. Difolán 50, ó Daconil en la misma dosis por hectárea en períodos de 10 días la aplicación.

Las enfermedades más importantes a nivel nacional son el chino del chile llamado también mulix que pertenece a un complejo de virus que es transmitido por insectos chupadores del chile, se dice que es causado por los hongos *Verticillium*, *Fusarium* o *Phytophthora*. El control de estas enfermedades puede hacerse en la rotación de los siguientes funguicidas; Manzate, Captan, Intercaptan ph, Cupravit mix y Folatán, con la dosis de 2 kg/ha dirigido al follaje cuando inicie el daño o estén en condiciones ambientales para su desarrollo (Soria, 1993).

**CUADRO 1.** Control de plagas.

<b>Plagas</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis/ha</b>
Mosquita blanca	Folidol	1 lt
	Thiodan	2 lt
	Orthere	1 lt
	Nuvacron	60 lt
	Ambush	250 cc
Nematodo agallador	Nemacur granulado 5%	4 gr/poceta
	Terbufos (counter) 5%	4 gr/poceta
Barrenillo del fruto	Gusathion	1.5 lt
	Sevin 80 PH	1.5 kg
	Thiodan	2 lt
	Lorsban 480 E	1.5 lt
Pulgón verde	Primidor	1 kg
	Tamaron	1 lt
	Monitor	1 lt
	Selexone	1 lt
Minador de la hoja	Lorsban 480 E	1.5 lt
	Folidol	1 lt
	Tamaron	1 lt
	Perfecthion	1 lt
Babosa o caracol	Metaldehido (mata caracol)	10 lt
	Omite G <sub>3</sub>	1 lt
	Gusathion	1.5 lt
	Folimat	0.5 lt
	Parathion etílico	1 lt

### **Cosecha**

La primera cosecha se realiza cuando los frutos tengan color verde brillante y sean duros al tacto, esto ocurre aproximadamente a los 90 días después del transplante; las siguientes cosechas se efectúan cada semana, si este tiempo se alarga, el fruto sazón colorea y baja su valor comercial (Medina, 1984).

## **Aminoácidos**

Los aminoácidos son moléculas orgánicas que forman parte de las proteínas. Las plantas por sí solas son capaces de biosintetizar aminoácidos a través de compuestos inorgánicos como nitrógeno, azufre y otros compuestos orgánicos.

Los aminoácidos son los elementos estructurales de la base de las proteínas. Cada proteína tiene propiedades físico-químicas particulares, conferido por la secuencia de sus aminoácidos y su estructura tridimensional. En las plantas desarrollan funciones estructurales (como componentes de las paredes celulares), enzimáticas (muchos procesos bioquímicos están catalizados por proteínas) y hormonales.

Las proteínas participan en la casi-totalidad de las reacciones químicas de los organismos vivos. Su importancia universal está confirmada por su papel de enzima, catalizando sus reacciones químicas de las células vivas.

## **Antecedentes de los aminoácidos**

La existencia de los aminoácidos en el suelo se conoce desde el comienzo del siglo pasado, cuando Suzuki, (1906 – 1908) recogió la presencia de ácido aspártico, alanina, ácido aminovalérico, y prolina en una hidrólisis ácida de ácidos húmicos. En 1917, otros aminoácidos fueron aislados del suelo, como ácido glutámico, valina, leucina, isoleucina, tirosina, histidina, y arginina (Stevenson, 1994).

A finales de los años 70 surgió la alternativa en la agricultura de la fertilización directa de las plantas con aminoácidos libres. Este método evitaría la transformación química del nitrógeno nítrico y amónico dentro de la planta en aminoácidos y por tanto llevaría a esta a un importante ahorro energético que le ayudaría tanto a superar situaciones de estrés como para fomentar su crecimiento y desarrollo.

También se sabe que los aminoácidos están íntimamente relacionados con los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Algunas hormonas vegetales se encuentran unidas a aminoácidos o proceden de la transformación de estos, lo que indica el importante papel que puede tener la aplicación de aminoácidos libres como fertilizantes.

Trabajo reportado (Rodgers, 1993) que, ninguno de los valores de peso fresco y porcentaje de materia seca fue afectado por las tres dosis de Nitrógeno. Además la concentración de  $\text{NO}_3$  en las plantas de ambos cultivares no fue afectada considerablemente por los tratamientos de urea y proteínate.

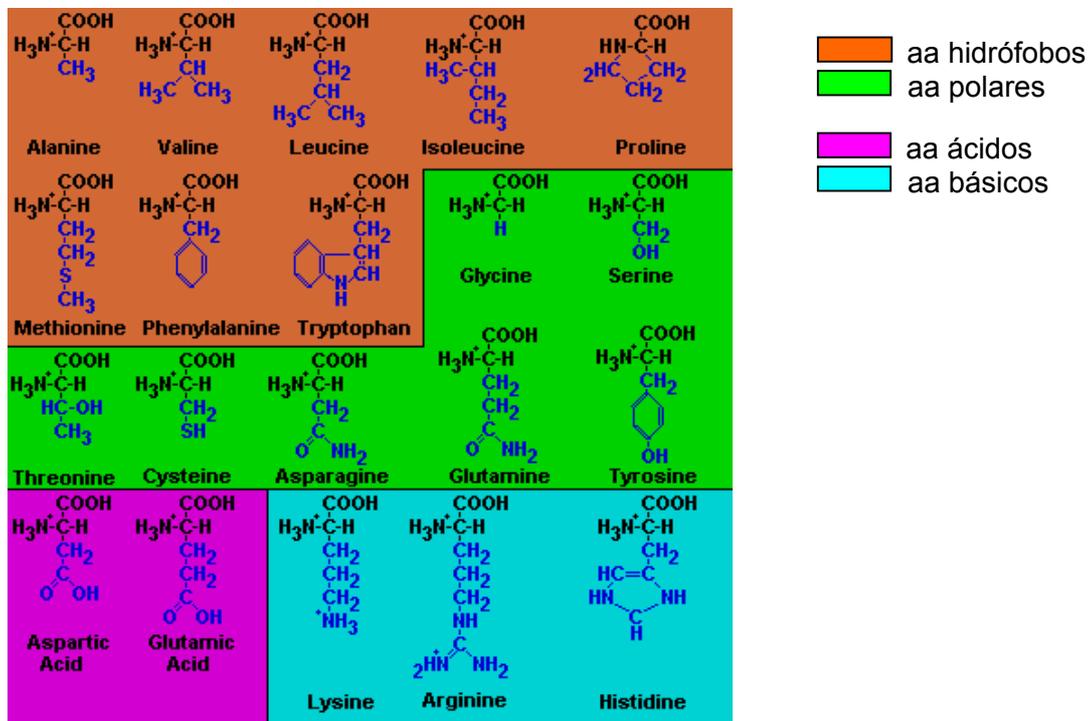
Una tendencia negativa fue observada para los aminoácidos hidrofílicos durante la etapa de crecimiento de la yema floral en manzano. Esto, sugiere que algunas de las proteínas sintetizadas nuevamente en la caída de las hojas deban tener niveles más altos de aminoácidos hidrofílicos en sus primeras etapas con una alta solubilidad y pocos aminoácidos hidrófobos. La inactividad y la significancia biológica de esta proteína recién sintetizada durante la latencia no tuvieron estabilidad, ni es sabido si los procesos moleculares fundamentales puedan regular la expresión diferenciada del gene que determina los modelos de transformación de la proteína en los brotes. No es posible, a este punto, evaluar la significancia de estas variaciones transitorias estacionales en cualquier aminoácido ó grupo de ellos, no se entiende claramente si la serie de reguladores destaca en las reacciones bioquímicas en la latencia de las yemas florales. Otros estudios detallados son necesarios para comprobar su función en brotes florales de manzano (Khanizadeh, 1994).

### **Descripción y clasificación de los aminoácidos**

Se caracterizan por tener en su molécula un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) y un grupo ácido ( $-\text{COOH}$ ) unidos a un mismo carbono, denominado carbono alfa. A este carbono se encuentran unidos también un átomo de hidrógeno y un radical que es el que diferencia a los distintos aminoácidos.

En función de la posición que ocupen en el espacio los 4 grupos unidos al carbono alfa se distinguen dos tipos de isómeros denominados dextrógiros (D) y levógiros (L). Los aminoácidos que forman las proteínas, denominados aminoácidos proteicos, y la mayoría de los que se encuentran en la naturaleza, son siempre de la forma L.

Además de los aminoácidos proteicos, que son 20, existen otros que se presentan en forma libre o combinada, pero nunca formando parte de las proteínas. A estos se les denomina aminoácidos no proteicos y se conocen más de 200.



**FIGURA 1.** Aminoácidos esenciales en la síntesis de las proteínas.

Se puede observar la fórmula de ellos, en color negro la parte común, mientras que en color azul puede verse la parte variable, que da a los aminoácidos distinto comportamiento.



## **Fertilizantes a base de aminoácidos**

Los productos a base de aminoácidos, que existen en el mercado se obtienen por uno de los tres procesos siguientes:

**1. Hidrólisis de proteínas.** Es el procedimiento más usual y económico, la hidrólisis puede ser de acuerdo a (Kvesitadze et al., 1996).

**a). Hidrólisis ácida.** Las proteínas son fraccionadas al hervirlas con ácido. En la actualidad se usa ácido clorhídrico, consiguiendo que la temperatura de hidrólisis sea inferior de 250 ° C.

**b). Hidrólisis básica.** Las proteínas son fraccionadas con bases.

**c). Hidrólisis enzimática.** Las proteínas son sometidas a la acción de ciertas enzimas. En la digestión sus moléculas se hidrolizan formando polipéptidos y aminoácidos.

**2. Por síntesis.** La composición de estos productos esta perfectamente definida, y en la obtención limitan el proceso que siguen los organismos vivos para obtener los aminoácidos libres. Aunque tienen efectos reconocidos en el metabolismo y en algunos procesos fisiológicos de las plantas (Liñan, 2001), su elevado precio en ocasiones los hacen no viables.

**3. Por biotecnología.** Se utilizan las técnicas desarrolladas por la ingeniería genética; los productos que resultan tienen precios muy altos aunque son muy eficaces (Kvesitadze, 1992).

## **Usos de los aminoácidos en la agricultura**

Existen diferentes tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los aminoácidos, polisacáridos, péptidos, etc. Otros más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas, ácidos húmicos, etc, que al ser aplicados a las plantas, normalmente por vía foliar, pero también por vía radicular, son bien absorbidos por las mismas y utilizados de forma más o menos inmediata. Aún cuando son considerados fuente de N, no es este aspecto el que justifica su utilización sino el efecto activador que produce sobre el metabolismo del vegetal. Se aconseja en la mayoría de los casos, que sean aplicados junto con un abono mineral adecuado al cultivo y a su estado fenológico (Liñan, 2001).

Algunos formulados, además de micronutrientes, contienen cantidades respetables de nitrógeno, fósforo y potasio.

Los concentrados y soluciones de aminoácidos pueden contener como máximo 24 aminoácidos diferentes. De ellos 20 se consideran esenciales para el hombre porque no los puede sintetizar.

Aplicar el calificativo esencial a un aminoácido respecto de una planta no es correcto, salvo que se disponga de la información suficiente como para que pueda demostrarse que un aminoácido concreto no es sintetizado por esa especie (Liñan, 2001).

Los productos comerciales que podemos encontrar en el mercado justifican el uso de este tipo de nutrientes biológicos, por sus efectos bioestimulantes, hormonales y reguladores del metabolismo.

## **Funciones en el suelo**

Lucena (2000) propone los efectos de los aminoácidos sobre las propiedades químicas del suelo de manera semejante a las sustancias húmicas, aunque con una serie de diferencias significativas.

- Los aminoácidos representan una fuente orgánica altamente nitrogenada, en contraposición a las sustancias húmicas de esqueleto principalmente carbonado. Por tanto, en su degradación microbiana los aminoácidos producirán N fácilmente asimilable mientras que las sustancias húmicas, si no están bien establecidas serán consumidoras de N (Kvesitadze et al., 1996).
- Los aminoácidos al presentar grupos carboxílicos y amínicos libres tienen doble capacidad de reacción, como ácidos y como bases, actuando tanto sobre cationes como aniones. En suelos calizos se presentan fundamentalmente en forma aniónica (Kvesitadze et al., 1996). Las sustancias húmicas son sin embargo ácidos, actuando sólo sobre cationes.
- Los aminoácidos forman complejos bien definidos, en los que el Fe, Cu, Mn serían los cationes que forman los complejos más estables. No olvidemos que los quelatos férricos sintéticos más estables son ácidos poliaminocarboxílicos, es decir, con estructura peptídica. Las sustancias húmicas, debido a la presencia de fenoles complejan perfectamente al Fe y Zn (Casados, 2000).

Según Lucena (1997), las principales propiedades de las sustancias húmicas pueden ser también atribuidas a los aminoácidos:

- Transportadores de metales.
- Control de disponibilidad de nutrimentos y elementos tóxicos.
- Elevada capacidad de intercambio catiónico.
- Acidificantes o controladores del pH.
- Favorecedores del desarrollo de micro y macroorganismos.

Un estudio sobre la interacción de aminoácidos en suelo, revelo que la capacidad de intercambio catiónico no varía de forma relevante en suelos calizos, mientras que la disponibilidad de nutrimentos aumenta, en particular la de Mn y Cu, aunque en presencia de microorganismos (Roik et al., 1996).

Se observa un efecto sinérgico con quelatos del tipo Fe-EDDHA y SIAPTON, por lo que su aplicación conjunta podría disminuir las pérdidas de Fe y quelato por retención en la superficie del suelo (Lei, 1991).

### **Funciones en la planta**

Todas las especies vegetales necesitan sintetizar los aminoácidos necesarios para la formación de proteínas, a partir de glucosa y nitrógeno mineral. Para esta síntesis de aminoácidos y proteínas la planta efectúa un importante consumo energético. En la actualidad se suministra a la planta directamente los aminoácidos necesarios, con el fin de conseguir un ahorro energético, absteniéndose así una respuesta muy rápida.

Los compuestos de nitrógeno orgánico de bajo peso molecular, como los aminoácidos, tienen una gran importancia en la adaptación de plantas a sustratos salinos, puesto que protegen a las enzimas de la inactivación producida por altas concentraciones de NaCl y a las membranas contra la desestabilización por calor (Abdón et al., 1991).

Cuando las plantas se ven sometidas a estrés, dependiendo de la especie, van acumulando aminoácidos. La acumulación de aminoácidos es mayor cuando mayor es el tiempo al que las plantas se ven sometidas a estrés. Por ejemplo la prolina empieza a incrementar sus niveles hasta por encima del 1% en masa seca, cuando los potenciales de agua se hacen negativos. En situaciones de estrés salinos, los compuestos orgánicos, para evitar los efectos negativos de la acumulación de sales en la construcción de tejidos, mantienen el balance osmótico con la solución del suelo.

La prolina lleva a cabo este proceso, junto con otros aminoácidos y con otros compuestos como el glicerol y los ácidos orgánicos (Casado, 2000).

La síntesis de polipéptidos se inducen en presencia de metales pesados, debido que algunos contienen azufre, que es un elemento capaz de enlazarse a grandes cantidades de metales pesados, y pueden jugar un papel importante en la desintoxicación de metales pesados (Abdón et al., 1991).

Los aminoácidos son precursores de algunos compuestos hormonales en la planta. En la síntesis del ácido indol – 3 – acético (AIA), el triptófano juega un papel muy importante; las dos rutas que se proponen para la síntesis de AIA implican al indol – 3 – acetaldehído como compuesto intermedio que proviene de la descarboxilación y desaminación del triptófano (Azcón – Bieto et al., 1993).

En la aplicación de diferentes concentraciones de triptófano a plantas de algodón, los resultados mostraron que las aplicaciones de triptófano al suelo se correlacionaban con elevados niveles de auxinas en plantas, los autores atribuyeron esta respuesta, a que el triptófano era convertido en auxinas por la microflora de la rízosfera que las aportaba directamente a la planta. Las aplicaciones foliares de triptófano no provocaron efectos tan significativos como las aplicaciones a la rízosfera que mejoraban el crecimiento de la raíz, la capacidad para captar nutrimentos, obteniendo niveles de NPK mayores y aumentando el crecimiento de la planta en general (Arslad, 1995).

Los aminoácidos que se aplican pueden contener oligopéptidos capaces de influir sobre los factores reguladores de ARN – polimerasa provocando un aumento de la velocidad de transcripción generando DNA, de la expresión genética (Roik et al., 1996).

## Los aminoácidos y sus funciones en las plantas

Las combinaciones que pueden realizarse, permiten la formación de estructuras tridimensionales dotadas de funciones distintas (Inagrosa). Algunos Aminoácidos tienen funciones de actuación en los vegetales como:

**Alalina:** Fuente energética. Incrementa la síntesis de la clorofila. Potencia la fotosíntesis y mejora la producción de productos, cualitativa y cuantitativamente.

**Arginina:** Constituye una reserva de nitrógeno. Colabora en la síntesis de la clorofila. Rejuvenece las células. Estimula el desarrollo del sistema radicular.

**Ácido Aspártico:** Es fuente de nitrógeno para los vegetales. Interviene en los procesos metabólicos de las plantas. Favorece la yarovización y el poder germinativo de las semillas.

**Fenilalalina:** Influye en la formación de los compuestos humificados.

**Glicina:** Posee acción quelatante. Favorece la creación de brotes y hojas. Es un constituyente de la clorofila. Confiere resistencia a las plantas en situaciones de estrés.

**Ácido Glutámico:** Promueve el crecimiento de los vegetales. Favorece la asimilación del nitrógeno inorgánico. Estimula los procesos metabólicos en las hojas jóvenes. Confiere resistencia a las plantas en situaciones de estrés.

**Leucina:** Aumenta la síntesis de las proteínas. Incrementa la producción de frutos. Mejora la calidad de los mismos.

**Lisina:** Potencia la síntesis de la clorofila. Interviene en los procesos de resistencia de las plantas ante situaciones de estrés, salinidad, fitotoxicidad, etc.

**Metionina:** Favorece la maduración de los frutos al ser precursor del etileno. Incrementa la cantidad y la calidad de la producción. Favorece el crecimiento radicular.

**Prolina:** Regula el equilibrio hídrico de las plantas. Mantiene la fotosíntesis aún en condiciones extremas. Aumenta las condiciones de carbono y nitrógeno en las plantas. Aumenta la germinación del polen en condiciones extremas. Facilita la cicatrización.

**Serina:** Interviene en mecanismos de resistencia de las plantas en condiciones extremas de heladas, sequías, etc.

**Treonina:** Influye en el ritmo de la humificación.

**Valina:** Aumenta la síntesis de las proteínas. Interviene en los mecanismos de resistencia de las plantas ante situaciones adversas.

**Isoleucina:** Incrementa el proceso de síntesis de las proteínas.

Todos éstos productos tienen una rápida absorción por los vegetales, tanto por vía *radicular*, como *foliar* y *cuticular*, llegando a ser detectada su presencia en un 90%, en las estructuras celulares, a las 7 horas de su aplicación.

El complejo estimulador, permite que las plantas obtengan un ahorro energético (ATP) en el metabolismo celular, al pasar directamente a la célula, y ésta reconocer los aminoácidos como propios, y obtener un óptimo crecimiento, al estimular los procesos de regeneración celular, aumentando la concentración de los jugos celulares, logrando la elasticidad de las membranas celulares, etc.

## **Los aminoácidos en la fertilización foliar**

La aplicación de Aminoácidos y Oligopéptidos a las plantas, debido a la propiedad que tienen éstos de ser bipolares, hacen que las materias activas de otros productos (nutrimentos, fitosanitarios, etc.) al aplicarse conjuntamente, se transporten y potencien, lográndose una mejor asimilación por parte de las plantas de dichos agroquímicos, lo cual permite una reducción en las dosis en el empleo de esos productos, sin alterar su eficacia, evitando la contaminación de suelos y plantas.

Las hojas son las encargadas de realizar el intercambio de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y vapor de agua, a través de los estomas (situados en el envés de las hojas), cuya apertura y cierre está controlado por las células oclusivas.

El mecanismo que regula la apertura de los estomas, se inicia cuando se consume el  $\text{CO}_2$  que existe en el interior, ésta disminución eleva el pH del citoplasma celular (haciéndolo más alcalino), lo que estimula a la enzima responsable de la transformación del almidón en glucosa.

Al aumentar la concentración de glucosa en las células, se provoca un aumento de la presión osmótica originando la entrada de agua en el interior de las células oclusivas, esto logra que se hagan más turgentes y abran los estomas, lo que permite el paso de los aminoácidos a través del ostiolo, el vestíbulo superior, el poro central, el vestíbulo inferior, hasta llegar a la cámara subestomática, desde donde posteriormente pasan al floema (lugar en donde se produce el transporte hasta los órganos de crecimiento y reserva).

Las respuestas obtenidas indican que las cadenas de aminoácidos de síntesis, atraviesan en un 96-98%, los pasos más estrechos de las células estomáticas (ostiolo, poro central y la apertura que une el vestíbulo posterior con la cámara subestomática), asegurando su asimilación directa. No ocurre de igual forma con los aminoácidos obtenidos por hidrólisis y fermentación bacteriana, que por tener las cadenas más largas, su penetración es del 16- 18%), motivo por el que se emplean a dosis más altas (INAGROSA).

## **Ventajas de la aplicación de fertilizantes con aminoácidos**

La primera es que como componente de la molécula de aminoácido o péptido su penetración en el tejido celular de la hoja es más rápida que la de los cationes libres en agua debido al efecto que tienen los aminoácidos de aumentar la permeabilidad de la cutícula (mayor cantidad de metal atravesando la cutícula al mismo tiempo). También hay evidencias que sugieren que su movimiento a través de la cutícula es más rápido que el del catión libre.

La segunda se refiere a la absorción celular. Un catión libre tiene que buscar un ligando para ser biológicamente activo una vez entra en el citoplasma, mientras que el quelato ya lo es desde el mismo momento en que atraviesa la membrana, provocándose así una más rápida respuesta de la planta.

Además de la más rápida maduración y mejor rendimiento de las cosechas debido a una más rápida respuesta de la planta a la aplicación de los quelatos de aminoácidos en momentos críticos del ciclo, se ha de mencionar la ventaja de la menor toxicidad.

### **Efecto bioestimulante.**

Los aminoácidos, metabolizados de forma rápida, originan sustancias biológicamente activas. Actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo que resultan de gran interés en los periodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos, etc.).

## **Efecto hormonal**

Estimulan la formación de clorofila, de ácido indolacético (IAA), la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos. La acción combinada de los efectos bioestimulante y hormonal suele traducirse en estímulos sobre la floración, el cuajado de los frutos, adelanto en la maduración y mejora del tamaño, coloración, riqueza en azúcares y vitaminas.

## **Efecto regulador del metabolismo de los microelementos**

Los aminoácidos pueden formar quelatos con diferentes microelementos (hierro, cobre, zinc y manganeso especialmente), favoreciendo su transporte y penetración en el interior de los tejidos vegetales.

La incompatibilidad biológica entre productos a base de aminoácidos y, por ejemplo, compuestos cúpricos es debida a que los aminoácidos forman uniones con el Cu, que de esta manera penetra en los tejidos vegetales y produce la conocida fitotoxicidad en cultivos como la viña o las plantas hortícolas.

Esta cualidad de vehicular moléculas al interior de los tejidos vegetales se aprovecha actualmente para mejorar la eficacia de diversos productos fitosanitarios sistémicos o penetrantes como herbicidas, fitorreguladores etc, permitiendo reducir incluso sus dosis de aplicación y siendo hoy día una característica muy importante de los aminoácidos.

Los productos comerciales que podemos encontrar en el mercado justifican el uso de este tipo de nutrimentos biológicos, por sus efectos bioestimulantes, hormonales y reguladores del metabolismo. Estos efectos se pueden resumir en los siguientes puntos.

- Influencia en el equilibrio fisiológico de la planta.
- Los aminoácidos tienen una rápida asimilación por vía foliar y radicular.
- Representa una función de nutrición inmediata como consecuencia del aporte de sustancias proteínicas, azúcares y aminoácidos.
- Actúan como catalizadores que regulan el crecimiento a través de mecanismos enzimáticos.
- Regulan el contenido hídrico de la planta.
- Incrementan la producción, mejorando la cantidad de azúcar, la uniformidad y por tanto la calidad.
- Reducen los efectos producidos por cambios bruscos de temperatura, transplante, heladas, etc.
- Ayudan en la recuperación de las plantas sometidas a condiciones de estrés producidos por fitosanitarios.
- Se pueden aplicar en cualquier cultivo y en cualquier área climática.

## **Funciones del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las plantas**

Los distintos elementos juegan un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas y cuándo están presentes en cantidades insuficientes o excesivas, pueden producir alteraciones y reducir notablemente el crecimiento y la producción (Federalgodón, 1986).

### **Nitrógeno**

El contenido de nitrógeno en los suelos varía en un amplio espectro, pero los valores normales para la capa arable son del 0.2 al 0.7%. Estos porcentajes tienden a disminuir acusadamente con la profundidad. El nitrógeno tiende a incrementarse al disminuir la temperatura de los suelos y al aumentar las precipitaciones.

La absorción de  $\text{NO}_3^-$  está sujeta a una regulación positiva y negativa. La última parece depender del nivel de N de la planta. Ha sido sugerido que el ciclo de los aminoácidos entre los tallos y las raíces sirve para proveer la información necesaria respecto del nivel de N en la planta, que le permite a las raíces regular la absorción de N (Cooper y Clarkson, 1989).

Es el nutrimento requerido en mayor cantidad. Absorbido como urea,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  (con excepción del arroz la mayoría de los cultivos agrícolas absorben el N primordialmente como  $\text{NO}_3^-$ ). La planta requiere utilizar energía para reducir  $\text{NO}_3^-$  para ser convertido a aminoácidos. El rango normal en tejido es de 1 - 5 %. Es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal. Constituyente de aminoácidos (proteínas estructurales y enzimas), ácidos nucleicos, clorofila, cito-cromos, coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas (ureidos, amidas, alcaloides). Por lo tanto, participa activamente en los principales procesos metabólicos: la fotosíntesis, la respiración, la síntesis proteica.

La carencia de N y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis. Cantidades adecuadas de N producen hojas de color verde oscuro (debido a que estas tienen una alta concentración de clorofila) y mejora la eficiencia de uso del agua. La deficiencia de N resulta en clorosis de las hojas.

En general, este amarillamiento se inicia en las hojas más viejas y luego se traslada a las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se torna más severa. Otros síntomas de deficiencia se manifiestan como: plantas pequeñas de crecimiento lento, semillas y partes vegetativas contienen bajo contenido proteico, y plantas con menos hojas. Exceso de N en relación a P, K, y S retrasa la maduración de frutos (Navarro, 1999).

## **Fósforo**

El P del suelo puede clasificarse en dos grupos: orgánico e inorgánico. El pH influye en la disponibilidad del P inorgánico, disminuyendo en suelos ácidos. Actúa marcadamente en la reproducción y crecimiento vegetal, así como en el desarrollo de las raíces y buena formación de los frutos (S. Bara Temes, 1986).

La concentración normal de fósforo en la solución del suelo, es casi insignificante, de 0.03 a 0.3 mg/lit, de modo que los suelos pobres deben reanudarse, para cubrir las necesidades de las plantas (Domínguez, 1997).

Laver (1988), en estudios de laboratorio, evaluó el movimiento del fósforo a través de dos columnas de suelos textualmente contrastantes (franco limoso y arenoso) encontrando que el suelo más pesado presentó una mayor concentración de fósforo en los primeros centímetros y menos concentración en profundidad que el suelo liviano. En este último, el fósforo fue transportado a una profundidad 30% superior a la registrada en el suelo franco limoso.

Amarasiri y Olsen (1973) estudiaron el efecto del encalado sobre la solubilidad del fósforo y el crecimiento de la planta en un suelo ácido tropical y encontraron que para cualquier nivel de P, el encalado decreció el fósforo soluble hasta que el pH llegó a 6,5. Los suelos encalados tuvieron una mayor capacidad de absorción de P que los suelos sin encalar. La producción y la concentración de P en la planta fueron significativamente incrementadas por el tratamiento de fósforo sin calcio.

Blue y Martínez (1988) determinaron un efecto positivo del fósforo sobre la producción de materia seca en maíz y un aumento en la concentración de P en la planta. La disponibilidad de fósforo fue sustancialmente menor para la segunda y tercera cosecha en comparación con la primera cosecha.

Los procesos que controlan la absorción de nutrimentos por el cultivo son complejos. Entre ellos se incluyen no solamente los mecanismos de absorción por las raíces, sino también la dinámica de los nutrimentos en el suelo y las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico-químico de los suelos (Loneragan, 1997).

El maíz, según resultados obtenidos en condiciones de riego y sin limitaciones nutricionales, acumula en promedio 50 kg/ha de P en la biomasa aérea, con tasas máximas de acumulación de 0.9 kg/ha, día a partir de los 40 días posteriores a la emergencia (Andrade et al., 1995).

Los efectos de la disponibilidad de P sobre la longitud del ciclo del cultivo y el rendimiento pueden ser variados. Limitaciones en la disponibilidad de P reducen la acumulación de materia seca de los cultivos y la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del momento de floración, implicando una disminución del número de granos y del rendimiento (Andrade et al., 1996; Fontanetto, 1993).

La pérdida de nutrimentos del suelo tomado por el cultivo, con un uso continuo e intensivo y sin su reposición, son procesos que llevan a la pérdida de fertilidad y acidificación de dicho suelo (Pla Santís 1994, Citado por Gutiérrez et al.1993).

Las plantas absorben la mayoría del P como el ión ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Las plantas también absorben pequeñas cantidades de P como ión ortofosfato secundario ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). El pH del suelo influye en gran parte en la absorción de estas dos formas de P por la planta. Las plantas pueden utilizar otras formas de P, pero en menores cantidades que el ortofosfato. Las concentraciones más altas de P en plantas jóvenes se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento. Debido a que el P se mueve rápidamente de los tejidos viejos a los tejidos jóvenes, las deficiencias aparecen primero en las partes bajas de la planta.

El fósforo desempeña un papel clave en el metabolismo de la planta. Es un componente integral de varios compuestos, incluyendo azúcar fosfatada, así como también de los fosfolípidos que forman parte de las membranas. Además, es constituyente de nucleotídeos, coenzimas y moléculas de DNA y RNA (Taiz y Zeiger, 1991).

Su función está en la fotosíntesis, forma parte de la molécula de ATP permitiendo el almacenamiento y transferencia de energía. Acelera la madurez y se relaciona con la formación de semillas. Su deficiencia se caracteriza por una reducción de crecimiento, hojas pequeñas, marchitas y necróticas, finalmente se produce una caída prematura de estas (Sanchez y Ramirez, 2000).

Tracy (1985) de sus experimentos de campo en planta, describió la deficiencia de fósforo como una reducción de tamaño de la hoja y aparición de manchas necróticas distribuidas a través de toda la lámina.

La deficiencia de fósforo provoca la reducción del sistema radical, menor número de frutos, atraso en el florecimiento, aumento en el contenido de carbohidratos, aumento en la relación fósforo orgánico / fósforo inorgánico, entre otros. Su exceso puede provocar deficiencias de micronutrientes como cobre, hierro, manganeso y zinc (Malavolta y col., 1989; Moraes, 1983).

También la falta de fósforo permiten que se acumulen las grasas en las células dificulta la transformación de los almidones en hidratos de carbono, solubles en agua, y causa espesamiento de los tabiques de separación de las células, retardando el crecimiento (Rivas, 1996).

El estudio bajo condiciones de campo, la capacidad de una línea de chile pasilla, en la utilización de fósforo en tres diferentes ciclos de selección individual encontró que el contenido de fósforo en el tallo esta asociado positivamente con la producción de frutos de primera y la concentración de fósforo en los frutos presentan asociación negativa con el rendimiento total (González et al., 1985).

Muchos suelos alcalinos presentan, al analizarlos, contenidos elevados de P disponible y P soluble en agua. Recientemente Gupta et al., (1989) demostraron que en los suelos sódicos calcáreos se produce liberación de P lo cual se ve estimulada por el nivel de electrólitos, la saturación de Na, el pH y la presencia de alcalinidad.

El manejo de la fertilidad de los suelos esta relacionado principalmente con la manipulación de las características de la capa arable, simplemente por causa de las técnicas de labranza actuales que tienen limitada capacidad para modificar las características del subsuelo (Greenland 1981).

La agricultura continua provoca, además del descenso en la disponibilidad de los nutrientes, la disminución de la estabilidad de los agregados, y los cambios de estructura y humedad del suelo. Estos efectos pueden contrarrestarse con cultivos con sistema radical extensos, menor roturación, o ciclos de cultivos plurianuales (Babinec y Bono 1999).

El manejo de la fertilidad de los suelos esta relacionado principalmente con la manipulación de las características de la capa arable, simplemente por causa de las técnicas de labranza actuales que tienen limitada capacidad para modificar las características del subsuelo (Greenland 1981).

La agricultura continua provoca, además del descenso en la disponibilidad de los nutrientes, la disminución de la estabilidad de los agregados, y los cambios de estructura y humedad del suelo. Estos efectos pueden contrarrestarse con cultivos con sistema radical extensos, menor roturación, o ciclos de cultivos plurianuales (Babinec y Bono 1999).

La eficiencia de absorción y utilización de un nutriente se han evaluado por diferentes parámetros, como concentración en los tejidos, contenido en las plantas, rendimiento en materia seca y su relación de eficiencia, la cual consiste en la razón existente entre la biomasa seca de la planta y la cantidad del nutriente en estudio en la biomasa, (Furlani y Filho, 1990).

**Nota:** El contenido de fósforo en los fertilizantes se expresa como equivalente de "P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>", a pesar de que no existe el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como tal en los materiales fertilizantes. La designación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es una expresión convencional estándar del contenido relativo de P. En este texto, algunos datos se expresan en términos de P y otros como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para convertir P en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se multiplica por 2.29 y para convertir P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en P se multiplica por 0.43.

## Potasio

El potasio es absorbido como ión potásico  $K^+$  y se encuentra en los suelos en cantidades variables, el fertilizante potásico es añadido a los suelos en forma de sales solubles tales como yoduro potásico, sulfato potásico, nitrato potásico y sulfato potásico magnésico (Tisdale y Nelson, 1982).

Llega a las raíces de las plantas por transporte en la solución del suelo y su concentración determina cuanto potasio alcanza las raíces en un momento dado. Se debe conocer que los niveles de potasio soluble del suelo son solamente indicadores de disponibilidad momentánea. Para la exitosa producción de cultivos es más importante que se mantenga la concentración de potasio en la solución del suelo a un nivel satisfactorio a través del ciclo de cultivo (Ramírez, 1991).

Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. En algunas plantas jóvenes esta función puede ser reemplazada por otros cationes como el litio ( $Li^+$ ) y el sodio ( $Na^+$ ), pero siempre de una forma restringida, es decir, de los efectos tóxicos que pueda traer colateralmente. Las plantas absorben el potasio ya sea por la solución del suelo, del complejo absorbente (Rodríguez, 1992).

El potasio según Rodríguez (1992), es absorbido por la planta en su forma catiónica,  $K^+$ . La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso de magnesio ( $Mg^{++}$ ), por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad.

El potasio interviene además, fisiológicamente en los siguientes procesos: Síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, síntesis de proteínas, interviene en la estimulación enzimática (Rodríguez, 1992).

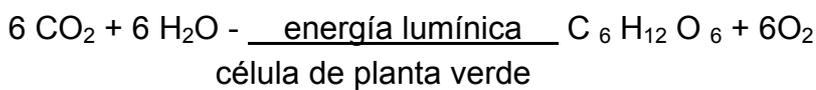
Deficiencias de potasio pueden ocasionar los siguientes trastornos: disminución de la fotosíntesis, disminución del traslado de los azúcares a la raíz, acumulación de compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, pues no se produce una síntesis de proteínas, aparición en las células de las hojas de sustancias catabólicas, como la putrescina, que inicia los procesos de muerte celular y de tejidos, es decir la necrosis de los tejidos vivos, se promueve la susceptibilidad al ataque de los hongos pues disminuye la presión osmótica de las células, favoreciendo la entrada de los patógenos (Rodríguez, 1992).

Los síntomas que presentan los vegetales ante la deficiencia de potasio se pueden generalizar en reducción general del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menor resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento, los frutos y semillas reducen tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis, las hojas tienden a “enruiñarse”, amarillean los márgenes y luego se necrosan, las manchas avanzan hacia el centro de hoja tornándose marrones, los síntomas aparecen primero en las hojas inferiores y luego en las superiores (Rodríguez, 1992).

La presencia de este elemento según Rodríguez (1992). Se manifiesta en las siguientes características: mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de flores, frutos y semillas, resistencia al frío y enfermedades criptogámicas, aumento en la calidad de los frutos.

## Fotosíntesis

La reacción química más importante en la naturaleza es la fotosíntesis. Esta reacción utiliza energía luminosa, en presencia de clorofila, para combinar el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples. En este proceso, la energía solar es capturada en la ATF e inmediatamente este compuesto está disponible como fuente de energía para muchas otras reacciones dentro de la planta. Por otro lado, los azúcares formados se usan como bloques para construir otras células estructurales y compuestos para almacenamiento.



Las células de las plantas pueden acumular nutrientes en concentraciones mucho mayores a las que están presentes en la solución del suelo que les rodea. Esta condición permite que las raíces extraigan nutrientes de la solución del suelo donde se encuentran en concentraciones muy bajas.

El movimiento de nutrientes dentro de la planta depende en mucho del transporte a través de las membranas de las células, proceso que requiere de energía para contrarrestar las fuerzas de osmosis. De nuevo aquí, la ATF y otros compuestos fosfatados proveen la energía necesaria para el proceso.

El hecho de que los aminoácidos estén constituidos por esqueletos carbonados y nitrógeno pone en evidencia la relación entre la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno. Esta relación no sólo está dada por el requerimiento de esqueletos carbonados sintetizados por fotosíntesis para la incorporación del amonio, sino también debido a la dependencia de algunas reacciones del metabolismo del nitrógeno de ATP y NADPH, producido en la fotosíntesis. Por otra parte, en los tejidos no fotosintéticos, los requerimientos energéticos son obtenidos por la degradación de los azúcares transportados desde las hojas (Taiz y Zeiger, 1998).

## **Fertilización foliar**

La fertilización foliar es una práctica agronómica, la cual no se ha plenamente aprovechado para el abastecimiento vía follaje de los cultivos. Esta técnica es de relevante utilidad en aquellos casos donde la disponibilidad nutrimental es un problema, además de que constituye el medio más rápido para que las plantas utilicen los nutrientes (Alexander, 1986)

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, pero estos pueden estar en forma no disponible para ser absorbidos por la raíz, como ocurre frecuentemente con el Fe y el P en los calcisoles o en suelos con pH alcalino en general. En estos casos, (Tisdale y Nelson 1991) señalaron que los fertilizantes foliares constituyen el medio más eficaz de aplicación del fertilizante.

La importancia de la fertilización foliar radica en que con ella puede mejorarse la calidad e incrementarse el rendimiento de los cultivos y en que muchos problemas de la fertilización al suelo (fijación, inmovilización, volatilización pueden ser resueltos mediante este tipo de fertilización (Fregoni, 1986).

## **Antecedentes de la fertilización foliar**

La fertilización foliar se ha practicado desde hace muchos años. En 1844 se reporta que en Francia se aplicaba sulfato ferroso en el follaje de la vid para corregir la clorosis en las plantas. También se tenían noticias de que en muchas partes del sur de Europa la fertilización foliar era conocida por los agricultores, quienes la practicaban ampliamente. Esta práctica posteriormente se hizo intensiva en otras partes del mundo, en donde los agricultores habían visto efectos benéficos en el incremento de rendimiento y calidad del producto. Además ya se había observado que en algunos lugares los fertilizantes químicos aplicados al suelo no actuaban eficiente y satisfactoriamente (Eibner, 1986).

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986). Se reconoce, que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda.

El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Bear, 1965; Plancarte, 1971; Trinidad *et al.*, 1971). Por consiguiente, habrá casos en que la fertilización foliar sea más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, y casos en que simple y sencillamente no sea recomendable el uso de la fertilización foliar.

### **Surfactantes y adherentes**

Surfactante resulta de la palabra inglesa SURFACE-ACTIVE-AGENT, agente que actúa en la superficie, modifican la relación de dos superficies (Obando, 1991). Adherente, ingrediente en la fertilización foliar, en los cultivos o la superficie asperjada, evitando que el producto se lave por lluvia o viento, disminuye el escurrimiento del producto, se le conoce como adhesivo o fijador (Obando, 1991; Urzúa, 1991)

La adición de surfactantes y adherentes a la solución favorece el aprovechamiento del fertilizante foliar. El mecanismo de acción de un surfactante consiste en reducir la tensión superficial de las moléculas de agua, permitiendo una mayor superficie de contacto con la hoja; un adherente permite una mejor distribución del nutrimento en la superficie de la hoja evitando concentraciones de este elemento en puntos aislados cuando la gota de agua se evapora (Leece, 1976).

## **Ventajas de la fertilización foliar**

- Permite una rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo.
- Permite el aporte de nutrientes cuando existen problemas de fijación en el suelo.
- Permite la aplicación simultánea de una solución nutritiva junto con pesticidas, economizando labores.
- Es la mejor manera de aportar micronutrientes a los cultivos.
- Ayuda a mantener la actividad fotosintética de las hojas.
- Permite el aporte de nutrientes en condiciones de emergencia o stress, como son los siguientes casos: sequía, anegamiento y bajas temperaturas.
- Estimula la absorción de nutrientes.

## **Limitaciones de la fertilización foliar**

- Riesgo de fitotoxicidad.
- Dosis limitadas de macronutrientes.
- Requiere un buen desarrollo del follaje.
- Elevado costo.
- Pérdidas en la aspersión.
- La eficiencia agronómica depende de muchos factores

**CUADRO 2.** Factores que determinan la eficiencia de la aplicación foliar de nutrimentos.

<b>Planta</b>	<b>Condiciones externas</b>	<b>Disolución</b>
Cera cuticular	Temperatura	Concentración
Cera epicuticular	Luz	Cantidad aplicada
Edad de la hoja	Fotoperíodo	Tecnología de aplicación
Estomas	Viento	pH
Células guardas	Humedad	Polaridad
Tricomas	Sequía	Higroscopicidad
Haz de las hojas	Hora del día	Tipo de compuestos
Turgencia foliar	Potencial osmótico en la zona radicular	Estabilidad
Variedad del cultivo	Estrés nutritivo	Relaciones entre los nutrimentos (efectos antagónicos y sinérgicos)
Etapas del cultivo		Surfactantes
Capacidad de intercambio		Calidad del agua
Estado nutricional de la planta		Humectantes

El balanceo de nutrimentos es el arte de manipular a todos aquellos elementos minerales, orgánicos y agua, requeridos por los cultivos hortícola, ordenando y proporcionando estos conforme a las necesidades fisiológicas de la planta según su etapa fisiológica, formas químicas preferenciales del cultivo, cantidad, calidad, época de aplicación y proporción entre si adecuados. (Navarro, 1999).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del sitio experimental**

El presente experimento se realizó bajo condiciones de invernadero. En el área de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila a 25° 22", Latitud Norte, 101° 00", Longitud Oeste de acuerdo con el meridiano de Greenwich a 1743 msnm (Mendoza, 1983)

### **Características del invernadero**

Es un invernadero tipo túnel; la cubierta que tiene es una lámina de canal mediano de acrílico laminado plástico reforzado con fibra de vidrio de un espesor de 1 mm del tipo 112, luminosidad de 80 a 85%, cuando esta nueva, actualmente permite el paso solamente del 50% de luz.

### **Clima**

La UAAAN, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), se ubica dentro de la clasificación del tipo BS<sub>1</sub>KX<sup>1</sup> que corresponde a un clima seco, semiseco templado con lluvias escasas todo el año, con un porcentaje de precipitación invernal mayor de 18% con respecto al total anual y verano cálido. La temperatura media anual es de 17°C, con una precipitación anual de 450 a 500 mm y la evaporación media anual es de 1956 mm la cual es siempre mayor que la precipitación media anual (Valdés, 1985).

### **Suelo**

Son claros debido al contenido de calcio, su textura varía de migajón arenoso a migajón arcilloso, localizados sobre un estrato calcáreo duro y continuo denominado petrocálcico (Valdés, 1985).

Los suelos que predominan en Buenavista, Saltillo se caracterizan por pH alcalino, con variaciones de 7.9 a 8.3, bajos contenidos de materia orgánica y altos contenidos de carbonatos.

### **Material vegetativo**

Se utilizó semillas de chile pimiento (*Capsicum annum* L.) cv. California Wonder, con un 95 % de germinación, la cual ofrece un rango de adaptación desde 1200 a 1800 msnm permitiendo la siembra en cualquier lugar y ciclo, es muy vigoroso, excelente cobertura foliar, produce frutos cuadrados, con cuatro loculos con sus paredes carnosas gruesas y una coloración verde oscura.

### **Fertilizantes foliares**

#### **Fosfacel 800**

Es un fertilizante foliar rico en nitrógeno con un alto contenido de fósforo asimilable, el cual es absorbido rápidamente por la planta complementando eficazmente la fertilización al suelo sobre todo si existen cantidades considerables de calcio y zinc en el suelo que hacen que el fósforo sea poco asimilable.

Favorece un mejor aprovechamiento del nitrógeno, promoviendo además un vigoroso desarrollo de las plantas y una aceleración en los procesos de floración y fructificación (COSMOCEL).

#### **Composición porcentual:**

Nitrógeno disponible (N) -----12 %  
Fósforo disponible ( $P_2O_5$ ) -----60 %  
Extracto de origen orgánico -----2 %

El Fosfacel 800 mejorado contiene 3% de aminoácidos

## Tricel 20

Es un fertilizante foliar balanceado con elementos mayores, secundarios, menores y fitohormona. Sus características le permiten ser utilizados durante todo el ciclo de cultivo, inclusive desde el almácigo. Aplicando dosis medidas de TRICEL-20 en repetidas ocasiones se han logrado importantes aumentos en los rendimientos sobre todo en hortalizas de varios cortes (tomate, chile, pepino, etc.) y en frutales.

Es un polvo soluble en agua considerado como uno de los nutrimentos foliares más completos (COSMOCEL).

### Composición porcentual:

Nitrógeno (N)-----	20.0 %
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )-----	20.0 %
Potasio (K <sub>2</sub> O)-----	20.0 %
Extractos de origen orgánico-----	2.0 %
Azufre (S)-----	0.046%
Calcio (Ca)-----	0.003%
*Fierro (Fe)-----	0.038%
*Cobre (Cu)-----	0.006%
*Zinc (Zn)-----	0.016%
*Manganeso (Mn)-----	0.016%
Boro (B)-----	0.007%
Molibdeno (Mo)-----	0.001%
Ácido Giberélico-----	0.001%

El Tricel A y B contienen 3% de aminoácidos

## Descripción de los tratamientos

La aplicación del fertilizante foliar se aplicó en forma manual, las primeras aplicaciones fueron en las charolas de unicel y posteriormente en las macetas, cada tratamiento, quedando de la manera siguiente:

T1 Fosfacel 800 Mejorado (3% de aminoácidos)

T2 Fosfacel 800 Original.

T3 Tricel 20 A (3% de aminoácidos)

T4 Tricel 20 B (3% de aminoácidos)

T5 Tricel 20 Original.

T6 Testigo.

## Diseño experimental

El modelo estadístico utilizado fue Completamente al Azar. Siendo 6 tratamientos, cada tratamiento con tres repeticiones.

**CUADRO 3.** Distribución de los tratamientos y repeticiones del cultivo de chile pimiento morrón var. California wonder bajo condiciones de invernadero.

T1	R1	R3	R2	R3	T3	R2	R1	T5	R3	Testigo
R3	R2	T2	R1	R2	R1	R3	T4	R1	R2	T6

## **Modelo estadístico**

El modelo estadístico a utilizado para este experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 6$  Tratamientos.

$j = 1, 2, \dots, 3$  Repeticiones.

$\mu$  = Es la media.

$\tau_i$  = Es el efecto en el  $i$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = Es el error en el  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

## **Establecimiento del experimento**

### **Siembra**

La siembra se realizó el día 08 de Noviembre del 2001, en charolas de nieve seca (unicel) de 200 cavidades, cuyo sustrato preparado fue la mezcla de peat moss con perlita, siendo una proporción 1:1, se depositó 2 semillas por cavidad, la planta emergió a los 15 días. La primera aplicación foliar fue el día 14 de Diciembre del 2001 con el objetivo de identificar la etapa en donde los fertilizantes empiezan a tener efecto en la planta. La dosis utilizada fue 2.5 grs de producto en 500 ml de agua.

### **Preparación de macetas**

El suelo que se utilizó para las macetas fue tomado de campo abierto de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (área entre los invernaderos de forestal y biblioteca), son suelos alcalinos con altos contenidos de calcio, el cual se tamizó de tal forma que no fueran terrones grandes, las macetas tienen un diámetro de 8" y un volumen de 2.5 kgs de suelo.

## **Fertilización**

Se realizo vía foliar, utilizando 1 atomizador por cada tratamiento con tres repeticiones, con una dosis de 2.5 grs de producto en 500 ml de agua, adicionado el adherente INEX-A 20 ml y Buffer 20 ml en 10 lts de agua como regulador del pH del agua. Se realizaron 6 mediciones durante el experimento a continuación se visualiza en el siguiente cuadro.

**CUADRO 4.** Calendario de aplicaciones de fertilizantes foliares mejorados con aminoácidos y evaluaciones en el cultivo de chile pimiento morrón.

<b>Número</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Evaluación</b>
1	30 de Noviembre 2001	14 de Diciembre 2001
2	15 de Diciembre 2001	07 de Enero de 2002
3	08 de Enero de 2002	10 de Febrero 2002
4	11 de Febrero de 2002	22 de Marzo de 2002
5	23 de Marzo de 2002	20 de Abril de 2002
6	21 de Abril de 2002	27 de Mayo de 2002

## **Transplante**

Se realizo el 04 de Febrero del 2002, utilizando 3 plantas por maceta, de manera que posteriormente se eliminaron 2 plantas, mediante un aclareo y se dejo una sola por maceta.

## **Riegos**

Los riegos realizados fueron cada 2 días utilizando una regadera, de manera que las plantas tuvieran una buena humedad y evitar el estrés por falta de agua.

## **Control de malezas**

Durante el ciclo del cultivo se efectuaron tres deshierbes en forma manual, para evitar la competencia de nutrimentos de los elementos aplicados vía foliar y los contenidos en el suelo de la maceta.

## **Control de plagas y enfermedades**

Con respecto a plaga en el cultivo de chile pimiento morrón var. California wonder, se presento mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el cual se controlo con la aplicación de Folimat con una dosis de 3 litros de agua por 6 grs de producto, en el mes Abril del 2002.

Durante el ciclo del cultivo se presento la enfermedad de micoplasma el 01 de Mayo del 2002 se combatió con la aplicación de terramicina agrícola (Agrimicil 100 y 500) con una dosis de 1.5 grs de producto por litro de agua.

## **Parámetros de evaluación**

Durante el desarrollo del experimento se evaluaron los siguientes parámetros:

### **Altura de plantas**

Para este parámetro se tomaron 5 plantas por tratamiento con tres repeticiones, siendo un total de 15 plantas. Se obtuvo auxiliándose de una regla de plástico de 30 cm las primeras mediciones posteriormente de 50 cm. Se tomo la lectura de la base del tallo hasta el ápice de la planta. El valor obtenido se registro en cm.

### **Diámetro del tallo**

Se realizaron 5 mediciones durante el experimento del diámetro del tallo con un vernier, la lectura se tomo de la base de la planta y se manejo en mm.

### **Longitud de raíz**

Al tener las 15 plantas de cada tratamiento con 3 repeticiones, la medición se hizo con una regla de 30 cm desde la punta de la raíz hasta el cuello o base la planta, obteniéndose una longitud promedio en mm.

### **Peso fresco de hojas y raíz**

Las plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento se pesaron por separado el follaje y la raíz en estado fresco de 94 y 200 días después de la siembra, para poder comparar con los otros tratamientos. Las primeras dos lecturas del peso fresco de planta se obtuvieron mediante el peso de plántulas, es decir follaje y raíz a los 36 y 66 DDS, la unidad se registró en grs.

### **Peso seco de las hojas y raíz**

Para determinar el rendimiento de cada tratamiento de materia seca, se secaron a la estufa con una temperatura de 75 °C durante 24 horas separando el follaje y la raíz, posteriormente se peso en una bascula de precisión la unidad se registro en grs. La evaluación a los 36 DDS la obtención del peso seco se obtuvo mediante plántulas.

### **Número de hojas**

Se tomaron 5 lecturas durante el experimento, para esta variable se realizo el conteo de las hojas, considerando los cotiledones al inicio de la planta, se cuantifico el número de hojas por planta seleccionadas de cada tratamiento hasta la etapa de amarre de frutos.

### **Amarre de frutos**

Antes de realizar este parámetro se evaluó la floración en porcentaje de cada tratamiento y posteriormente se realizo el conteo de frutos de cada tratamiento, para conocer el rendimiento de los diferentes tratamientos.

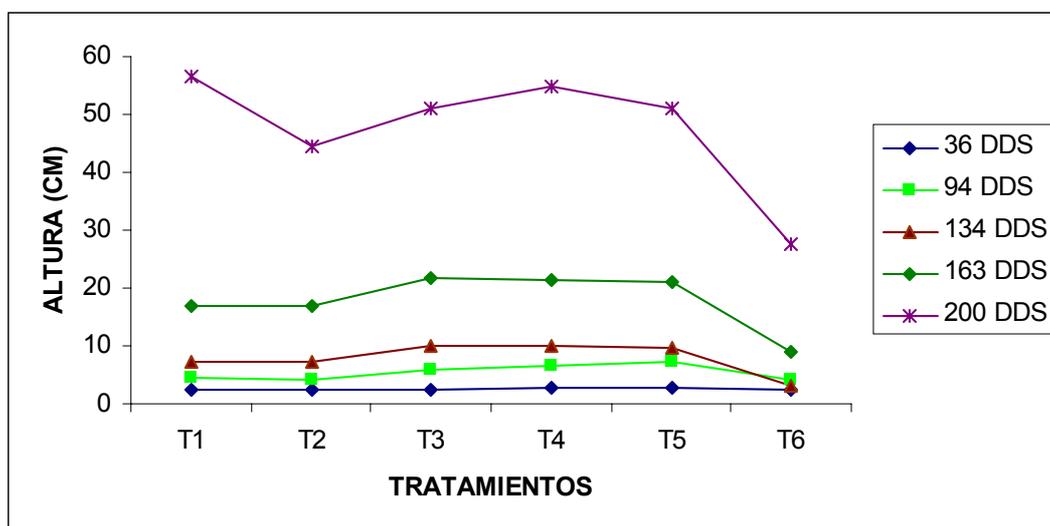
## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para cada una de las variables en el presente trabajo de investigación, se presentan a continuación:

**CUADRO 5.** Altura de plantas durante el ciclo del cultivo (cm).

Tratamientos	36 DDS	94 DDS	134 DDS	163 DDS	200 DDS
T1	2.26	4.50	7.10	16.83	56.60
T2	2.47	4.18	7.17	16.80	44.60
T3	2.56	5.78	9.97	21.73	51.00
T4	2.65	6.55	10.03	21.27	54.80
T5	2.61	7.25	9.57	21.00	51.20
T6	2.37	4.23	3.10	8.87	27.60

DDS = Días Después de la Siembra.



**FIGURA 3.** Representación de la altura promedio de plantas de chile pimientón morrón, en los diferentes tratamientos.

En la figura 3. Se muestra la altura de planta, promedio de cinco muestreos durante el ciclo del cultivo, midiendo las plantas seleccionadas por tratamiento y repetición, se puede observar que la mayor altura de planta fue altamente significativo en el ultimo muestreo, en la aplicación de Fosfacel 800 mejorado (T1) con una altura de 56.6 cm logrando superar al testigo con 29 cm (T6), con una altura de 27.6 cm. En la aplicación de Tricel 20B se obtuvo una lectura de 54.8 cm de altura (T4). Posteriormente el Tricel 20 original (T5) se registro una altura de 51.2 cm, así también al aplicar el Fosfacel 800 original se registro una lectura de 44.6 cm.

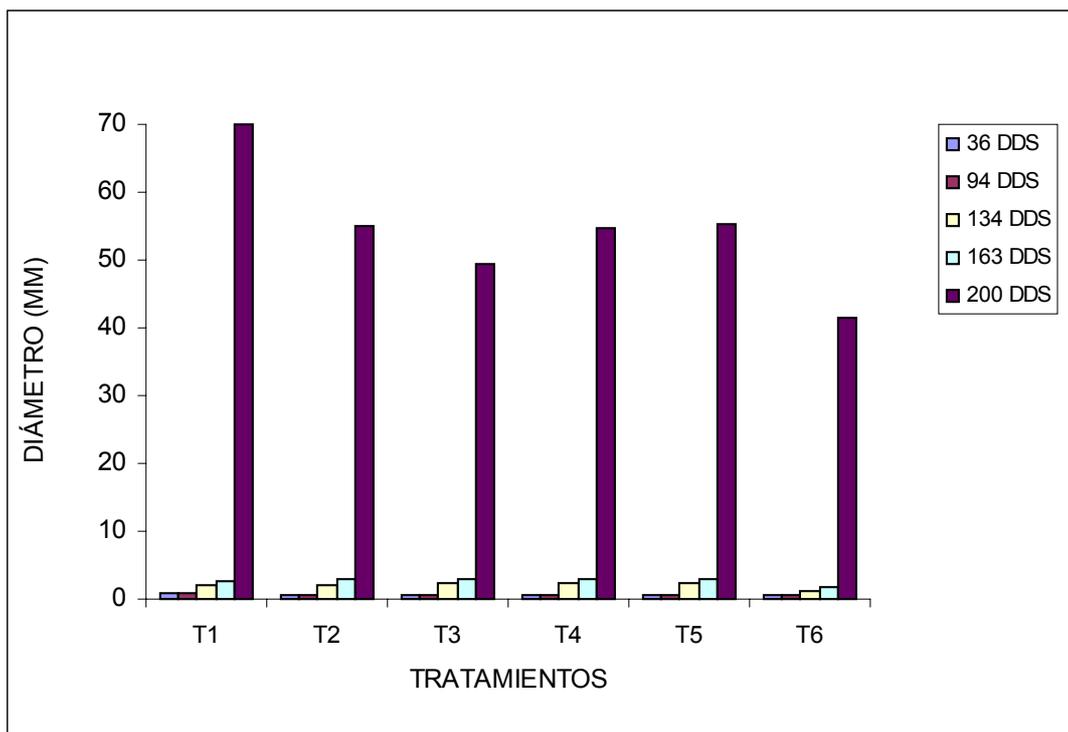
En las primeras lecturas de altura media de planta se observan que los tratamientos (3,4 y 5) tienen un mismo comportamiento en cuanto a crecimiento, por lo tanto no es notorio el efecto de la fertilización foliar.

Una razón de las primeras tres lecturas de 36 a 134 DDS, la planta debido a su tamaño los requerimientos de nutrimentos son mínimos, además no se tiene un crecimiento óptimo para el transplante, debido a las condiciones ambientales, puesto que el experimento se realizó en el período invernal y la temperatura en el invernadero no fue favorable, también la cubierta del invernadero, no permite el paso de luz suficiente, para el proceso fotosintético, ya que permite un 50% de paso de luz.

Los aminoácidos aún cuando son considerados fuentes de N, no es este aspecto el que justifica su utilización sino el efecto activador que produce sobre el metabolismo del vegetal según (Liñan, 2001)

**CUADRO 6.** Diámetro del tallo durante el ciclo del cultivo (mm).

<b>Tratamientos</b>	<b>36 DDS</b>	<b>94 DDS</b>	<b>134 DDS</b>	<b>163 DDS</b>	<b>200 DDS</b>
T1	0.79	0.79	2.11	2.77	70.00
T2	0.73	0.73	2.04	3.02	55.00
T3	0.68	0.68	2.46	2.86	49.40
T4	0.61	0.61	2.29	2.97	54.60
T5	0.62	0.63	2.31	2.96	55.40
T6	0.46	0.46	1.31	1.88	41.60



**FIGURA 4.** Representación promedio del diámetro del tallo de plantas de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

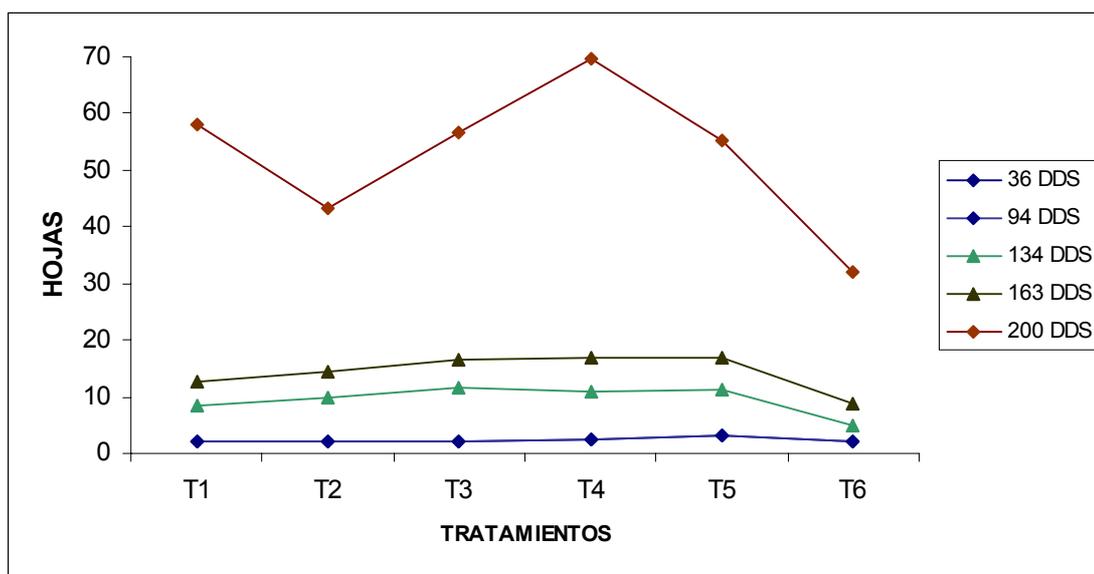
El análisis de varianza (cuadros A.2, A.10, A.18, A.21 y A.23) muestra que este parámetro existe alta significancia en los tratamientos, se puede observar el incremento del diámetro del tallo, en las primeras lecturas de 36 a 163 DDS (Figura 4).

En la última lectura del diámetro del tallo a los 200 DDS, al aplicar Fosfacel 800 mejorado presenta 70 mm de diámetro (T1), superando todos los tratamientos, así en la aplicación de Tricel 20 y Fosfacel 800 original (T5 y T2) tienen una similitud en diámetros siendo de 55.4 y 55 mm. Posteriormente se obtuvo 54.6 mm de diámetro al aplicar el producto Tricel 20B (T4), le siguió el producto Tricel 20A con 49.4 mm y por último el testigo con 41.6 mm.

Se asume que los aminoácidos son metabolizados en forma rápida, en la que la planta elabora sustancias activas, mediante el fósforo, el cual se acumula y vigoriza el tallo y se asocia en la producción de frutos. (Inagrosa).

**CUADRO 7.** Número de hojas por planta, durante el ciclo del cultivo.

Tratamientos	36 DDS	94 DDS	134 DDS	163 DDS	200 DDS
T1	2,13	2,27	8,53	12,67	58,00
T2	2,20	2,20	9,80	14,53	43,40
T3	2,13	2,13	11,47	16,40	56,80
T4	2,33	2,33	10,73	16,80	69,60
T5	3,00	3,00	11,13	16,80	55,20
T6	2,27	2,27	5,00	8,87	32,00



**FIGURA 5.** Representación promedio del número de hojas de plantas de Chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

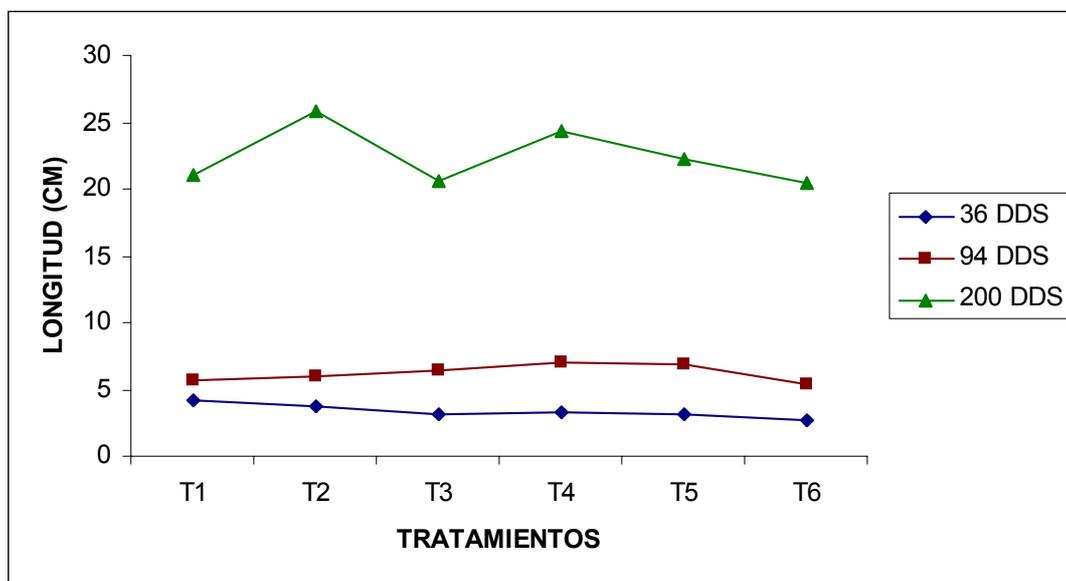
En la figura 5. Se observa que las lecturas de 36 a 163 DDS muestran pequeñas diferencias entre tratamientos, y los que mayor número de hojas tuvieron fueron los tratamientos (T3, T4 y T5).

En la última lectura el promedio de número de hojas con el Tricel 20B (T4) se tuvo un mejor efecto con 69.6 hojas. Los tratamientos que se aplicaron Fosfacel 800 mejorado (T1), Tricel 20A (T3) y Tricel 20 original (T5) presentaron similitud en cuanto el número de hojas, registrándose 58, 56.8 y 55.2 hojas respectivamente. El producto Fosfacel 800 original con 43.4 hojas, por último el testigo siendo 32 hojas.

El efecto se debe probablemente a que al aportar productos foliares la planta produce Glicina que es un constituyente de la clorofila y esto favorece la creación de brotes y hojas. Es un constituyente de la clorofila. El ácido Glutámico estimula los procesos metabólicos en las hojas jóvenes y la Alanina potencia la fotosíntesis lográndose una mayor área foliar. De manera que el fósforo es acumulado en los puntos de crecimiento y actúan en el metabolismo energético. Los resultados anteriores concuerdan con lo explicado por (Inagrosa).

**CUADRO 8.** Longitud de raíz durante el ciclo del cultivo (cm).

Tratamientos	36 DDS	94 DDS	200 DDS
T1	4.00	5.69	21.00
T2	3.92	5.91	25.80
T3	3.16	6.49	20.60
T4	3.83	7.05	24.40
T5	3.44	6.81	22.20
T6	3.07	5.31	20.40



**FIGURA 6.** Representación promedio de la longitud de raíz de plantas de Chile pimienta morrón, en los diferentes tratamientos.

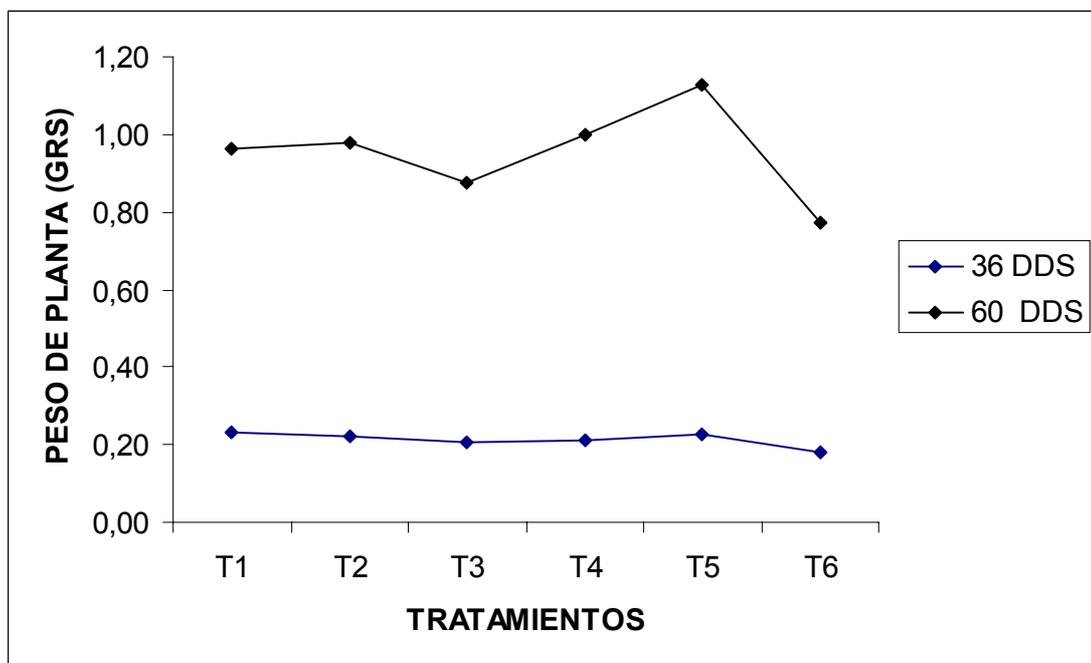
En la gráfica 6 y cuadro 8 se observa el comportamiento de la longitud de raíz a lo largo del experimento, en la última medición a 200 DDS, por la aplicación del Fosfacel 800 original (T2) se registro una longitud de 25.8 cm esta fue la mayor longitud de todos los tratamientos.

Se puede mencionar también que los productos Tricel 20B y Tricel 20 original se encontraron longitudes de 24.4 y 22.2 cm. Luego siguió Fosfacel 800 mejorado (T1), Tricel 20A (T3) y el testigo, con longitudes de 21, 20.6 y 20.4 cm.

El mejor resultado se obtuvo con Fosfacel 800 original lo cual hace suponer que el efecto dominante fue por el fósforo que contiene el producto, donde se comprueba mayor desarrollo radicular, lo cual ayuda a que la planta absorba mayor cantidad de los nutrimentos que se encuentran en el suelo. Influyendo también a que el contenido de Arginina y Metionina se manifiesten a través de sus funciones que son rejuvenecer las células y desarrollo de las raíces.

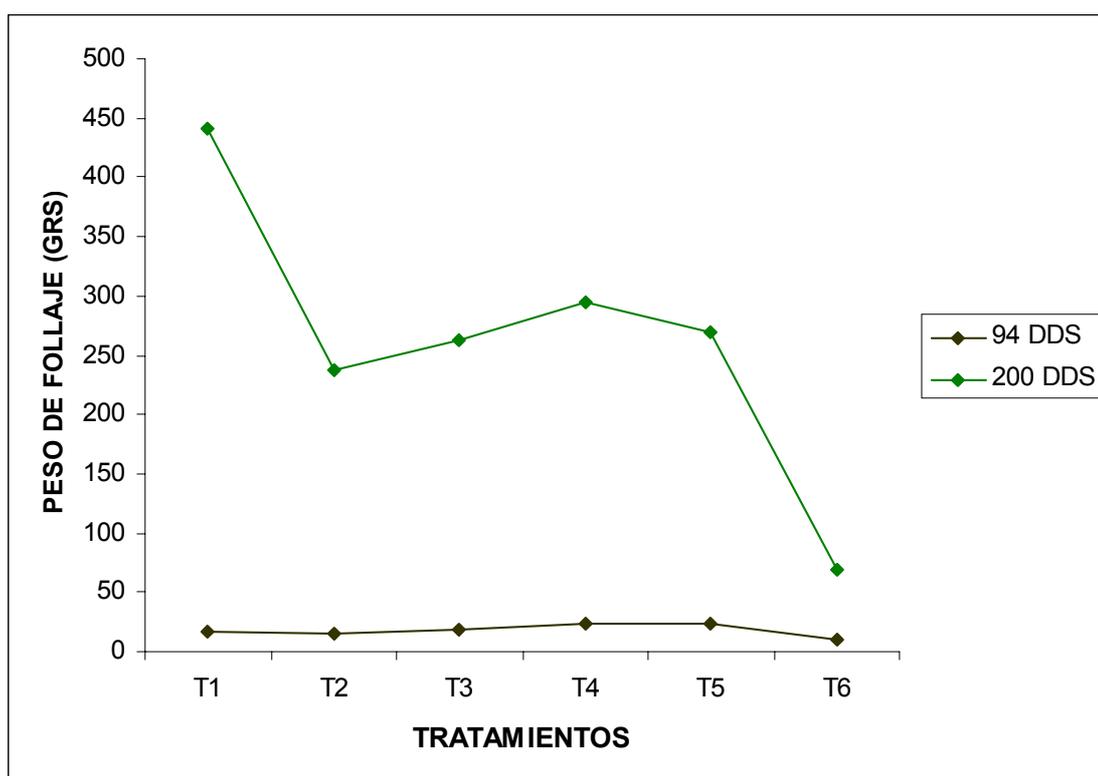
**CUADRO 9.** Peso fresco de plantas durante el ciclo del cultivo (grs).

Tratamientos	36 DDS	60 DDS	94 DDS	200 DDS
T1	0.23	0.96	16.90	441.42
T2	0.22	0.98	14.54	237.76
T3	0.21	0.87	18.13	263.08
T4	0.21	1.00	23.39	295.10
T5	0.23	1.13	22.98	269.12
T6	0.18	0.77	10.52	69.55



**FIGURA 7.** Representación promedio del peso fresco de plantas de chile pimienta morrón, en los diferentes tratamientos.

El peso fresco se determino pesando las plántulas con raíz y follaje a los 36 DDS siendo los mejores productos el Fosfacel 800 mejorado (T1), el Tricel 20 original (T5), Fosfacel 800 original (T2), Tricel 20A (T3) y el Tricel 20B (T4) con pesos de 0.23, 0.23, 0.22, 0.21 y 0.21 grs. Siguiendo el testigo con 18 grs de peso fresco en plántulas. En la segunda lectura a los 60 DDS el mejor tratamiento fue el Tricel 20 original donde se obtuvo un peso fresco de planta de 1.13 grs.



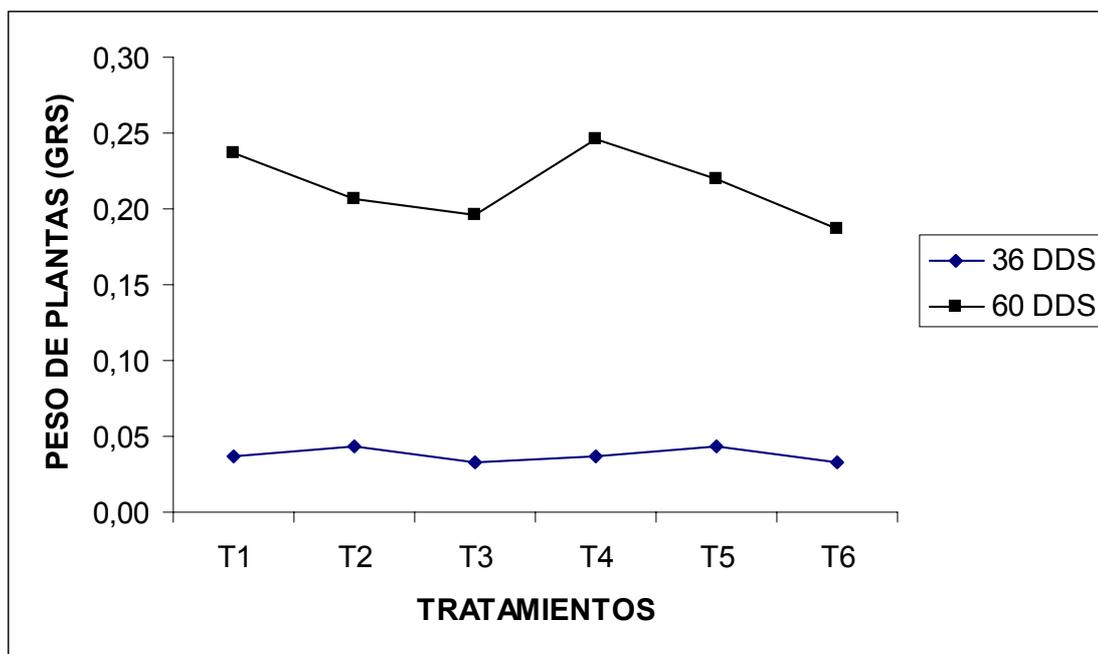
**FIGURA 8.** Representación promedio del peso fresco de follaje de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

Para este parámetro se peso solo el follaje de la planta (cuadro 9), separando la raíz a los 94 y 200 DDS se observa altamente significancia en los tratamientos siendo el producto Fosfacel 800 mejorado (T1) con un peso de 441.42 grs el que mejor resultado dio. Siguiendo los productos Tricel 20B (T4), Tricel 20 original (T5), Tricel 20A (T3), Fosfacel 800 Original (T2) con pesos de 295.1, 269.12, 263.08, 237.76 grs y respectivamente por ultimo el testigo con 69.55 grs de peso fresco del follaje.

El peso fresco depende del área foliar de la planta la cual es una medida de frondosidad, mediante la cual se puede conocer la proporción de superficie expuesta a la luz, en la cual podrá ocurrir la fotosíntesis. Es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, para la interpretación de los procesos del desarrollo de un cultivo.

**CUADRO 10.** Peso seco de plantas durante el ciclo del cultivo (grs)

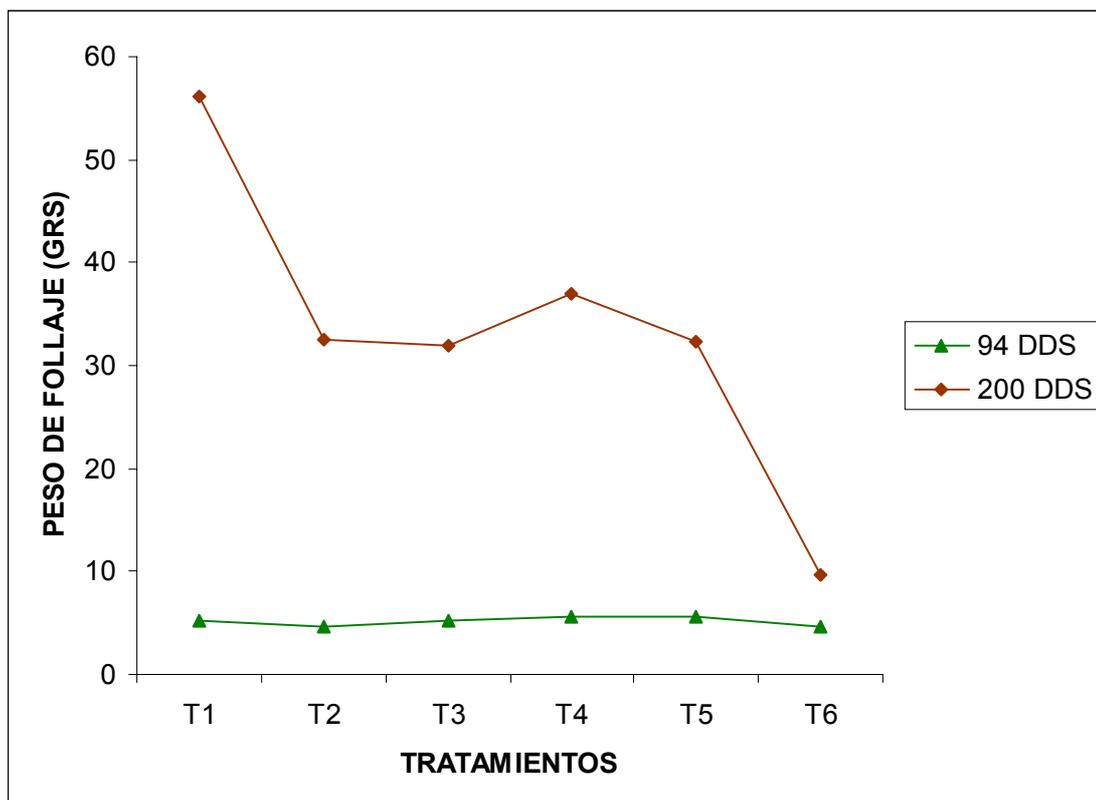
Tratamientos	36 DDS	60 DDS	94 DDS	200 DDS
T1	0.04	0.24	5.18	56.18
T2	0.04	0.21	4.73	32.50
T3	0.03	0.20	5.18	31.98
T4	0.04	0.25	5.64	37.06
T5	0.04	0.22	5.54	32.27
T6	0.03	0.19	4.58	9.60



**FIGURA 9.** Representación promedio del peso seco de plantas de chile pimienta morrón, en los diferentes tratamientos.

En la figura 9. Se representa el peso seco de planta, el cual se determinó sobre plántulas a los 36 y 60 DDS en donde se vieron que los mejores tratamientos con los productos aplicados con Tricel 20B (T4) y Fosfacel 800 mejorado (T1) con 0.25 y 0.24 grs.

Luego le siguen el Tricel 20 original (T5), Fosfacel 800 original (T2), Tricel 20A (T3), registrando un peso seco de 0.22, 0.21, 0.20 grs respectivamente y finalmente el testigo que logro .19 grs de peso seco a los 60 días después de la siembra.



**FIGURA 10.** Representación promedio del peso seco de follaje de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

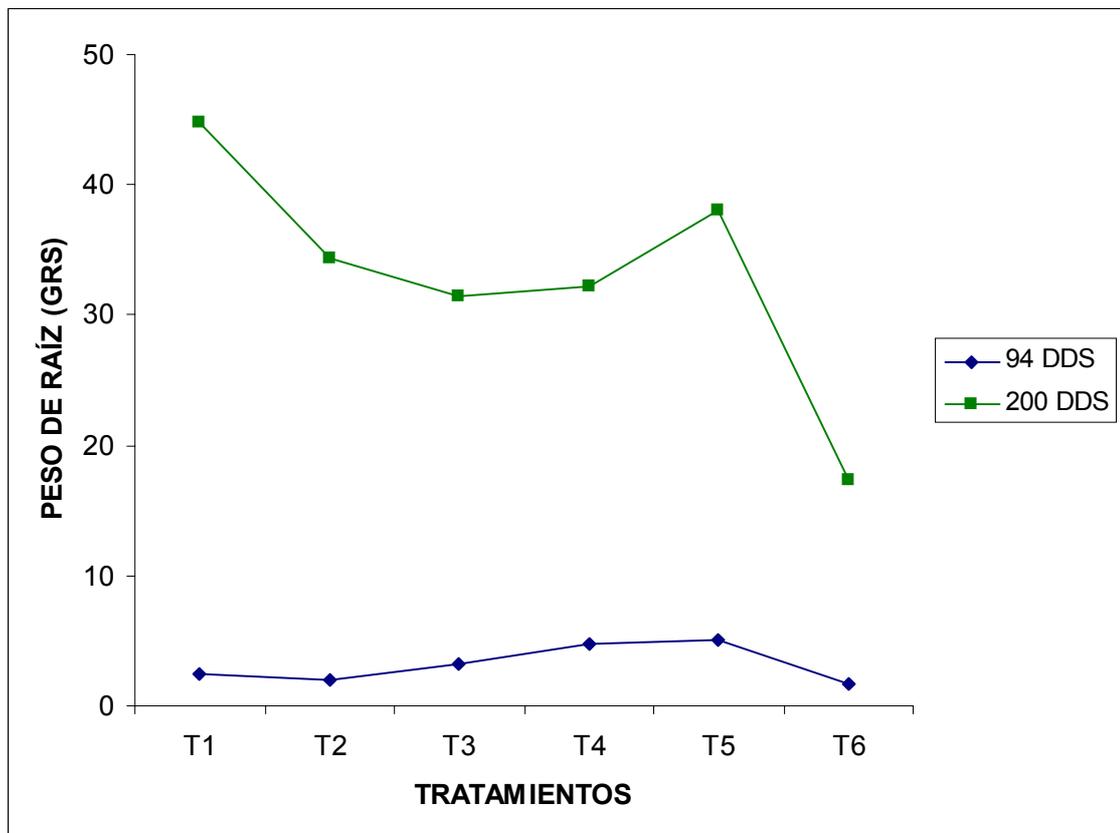
En el peso seco del follaje a los 94 y 200 DDS, se toman los datos de raíz por separado. Observando en la ultima lectura altamente significancia en los tratamientos. Siendo los productos que mejores resultados dieron el Fosfacel 800 mejorado (T1) con el cual se registro un peso seco de 56.18 grs, el Tricel 20B (T4) con 37.06 grs y los productos de Fosfacel 800 original (T2), Tricel 20 original (T5) y el Tricel 20A (T3) presentando una similitud en cuanto peso seco con datos de 32.5, 32.27 y 31.98 grs de peso seco del follaje respectivamente. Siendo el testigo el valor más bajo con peso de 9.6 grs (Figura 10).

La materia seca es el resultado final del proceso fotosintético y de la respiración, en la cual parte de los carbohidratos producidos en este proceso, son utilizados como material de construcción para la estructura de la planta.

La tasa de acumulación de la materia seca es limitada por la disponibilidad del carbono, agua, nitrógeno, etc., si algún factor es limitante, la expansión foliar y del tallo son inhibidos, pero las hojas nuevas continúan apareciendo a una tasa exclusivamente en función de la temperatura.

**CUADRO 11.** Peso fresco de raíz (grs), durante el ciclo del cultivo.

Tratamientos	94 DDS	200 DDS
T1	2.21	44.82
T2	2.25	34.34
T3	3.56	31.51
T4	4.75	32.22
T5	5.08	38.04
T6	1.65	17.39



**FIGURA 11.** Representación promedio del peso fresco de raíz de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

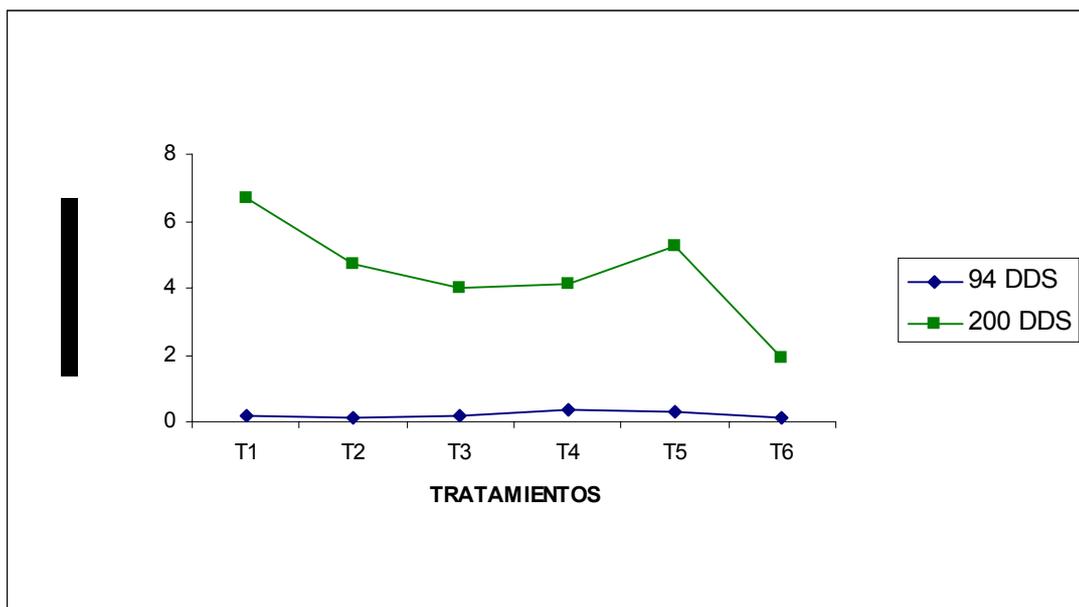
En la figura 11. Se observa que los mejores tratamientos de peso seco de raíz a los 94 DDS fueron los productos Tricel 20 original (T5) y Tricel 20B (T4) con pesos medios de 5.08 y 4.75 grs respectivamente superando todos los tratamientos.

En el ultimo muestreo a los 200 DDS los tratamientos que mostraron mejor respuesta son el Fosfacel 800 mejorado (T1) y el Tricel 20 original (T5) con pesos de 44.82 y 38.04 grs respectivamente. Posteriormente el Fosfacel 800 original (T2), el Tricel 20B (T4), y el Tricel 20A (T3), con pesos fresco respectivamente de 34.34, 32.22, 31.51 y el testigo con 17.39 grs.

El peso fresco de la raíz influye por la cantidad de raíces primarias y secundarias, debido a los procesos que controlan la absorción de nutrimentos por el cultivo, donde se incluyen los mecanismos de absorción por las raíces y la dinámica de los nutrimentos en el suelo, así como las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico y químico del suelo.

**CUADRO 12.** Peso seco de raíz (grs), durante el ciclo del cultivo.

<b>Tratamientos</b>	<b>94 DDS</b>	<b>200 DDS</b>
<b>T1</b>	<b>0.02</b>	<b>6.66</b>
<b>T2</b>	<b>0.13</b>	<b>4.69</b>
<b>T3</b>	<b>0.25</b>	<b>4.02</b>
<b>T4</b>	<b>0.34</b>	<b>4.12</b>
<b>T5</b>	<b>0.32</b>	<b>5.28</b>
<b>T6</b>	<b>0.10</b>	<b>1.94</b>



**FIGURA 12.** Representación promedio del peso seco de raíz de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

Analizando la figura 12. Donde se presenta el peso seco medio de raíz, aunque existe una relación con el peso fresco de la raíz, ya que los mejores tratamientos son los productos Tricel 20A (T3) y Tricel 20 original (T5) con medidas de 0.34 y 0.28 grs. Registrados a los 94 DDS.

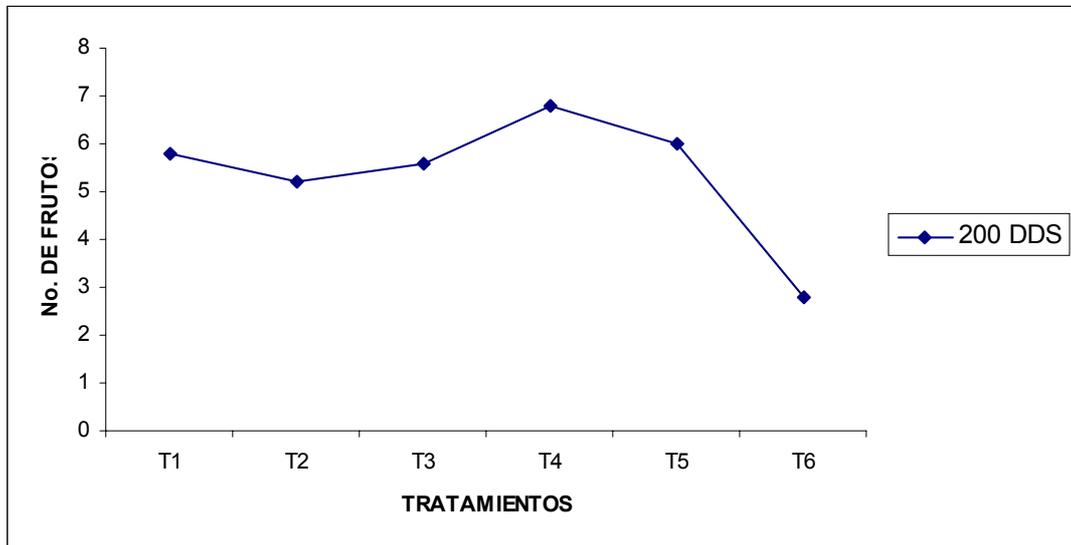
A los 200 DDS se observa alta significancia en los tratamientos con la aplicación de los productos Fosfacel 800 mejorado (T1) y Tricel 20 original (T5) reflejados en el peso fresco en la gráfica 11. Posteriormente los productos Fosfacel 800 original (T2), Tricel 20B (T4), Tricel 20A (T3), siendo el ultimo el testigo, con peso seco de 4.69, 4.12, 4.02 y 1.94 grs respectivamente.

La adsorción de  $\text{NO}_3^-$  esta sujeta a una regulación positiva o negativa. La última parece depender del nivel de N de la planta. Ha sido que el ciclo de los aminoácidos entre a los tallos y raíces sirve para proveer la información necesaria respecto del nivel de N de la planta, que le permite a las raíces regular la adsorción de N (Cooper y Clarkson, 1989).

Los aminoácidos evitan la transformación química del nitrógeno nítrico y amónico dentro de la planta en aminoácidos y por lo tanto se da un importante ahorro energético que le ayuda a superar situaciones de estrés como fomentar el crecimiento y desarrollo de la planta (Inagrosa).

**CUADRO 13.** Número de frutos del cultivo de chile pimiento.

Tratamientos	200 DDS
T1	5.80
T2	5.20
T3	5.60
T4	6.80
T5	6.00
T6	2.80



**FIGURA 13.** Representación promedio del número de frutos de plantas de chile pimiento morrón, en los diferentes tratamientos.

Observado la figura 13. Se puede comentar que los tratamientos con mayor número de frutos son el Tricel 20B (T4) y el Tricel 20 original (T5) con una cantidad de 6.8 y 6 frutos. Con los productos Fosfacel 800 mejorado (T1), Tricel 20A (T3) y Fosfacel 800 original (T2) se registró 5.8, 5.6 y 5.2 frutos respectivamente. Por último el testigo con 2.8 frutos.

El tamaño y número de frutos es un parámetro que influye tanto en rendimiento como en la calidad ya que el mercado prefiere frutos de cierto tamaño, la planta al producir Alanina, Leucina y Metionina favorecen la maduración de los frutos al ser precursor del etileno y mejora la producción del producto cualitativa y cuantitativamente y el fósforo influye positivamente en la producción de frutos de primera, esto podría estar relacionado con los diferentes tratamientos (productos) utilizados en el presente estudio.

**CUADRO 14.** Comparación de tratamientos de acuerdo a los parámetros evaluados en Chile pimiento morrón.

<b>VARIABLES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>					
ALTURA	T1	T4	T5	T3	T2	T6
D. TALLO	T1	T5	T2	T4	T3	T6
No. HOJAS	T4	T1	T3	T5	T2	T6
L. RAIZ	T2	T4	T5	T1	T3	T6
P.F.P.	T1	T4	T5	T3	T2	T6
P.S.P.	T1	T4	T2	T5	T3	T6
P.F.R.	T1	T5	T2	T4	T3	T6
P.S.R.	T1	T5	T2	T4	T3	T6
No. FRUTOS	T4	T5	T1	T3	T2	T6

<b>VARIABLES</b>	<b>TRATAMIENTOS (VALORES)</b>					
ALTURA	56,60	54,80	51,20	51,00	44,60	27,60
D. TALLO	70,00	55,40	55,00	54,60	49,40	41,60
No. HOJAS	69,60	58,00	56,80	55,20	43,40	32,00
L. RAIZ	25,80	24,40	22,20	21,00	20,60	20,40
P.F.P.	441,42	295,10	269,12	263,08	237,76	69,55
P.S.P.	56,18	37,06	32,50	32,27	31,98	9,60
P.F.R.	44,82	38,04	34,34	32,22	31,51	17,39
P.S.R.	6,66	5,28	4,69	4,12	4,02	1,94
No. FRUTOS	6,80	6,00	5,80	5,60	5,20	2,80

Determinación del mejor tratamiento, considerando mejores respuestas en la mayor cantidad de variables quedando de la siguiente manera:

T1 > T4 > T5 > T2 > T3 > T6

**CUADRO 15.** Dosis óptima del chile pimiento y el análisis de planta en la aplicación de 3 productos foliares.

Macroelementos	Dosis del C. %	Producto %	Tricel O %	Tricel A %	Tricel B %
N	4,00-6,00	20	5,40	5,90	5,50
P	0,35-1,00	20	0,69	0,49	0,64
K	4,00-6,00	20	2,69	2,04	2,56
Ca	1,00-2,50	0,003	1,70	1,60	1,60
Mg	0,30-1,00	-----	0,76	0,67	0,75
S	No data	0,046	0,34	0,35	0,41
<b>Microelementos</b>	<b>mg/kg</b>				
Fe	60-300	380	127	128	168
Mn	50-250	160	92	75	105
B	25-75	70	46	27	38
Cu	6-25	160	6	7	10
Zn	20-200	160	121	99	167
Mo	-----	10	-----	-----	-----

**CUADRO 16.** Productos foliares aplicados en el cultivo de chile.

Macroelementos	Productos		
N	TA	TB	TO
P	TO	TB	TA
K	TO	TB	TA
Ca	TO	TA, TB	
Mg	TO	TB	TA
S	TB	TA	TO
<b>Microelementos</b>			
Fe	TB	TA	TO
Mn	TB	TO	TA
B	TO	TB	TA
Cu	TB	TA	TO
Zn	TB	TO	TA
Mo	-----	-----	-----

Para obtener la eficiencia del producto se requiere conocer la dosis del cultivo, obtener la media dentro del rango establecido entre el valor obtenido del análisis de planta.

### Tricel original (20-20-20)

Dosis utilizada 2.5 grs de producto en 500 ml de agua.

Eficiencia de N =  $5/5.40 = 93\%$

Eficiencia de P =  $0.68/0.69 = 99\%$

El Tricel 20 original tiene una eficiencia aceptable en los macroelementos y el Tricel B (3% aminoácidos) en microelementos.

**CUADRO 17.** Dosis óptima del chile pimiento y el análisis de planta en la aplicación de 2 productos foliares.

Macroelementos	Dosis del C. %	Producto %	Fosfacel O. %	Fosfacel M. %
N	4,00-6,00	12	5,50	5,20
P	0,35-1,00	60	1,11	0,89

Macroelementos	Productos	
N	FO	FM
P	FO	FM

### **Fosfacel 800 original (12-60-00)**

Dosis utilizada 2.5 grs de producto en 500 ml de agua.

Eficiencia de N =  $5/5.50 = 91\%$

Eficiencia de P =  $0.68/1.11 = 61\%$

### **Fosfacel 800 Mejorado (3% aminoácidos)**

Dosis utilizada 2.5 grs de producto en 500 ml de agua.

Eficiencia de N =  $5/5.20 = 96\%$

Eficiencia de P =  $0.68/0.89 = 76\%$

Con la dosis utilizada de 2.5 grs de producto en 500 ml de agua se puede conocer los mg/lit en una aplicación del producto (fertilizantes foliares) obteniéndose de la siguiente manera:

$mg/lit = 2500/0.5 \text{ lit}$

$mg/lit = 5000$

De acuerdo al cuadro anterior el mejor producto es el Fosfacel Original, pero el más eficiente el Fosfacel 800 mejorado (3% aminoácidos) de acuerdo al requerimiento óptimo del cultivo.

**Nota:** El análisis de planta se realizó el día 08 de Enero de 2002, en Southern Agricultural Laboratories.

## VII. CONCLUSIONES

Considerando el objetivo e hipótesis formulados, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se concluye que:

- El tratamiento que obtuvo mejor respuesta en la mayoría de los parámetros evaluados con una dosis de 7.5 grs de fertilizante fue el Fosfacel 800 mejorado (T1). En el cual se observó cubre los requerimientos del cultivo en 3 aplicaciones foliares.
- En el crecimiento y producción de la planta de Chile, fue clara la influencia por parte de los fertilizantes foliares mejorados con aminoácidos Fosfacel 800 mejorado (T1) y Tricel 20B (T4), superando a los demás tratamientos.
- En tres aplicaciones foliares se determinó que el efecto de los fertilizantes en general se refleja claramente en la etapa vegetativa y de la fructificación.
- La nueva técnica de aplicación de fertilizantes foliares, es una alternativa viable, para incorporar los nutrientes y aminoácidos necesarios para la planta.
- Sería conveniente seguir esta línea de investigación y hacer comparaciones con la fertilización tradicional y aplicaciones únicas de aminoácidos como fuente de Nitrógeno.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Abdón, J., Díaz L. Vicente, P. 1991. Estudios de los Aminoácidos en el Tabaco de Cuba. Instituto del Suelos. La Habana. Instituto de Investigaciones del Tabaco. San Antonio de Baños (La Habana).

Alexander, A. 1986. Optimum timing of foliar nutrient spray. In: Alexander, A. (ed). Pp. 44-60. Foliar fertilization. Martinus Nijhoff. Dordrecht, The Netherlands.

Amarasiri, S.L. and S.R. Olsen, 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. Soil sci. Soc. Am. Proc. 37: 716-721.

Andrade, FH, Echeverría, HE, González NS, Uhart SA y Darwich NA. 1995. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico 134. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

Andrade, F, Cirilo, A, Uhart S, Otegui M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial Médica Panamericana, Pp: 292.

Arcos, C. G. et al, Hernández, H.J., Uriza, A.D.E., Olivera de S.A. 1998. Tecnología para producir chile jalapeño en la planicie Costera del Golfo de México Folleto técnico. No. 24. División agrícola. CIRGOC-INIFAP-SAGAR: pp. 205.

Arshad, M. 1995. Effect of soil applied L-tryptophan on growth and Chemical Composition of Cotton. J. Plant Nutr. Pp. 317-329.

Azcón – Bieto, J., Talon, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Interamericano Ma Graw – Hill. Cap. Xii: 290-291.

Babinec Francisco J. y Alfredo Bono.1999.Cambios en las propiedades edáficas en haplustoles de la pampa, Argentina, bajo pasturas de alfalfa y agricultura continua. II. Propiedades físicas.14to Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Chile.

Baños, A.S. Cabrera, F.P. y Zapata, N.M. 1991. El pimiento para el Pimiento Ed. Mundi prensa.

Bara Temes, S. 1986. *Fertilización forestal*. Xunta de Galicia, Consellería de Agricultura. Pontevedra.

Bear, F.E. 1965. Chemistry of soil. Second Edition. Reinhold Publishing Corporation. New York, N.Y. USA.

Blue, WE. and E.A. Martinez, 1988. Effect of Lime and P applied to a Florida Ultisol, a Sandy Eutisol and a Spodosol on Com Growth, P uptake, an soil characteristics. Soil and crop Science Society of Florida, Proceedings, Vol. 48: 157-165.

Cano, M. 1998. El cultivo de chile. [Infcanoal@Starnet.net.gt](mailto:Infcanoal@Starnet.net.gt).  
[www.lucas.simplenet.com/trabajos/cultivochiles/cultivochiles.html](http://www.lucas.simplenet.com/trabajos/cultivochiles/cultivochiles.html).

Casado, C. 2000. Efecto de la Aplicación Conjunta de Aminoácidos y Quelatos Ferricos a Plántulas de Girasol (*Helianthus annuus*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid.

Casares, E. 1984. Producción de Hortalizas. Tercera Edición (primera reimpresión). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA) San José Costa Rica.

Cooper, H.D. and Clarkson, D.T. 1989. Cycling amino-nitrogen and other nutrients between shoots and roots in cereals. A possible mechanism integrating shoot and root in the regulation of nutrient uptake. Journal Experimental botany, 40, 753-762.

De Santiago, J. 1996. Programación de la siembra de chiles verdes, Productores de Hortalizas. Publicaciones periódicas. Pp. 8-9.

Domínguez Vivanco A. 1997. Tratado de Fertilizantes. Ed. Mundi prensa. Madrid. España.

Eibner, R. 1986. Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. pp. 3-13. *In*: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical. Division. Berlin. 1985.

Federalgodon. 1986. Bases técnicas para el cultivo de Algodón en Colombia. 3ra. Ed. Federación Nacional de algodoneros. Ed. Guadalupe. Bogotá. Colombia. Pp. 154-170.

Fontanetto, HB. 1993. Efecto del método de aplicación del fertilizante fósforico en maíz a dos niveles de disponibilidad hídrica. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. Pp. 205-211. *In*: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin y Boston, MA.

Furlani, C.A.M. y U.J. Filho A. 1990. Eficiencia en absorción y utilización de fósforo en solución nutritiva. *Bragantia*, Campinas 49: 413-423.

Gooding, M.J. y W.P. Davies. 1992. Foliar urea fertilization of cereals: A review. *Fert. Res.* 32: 209-222.

González, M. M. y P.W. Bosland. 1991. Germoplasma de Capsicum en las América. *Revista Informativa para la comunidad Internacional de Recursos Filogenéticos. Diversity.* Compañía Impresora Imperial. Vol. 7. Num. 1 y 2, 1991. América Latina.

González, M. A. J., Salinas G. González, M. P. 1985. Respuesta del Fósforo en la selección individual del chile pasilla. Resumen de ponencias del primer Congreso Nacional de la SOMECH, Hermosillo, Sonora.

Greenland D.J.1981. Characterization of soils in relation to their classification for crop production. Clarendon Press Oxford. Pp 445.

Gueko, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba.

Gutiérrez N.; R. Gutiérrez; C. Venialgo y J Petcoff. 1993. Efectos de diferentes sistemas de labranza y de cultivos sobre el K, Ca y Mg en un natrustol típico. Efectos de los sistemas de labranza en la degradación y productividad de los suelos: en Memorias De La Segunda Reunión Bienal De La Red Latinoamericana De Labranza Conservacionista. Ildfonso Pla Santís y Francisco Ovalles. Guanare, Acarigua-Venezuela.

Janick, J. 1985. Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acribia Zaragoza. España. Pp. 564.

Khanizadeh, S. 1994. seasonal Variation of Hydrophilic, and Charged Amino Acids in developing Apple Flower Buds. Journal of Plant Nutrition 17 (11), 2025-2030.

Kvesitadze, G. 1992. La Influencia de Preparados de Aminoácidos sobre la Actividad Endógena Transcripcional de Núcleos y Cloroplastos de las hojas de algunas Leguminosas. Instituto de Bioquímica de las Plantas de la Academia de las Ciencias de la República de Georgia.

Kvesitaze, G.Y. Sadunishvili, T. 1996. Effects and Mechanism of Actino of Aminoacid Preparations on Ammonia Assimilation and Cell Protein Synthesizing Apparatus in Legumes. Institute of Plant Biochemistry. Georgian Academy of Sciences.

Laborde, J.A. 1982. Presente y Pasado de Chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA). México.

Laver, D. A. 1988. Vertical distribution in soil of sprinkler-applied phosphorus. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* Vol 52 (3-4):862-867.

Lei, S., Shizhang, Y. 1991. Effect of Aminoacid on Rice. Institute of Plant Protection. Jilin Academy of Agricultural Sciences. China.

Leece, D.R. 1976. Composition and ultrastructure of leaf cuticles from fruit trees, relative to differential foliar absorption. *Austral. J. Plant Physiol.* 3: 833-847.

Liñan, L.M. 2001. Incidencia de Sustancias Húmicas Comerciales sobre Microorganismos del Suelo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

Lucena, J.J. 1997. Micronutrientes. Quelatos. Pp. 99-121. *La Fertirrigación Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. C. Cadahia. Ed. Mundi prensa. Madrid.

Lucena, J.J. 2000. Effect of Bicarbonato, Nitrate and Other Environmental Factors on Iron Deficiency Chlorosis. A Review. *J. Plant Nutr.* 23 (11-12): 1591-160.

Malavolta, E.; Vitti, G. C. y Oliveira, S.A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba, Bra. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa.

Malavolta, E. 1993. Nutrición mineral e adubación do caféiro. Colheitas económicas máximas. Sao Paulo, Bra. *Agronomica Ceres*. Pp. 210.

Maroto, J.V. 1983. *Horticultura Herbácea Especial*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> Edition. Academia Pross Inc. London.

Medina, E.J.A. 1984. Guía para Producción de Habanero en la Zona Henequenera.

Medina M., M.d.C., E.J. Medina M, J.H. Aguilar P. y S.J. García G. 1999. Aspersiones foliares de manganeso y cobre en nogal pecadero. Terra 17: 317-323.

Mendoza, H.J.M. 1983. Diagnóstico Climático para la zona de Influencia inmediata a la UAAAN. Pp. 1-5.

Moraes, S.A. 1983. A ferrugem do cafeeiro: importancia, condicoes, predisponentes, evolucao e situacao no Brasil. Campinas, IAC.Pp. 50.

Navarro G. M. 1999. Los análisis de savia en chile poblano (*Capsicum annum* L.) cultivado con fertirrigación en el Noreste del estado de Guanajuato. Tesis de Maestría de la UAAAN.

Obando, R. A.J. 1991. Uso de los surfactantes no iónicos en la Agricultura moderna. Memorias del primer seminario Técnico de malezas y su control. SOMECIMA. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Pp. 22-29.

Piña, R.J. 1984. Guía para la Producción de Chile Habanero en Suelos Arables de Yucatán. SARH. Mérida, Yucatán, México.

Plancarte M., I. 1971. Fertilización fosfatada al suelo y follaje de maíz en dos suelos de Ando bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.

Pozo, C.O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de chile SARH – INIA. Pp. 5-18.

Ramírez, R. 1991. El uso eficiente de los fertilizantes y el incremento de la productividad agrícola en Venezuela. Informaciones agronómicas No. 4. Quinto. Ecuador.

Rivas Z.E. 1996. Balance Nutricional de (N y K), y su influencia sobre la tolerancia a *Fusarium Oxisporum* sp) Gladioli. Tesis de licenciatura UAAAN.

Rodgers, Claudio O. 1993. The Effect of Amino Acids and Amides on the Regulation of Nitrate Uptake by Wheat Seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 16 (2), 337-348.

Rodríguez, R. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F.

Roik, M., Glizbullin, N. y Gontarenko, S. 1996. Elaboración de los Elementos de Tecnología Intensiva de los Reguladores del Crecimiento de las Plantas en el Cultivo de la Remolacha Azucarera.

Sanchez, P., y Ramirez, P. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. In: Téliz, ed. El aguacate y su manejo integrado. México. Mundi Prensa. Pp. 103-113.

SARH, 1994. Revista informativa "Hortícolas y Ornamentales"; Dirección General de Política Agrícola. México, D.F.

Sobrino, I.E. y V.E. Sobrino, 1989. Tratado de Hortaliza Herbácea, 1-Hortalizas de Flor y Fruto. Primera Edición. Editorial AEDOS-BARCELONA España.

Soria, F.M. 1993. Producción de Hortalizas en la Península de Yucatán.

Stevesón, F.J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.

Suzuki, S. 1906-1908. *Bull. Coll. Agr. Tokyo*. 7(95): 419-513.

Taiz, L. y Zeiger, E. 1991. Plant physiology. Redwood City. The Benjamin/Cumming Publish Company. Pp. 559.

Taiz, L. y Zeiger, E. 1998. Plant physiology. Redwood City. The Benjamin/Cumming Publish Company.

Tisadale, S.W. t W. Nelson. 1992. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Uteha. México, D.F.

Tracy, J. 1985. A preliminar y report on phosphorus deficiency of hass avocado. California avocado society yearbook 69: 145-1154.

Trinidad S., A., R. Núñez E y F. Baldovinos de la P. 1971. Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno. Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jalisco.

Trinidad, S.L. y W.L. Nelson. 1991. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra. 17: 247-255.

Urzúa, S.F. y A. Sánchez B. 1991. Surfactantes en la Acción Biológica de herbicidas post-emergente en invernadero y campo. Memorias de XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. SOME CIMA. Acapulco, Guerrero, México. Pp. 58.

Valadez, L.A. 1994 y 1996. Producción de Hortalizas. Cuarta y Quinta Reimpresión. Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F.

Valdés, R. 1985. Estudio fenológico de la UAAAN en el área correspondiente a Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN.

<http://www.corpmisti.com.pe/novedades/AMINOACIDOS.htm>

Inagrosa, 2000 <http://www.inagrosa.es/biotec.pdf>

Zoberbac, 2001 <http://www.sefes.es/zoerberbac/esp/que%son.html>

Cosmocel, <http://www.cosmocel.com.mx/a-foliar.htm>

## IX. APÉNDICES

El análisis de varianza (ANVA) nos muestra diferencia estadística altamente significativa entre los diferentes tratamientos (fertilizantes foliares).

### PRIMERA MEDICIÓN

#### ALTURA DE PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.5400	2.3000	2.4200	2.4200
T2	2.5800	2.6000	2.6200	2.6000
T3	2.4900	2.5400	2.4400	2.4900
T4	2.7000	2.7550	2.8100	2.7550
T5	2.6600	2.5800	2.5000	2.5800
T6	2.4200	2.4200	2.4200	2.4200

#### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.247864	0.049573	11.1260	0.001
Error	12	0.053467	0.004456		
Total	17	0.301331			

C.V. = 2.62 %

Para realizar la prueba de DMS al 0.01%, se tomaron las medias de los tratamientos.

**CUADRO A.1** Medias de altura de planta (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T4	2.7550	A
T2	2.6000	AB
T5	2.5800	BC
T3	2.4900	BC
T1	2.4200	C
T6	2.4200	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.1188	0.1665

## DIÁMETRO DEL TALLO

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.7900	0.8700	0.7200	0.7933
T2	0.6920	0.6800	0.8140	0.7287
T3	0.6600	0.6820	0.7120	0.6847
T4	0.6800	0.5600	0.5900	0.6100
T5	0.6200	0.6200	0.6300	0.6233
T6	0.4400	0.4800	0.4500	0.4567

## ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.202867	0.040573	15.0466	0.000
Error	12	0.032358	0.002697		
Total	17	0.235225			

C.V. = 8.00 %

**CUADRO A.2** Medias del diámetro del tallo (mm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T1	0.7933	A
T2	0.7287	AB
T3	0.6847	AB
T5	0.6100	B
T4	0.6233	B
T6	0.4567	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0924	0.1295

## NÚMERO DE HOJAS

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.2000	2.2000	2.2000	2.2000
T2	2.0000	2.1000	2.2000	2.1000
T3	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
T4	2.4000	2.5000	2.6000	2.5000
T5	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
T6	2.1000	2.2000	2.0000	2.1000

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2.125000	0.425000	85.0035	0.000
Error	12	0.059998	0.005000		
Total	17	2.184998			

C.V. = 3.05 %

**CUADRO A.3** Medias del número de hojas, observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T5	3.0000	A
T4	2.5000	B
T1	2.2000	C
T2	2.1000	CD
T6	2.1000	CD
T3	2.0000	D

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.1258	0.1764

## LONGITUD DE RAÍZ

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	4.0400	4.1800	4.1100	4.1100
T2	3.5800	3.7800	3.6800	3.6800
T3	3.1400	3.0600	3.2800	3.1600
T4	2.7200	3.9000	3.3100	3.3100
T5	3.2600	3.0900	2.9200	3.0900
T6	2.6200	2.5800	2.6600	2.6200

## ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	3.965652	0.793131	11.7238	0.000
Error	12	0.811813	0.067651		
Total	17	4.777466			

C.V. = 7.81 %

**CUADRO A.4** Medias de longitud de raíz (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T1	4.1100	A
T2	3.6800	AB
T4	3.3100	B
T3	3.1600	BC
T5	3.0900	BC
T6	3.6200	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.4628	0.6488

## PESO FRESCO DE LA PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.1500	0.2300	0.2000	0.2150
T2	0.2200	0.2100	0.2300	0.2200
T3	0.2200	0.2100	0.1900	0.2067
T4	0.1750	0.1700	0.1800	0.1750
T5	0.2400	0.2200	0.2200	0.2267
T6	0.1800	0.1600	0.1400	0.1600

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.010811	0.002162	11.6176	0.001
Error	12	0.002233	0.000186		
Total	17	0.013044			

C.V. = 6.80 %

**CUADRO A.5** Medias de peso fresco de la planta (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T5	0.2267	A
T2	0.2200	A
T1	0.2150	A
T3	0.2067	AB
T4	0.1750	BC
T6	0.1600	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0243	0.0340

## PESO SECO DE LA PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400
T2	0.0400	0.0500	0.0400	0.0433
T3	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300
T4	0.0350	0.0300	0.0350	0.0333
T5	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400
T6	0.0400	0.0300	0.0350	0.0350

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.000374	0.000075	6.7250	0.004
Error	12	0.000133	0.000011		
Total	17	0.000507			

C.V. = 9.02 %

**CUADRO A.6** Medias del peso seco de la planta (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T2	0.0433	A
T1	0.0400	AB
T5	0.0400	AB
T6	0.0350	BC
T4	0.0333	BC
T3	0.0300	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0059	0.0083

## SEGUNDA MEDICIÓN

### PESO FRESCO DE PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.9700	0.9300	0.8900	0.9300
T2	0.8500	0.9400	0.8950	0.8950
T3	0.9500	0.9400	0.9300	0.9400
T4	0.9200	0.9600	1.0000	0.9600
T5	1.1500	1.0000	1.0300	1.0600
T6	0.7400	0.7600	0.7200	0.7400

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.164165	0.032833	16.3825	0.000
Error	12	0.024050	0.002004		
Total	17	0.188214			

C.V. = 4.86 %

**CUADRO A.7** Medias de peso fresco de la planta (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimienta morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T5	1.0600	A
T4	0.9600	AB
T3	0.9400	B
T1	0.9300	B
T2	0.8900	B
T6	0.7400	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0796	0.1117

## PESO SECO DE LA PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.2200	0.2300	0.2600	0.2367
T2	0.2100	0.2100	0.2000	0.2067
T3	0.2000	0.2000	0.1900	0.1967
T4	0.2400	0.2600	0.2400	0.2467
T5	0.2200	0.2200	0.2200	0.2200
T6	0.1800	0.1800	0.2000	0.1867

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.008111	0.001622	12.6960	0.000
Error	12	0.001533	0.000128		
Total	17	0.009644			

C.V. = 5.24 %

**CUADRO A.8** Medias del peso seco de la planta (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T4	0.2467	A
T1	0.2367	A
T5	0.2200	AB
T2	0.2067	BC
T3	0.1967	BC
T6	0.1867	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0201	0.0282

## TERCERA MEDICIÓN

### ALTURA DE PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	4.9600	4.5000	4.0500	4.5033
T2	4.9500	3.5500	4.0500	4.1833
T3	5.6500	5.5500	6.1500	5.7833
T4	6.5500	6.8500	6.2500	6.5500
T5	7.2000	7.6500	6.9000	7.2500
T6	4.3500	4.4000	3.9500	4.2333

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	25.606750	5.121350	27.7574	0.000
Error	12	2.214050	0.184504		
Total	17	27.820801			

C.V. = 7.93 %

**CUADRO A.9** Medias de altura de planta (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimienta morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T5	7.2500	A
T4	6.5500	AB
T3	5.7833	B
T1	4.5033	C
T6	4.2333	C
T2	4.1833	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.7642	1.0714

## DIÁMETRO DEL TALLO

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.7900	0.8680	0.7240	0.7940
T2	0.6920	0.6800	0.8140	0.7287
T3	0.6600	0.6820	0.7120	0.6847
T4	0.6800	0.5600	0.5900	0.6100
T5	0.6300	0.6200	0.6300	0.6267
T6	0.4400	0.4800	0.4500	0.4567

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.202946	0.040589	15.4706	0.000
Error	12	0.031484	0.002624		
Total	17	0.234430			

C.V. = 7.88 %

**CUADRO A.10** Medias del diámetro del tallo (mm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T1	0.7940	A
T2	0.7287	AB
T3	0.6847	AB
T5	0.6267	B
T4	0.6100	B
T6	0.4567	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0911	0.1278

## NÚMERO DE HOJAS

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.4000	2.2000	2.2000	2.2667
T2	2.0000	2.4000	2.2000	2.2000
T3	2.4000	2.0000	2.0000	2.1333
T4	2.4000	2.0000	2.6000	2.3333
T5	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
T6	2.6000	2.2000	2.0000	2.2667

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	1.513329	0.302666	6.1908	0.005
Error	12	0.586678	0.048890		
Total	17	2.100006			

C.V. = 9.34 %

**CUADRO A.11** Medias del número de hojas, observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T5	3.0000	A
T4	2.3333	B
T1	2.2667	B
T6	2.2667	B
T2	2.2000	B
T3	2.1333	B

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.3934	1.5515

## LONGITUD DE RAÍZ

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	6.0000	5.8500	5.1250	5.6850
T2	6.2750	5.6500	5.8000	5.9083
T3	6.6000	6.5500	6.3250	6.4917
T4	7.0750	6.5750	7.5000	7.0500
T5	6.3250	7.5250	6.5750	6.8083
T6	5.2500	5.5000	5.1750	5.3083

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	6.967651	1.393530	8.1929	0.002
Error	12	2.041077	0.170090		
Total	17	9.008728			

C.V. = 6.64 %

**CUADRO A.12** Medias de longitud de raíz (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T4	7.0500	A
T5	6.8083	AB
T3	6.4917	ABC
T2	5.9083	BCD
T1	5.6850	CD
T6	5.3083	D

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.7338	1.0287

## PESO FRESCO DE RAÍZ

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.3800	2.5000	2.2600	2.3800
T2	1.9950	1.8900	2.1000	1.9950
T3	2.6800	3.8600	3.2700	3.2700
T4	5.0000	4.4800	4.7800	4.7533
T5	4.8200	5.3000	5.1300	5.0833
T6	1.7900	1.7000	1.6100	1.7000

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	31.017166	6.203433	73.1268	0.000
Error	12	2.017975	0.084831		
Total	17	32.035141			

C.V. = 9.11 %

**CUADRO A.13** Medias de peso fresco de la raíz (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T5	5.0833	A
T4	4.7533	A
T3	3.2700	B
T1	2.3800	C
T2	1.9950	C
T6	1.7000	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.5182	0.7265

## PESO SECO DE RAÍZ

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	0.1700	0.1800	0.1900	0.1800
T2	0.1350	0.1225	0.1100	0.1225
T3	0.1700	0.1875	0.2050	0.1875
T4	0.3500	0.3400	0.3400	0.3433
T5	0.2700	0.2950	0.2825	0.2825
T6	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.138023	0.027605	220.2308	0.000
Error	12	0.001504	0.000125		
Total	17	0.139527			

C.V. = 5.57 %

**CUADRO A.14** Medias de peso seco de la raíz (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T4	0.3433	A
T5	0.2825	B
T3	0.1875	C
T1	0.1800	C
T2	0.1225	D
T6	0.0900	E

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.0199	0.0279

## PESO FRESCO DE FOLLAJE

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	17.3200	16.0300	17.3200	16.8900
T2	17.8600	12.3700	13.3800	14.5367
T3	17.5200	17.5900	19.2900	18.1333
T4	24.4500	23.8000	21.9100	23.3867
T5	22.6000	25.0000	21.3500	22.9833
T6	11.3500	10.9400	9.2700	10.5200

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	367.93311	73.586624	26.7691	0.000
Error	12	32.98731	2.748942		
Total	17	400.92041			

C.V. = 9.35 %

**CUADRO A.15** Medias de peso fresco del follaje (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T4	23.3867	A
T5	22.9833	A
T3	18.1333	B
T1	16.8900	B
T2	14.5367	BC
T6	10.5200	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.9498	4.1357

## PESO SECO DE FOLLAJE

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	5.4200	4.8800	5.2400	5.1800
T2	4.9800	4.5500	4.6700	4.7333
T3	5.1000	5.1600	5.2900	5.1833
T4	5.7900	5.6700	5.4600	5.6400
T5	5.5333	5.6800	5.4000	5.5367
T6	4.7300	4.4700	4.5500	4.5833

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2.658051	0.531610	15.9864	0.000
Error	12	0.399048	0.033254		
Total	17	3.057098			

C.V. = 3.55 %

**CUADRO A.16** Medias de peso seco del follaje (grs) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T4	5.6400	A
T5	5.5367	AB
T3	5.1833	BC
T1	5.1800	BC
T2	4.7333	CD
T6	4.5833	D

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.3244	0.4549

## CUARTA LECTURA

### ALTURA DE PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	7.1000	6.8000	7.4000	7.1000
T2	6.8000	7.1000	7.6000	7.1667
T3	9.1000	10.1000	10.7000	9.9667
T4	10.3000	9.2000	10.6000	10.0333
T5	10.5000	9.2000	9.0000	9.5667
T6	3.1000	2.9000	3.3000	3.1000

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	107.34473	21.468945	59.8209	0.000
Error	12	4.30664	0.358887		
Total	17	111.65137			

C.V. = 7.66 %

**CUADRO A.17** Medias de altura de planta (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimienta morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T4	10.0333	A
T3	9.9667	A
T5	9.5667	A
T2	7.1667	B
T1	7.1000	B
T6	3.1000	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	1.0658	1.4943

## DIÁMETRO DEL TALLO

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.3000	2.0000	2.0400	2.1133
T2	1.9800	2.0400	2.1000	2.0400
T3	2.2400	2.5000	2.6400	2.4600
T4	2.2800	2.4400	2.1600	2.2933
T5	2.2600	2.4200	2.2400	2.3067
T6	1.4200	1.2200	1.3000	1.3133

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2.494252	0.498851	26.9807	0.000
Error	12	0.221870	0.018489		
Total	17	2.716125			

C.V. = 6.51 %

**CUADRO A.18** Medias del diámetro del tallo (mm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T3	2.4600	A
T5	2.3067	AB
T4	2.2933	AB
T1	2.1133	B
T2	2.0400	B
T6	1.3133	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.2419	0.3392

## NÚMERO DE HOJAS

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	9.0000	8.0000	8.6000	8.5333
T2	9.4000	9.8000	10.2000	9.8000
T3	10.4000	11.6000	12.4000	11.4667
T4	10.6000	10.8000	10.8000	10.7333
T5	12.4000	10.6000	10.4000	11.1333
T6	4.8000	4.2000	6.0000	5.0000

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	87.93799	17.587597	30.2081	0.000
Error	12	6.98657	0.582214		
Total	17	94.92456			

C.V. = 8.08 %

**CUADRO A.19** Medias del número de hojas, observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Media	
T3	11.4667	A
T5	11.1333	A
T4	10.7333	A
T2	9.8000	AB
T1	8.5333	B
T6	5.0000	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	1.3575	1.9033

## QUINTA MEDICIÓN

### ALTURA DE PLANTA

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	16.2000	16.5000	17.8000	16.8333
T2	15.6000	17.2000	17.6000	16.8000
T3	20.6000	20.6000	24.0000	21.7333
T4	19.6000	21.2000	23.0000	21.2667
T5	23.6000	19.4000	20.0000	21.0000
T6	11.4000	7.4000	7.8000	8.8667

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	358.35840	71.671677	23.1161	0.000
Error	12	37.206055	3.100505		
Total	17	395.56445			

C.V. = 9.92 %

**CUADRO A.20** Medias de altura de planta (cm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimienta morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T3	21.7333	A
T4	21.2667	A
T5	21.0000	AB
T1	16.8333	B
T2	16.8000	B
T6	8.8667	C

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	3.1328	4.3922

## DIÁMETRO DEL TALLO

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	2.7000	2.7200	2.9000	2.7733
T2	3.1600	2.9000	3.0000	3.0200
T3	2.6600	2.9600	2.9600	2.8600
T4	2.9000	3.2000	2.8000	2.9667
T5	3.2000	2.7600	2.9200	2.9600
T6	1.7600	1.9200	1.9600	1.8800

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2.799713	0.559943	20.5534	0.000
Error	12	0.326920	0.027243		
Total	17	3.126633			

C.V. = 6.02 %

**CUADRO A.21** Medias del diámetro del tallo (mm) observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T2	3.0200	A
T4	2.9667	A
T5	2.9600	A
T3	2.8600	A
T1	2.7733	A
T6	1.8800	B

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	0.2937	0.4117

## NÚMERO DE HOJAS

Tratamientos	Repeticiones			Media
	I	II	III	
T1	13.4000	12.4000	12.2000	12.6667
T2	4.8000	14.2000	14.6000	14.5333
T3	15.2000	16.4000	17.6000	16.4000
T4	16.6000	17.0000	16.8000	16.8000
T5	18.4000	16.6000	15.4000	16.8000
T6	8.8000	8.6000	9.2000	8.8667

## ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	147.42383	29.484766	40.5744	0.000
Error	12	8.72022	0.726685		
Total	17	156.14404			

C.V. = 5.94 %

**CUADRO A.22** Medias del número de hojas, observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Media	
T4	16.8000	A
T5	16.8000	A
T3	16.4000	AB
T2	14.5333	BC
T1	12.6667	C
T6	8.8667	D

Significancia 0.01

N.S.	0.05	0.01
DMS	1.5166	2.1264

## QUINTA LECTURA

**CUADRO A.23** Medias obtenidas, observados en los diferentes tratamientos de chile pimiento morrón var. California Wonder 300, con aplicaciones de fertilizantes foliares bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Altura de P.	□ Tallo	L. Raíz	No. Frutos	No. Hojas	PF Planta	PS Planta	PF Raíz	PS Raíz
1	56.6000	70.0000	21.0000	5.8000	58.0000	441.4200	56.1800	44.8200	6.6600
2	44.6000	55.0000	25.8000	5.2000	43.4000	237.7600	32.5000	34.3400	4.6900
3	51.0000	49.4000	20.6000	5.6000	56.8000	263.0800	31.9800	31.5100	4.0200
4	54.0000	54.6000	24.4000	6.8000	69.6000	295.1000	37.0600	32.2200	4.1200
5	51.2000	55.4000	22.2000	6.0000	55.2000	269.1200	32.2700	38.0400	5.2800
6	27.6000	41.6000	20.4000	2.8000	32.0000	69.5500	9.6000	17.3900	1.9400