

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EFECTOS DE LAS APLICACIONES FOLIARES DE
CALCIO Y BORO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO EN UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE
FRESA (*Fragaria x ananassa*)”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

CARMEN CAROLA PALOMINO AMORÍN

LIMA – PERÚ

2006

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

“EFECTOS DE LAS APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO Y BORO SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)”

Tesis presentada para optar el título de :

BIÓLOGO

Por:

Carmen Carola Palomino Amorín

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes
PRESIDENTE

M. Sc. Abelardo Calderón Rodríguez
MIEMBRO

M. Sc. Aldo Ceroni Stuva
MIEMBRO

M. Sc. Alfredo Rodríguez Delfín
PATROCINADOR

Agradecimientos

- Al Profesor MSc. Alfredo Rodríguez Delfín, Director del centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Agraria La Molina por haberme dado la oportunidad de realizar este experimento.
- A la Bióloga Marylu Hoyos por sus enseñanzas y constante apoyo.
- A todo el personal que trabaja en el Centro de Investigación de Hidroponía por su gran ayuda y apoyo.
- A Mariela Palomino por brindarme su incondicional ayuda de una u otra forma durante la ejecución y conclusión de este trabajo.
- A Gunter Villena, presidente de Peruvian Seaweeds, por su gran apoyo en la realización del experimento.

ÍNDICE

	Pág.
Agradecimientos.....	i
Índice.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 Descripción Botánica.....	03
2.2 Cultivar Chandler.....	03
2.3 La Técnica de Solución Nutritiva Recirculante.....	04
2.3.1 Requerimientos.....	05
2.3.2 Componentes de la técnica NFT.....	06
2.3.3 Solución nutritiva.....	07
2.4 Fertilización Foliar.....	07
2.5 Calcio.....	09
2.5.1 Absorción y movimiento de calcio en la planta.....	09
2.5.2 Funciones del calcio en la planta.....	10
2.5.3 Deficiencias del calcio.....	15
2.5.4 Deficiencias del calcio en fresa.....	17
2.5.5 Toxicidad del calcio.....	18
2.5.6 Toxicidad del calcio en fresa.....	18
2.5.7 Interacción con otros nutrientes.....	19
2.6 Boro.....	21
2.6.1 Absorción y movimiento de boro en la planta.....	21
2.6.2 Funciones del boro en la planta.....	22
2.6.3 Deficiencias de boro.....	27
2.6.4 Deficiencias de boro en fresa.....	29
2.6.5 Toxicidad de boro.....	31
2.6.6 Toxicidad de boro en fresa.....	31
2.6.7 Interacción con otros nutrientes.....	32
2.7 Correlación entre Ca y B.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 Ubicación Geográfica.....	37
3.2 Condiciones Metereológicas.....	37
3.3 Descripción del Sistema.....	37
3.4 Área del Experimento.....	39
3.5 Tratamientos.....	39
3.6 Cultivar o Material Vegetal.....	39
3.7 Conducción del Experimento.....	39
3.7.1 Preparación del sistema.....	39
3.7.2 Preparación del material de soporte.....	40
3.7.3 Densidad de plantación.....	40
3.7.4 Transplante.....	40
3.7.5 Riegos.....	40
3.7.6 Solución nutritiva.....	41
3.7.7 Preparación de los tratamientos.....	42
3.7.8 Eliminación de flores.....	43
3.7.9 Poda de hojas.....	43
3.7.10 Cosecha.....	43
3.7.11 Observaciones entomológicas.....	43

3.7.12 Observaciones fitopatológicas.....	44
3.7.13 Otras observaciones.....	44
3.8 Evaluaciones Experimentales.....	44
3.8.1 Variables biométricas.....	44
3.8.2 Evaluaciones de rendimiento.....	45
3.8.3 Análisis foliar.....	46
3.9 Diseño del Experimento.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1 Calcio.....	47
4.1.1 Variación estacional.....	47
4.1.2 Efecto del Tratamiento.....	48
4.2 Boro.....	50
4.2.1 Variación estacional.....	50
4.2.2 Efecto del Tratamiento.....	51
4.3 Interacción de los tratamientos con otros elementos minerales.....	53
4.3.1 Tratamiento con aplicación de fertilizante orgánico (T ₁).....	57
4.3.2 Tratamiento con aplicación de 100 ppm Ca y 54 ppm B (T ₂).....	60
4.3.3 Tratamiento con aplicación de 200 ppm Ca y 108 ppm B (T ₃).....	63
4.3.4 Tratamiento con aplicación de 100 ppm Ca (T ₄).....	66
4.3.5 Tratamiento con aplicación de 54 ppm B (T ₅).....	69
4.3.6 Tratamiento con aplicación de 300 ppm Ca y 162 ppm B (T ₆).....	72
4.4 Evaluaciones de la Variables biométricas.....	76
4.4.1 Peso seco y fresco de la parte aérea (g/planta).....	76
4.4.2 Área Foliar (dm ² /planta).....	78
4.4.3 Peso seco y fresco de la raíz (g/planta).....	78
4.4.4 Peso fresco inicial y final de la planta (g).....	80
4.5 Evaluaciones de rendimiento.....	81
4.5.1 Rendimiento (Kg/ m ²).....	81
4.5.2 Producción (g/planta).....	82
4.5.3 Número total de frutos.....	83
4.5.4 Peso fresco del fruto (g).....	85
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. RECOMENDACIONES.....	88
VII. RESUMEN.....	89
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS	

I. INTRODUCCIÓN

La fresa es una de las frutas más difundidas en todo el mundo tanto por la superficie cultivada como por los volúmenes comercializados. Debido principalmente a su alto contenido de vitamina C y dado que puede madurar todo el año, a su consumo natural y su utilización industrial. Su demanda muestra un crecimiento año a año y es superado ligeramente por la oferta.

En nuestro país, el cultivo de la fresa aún no logra niveles importantes de desarrollo, habiendo buenas posibilidades de exportación para mercados de fruta fresca debido a que el clima nos ofrece la ventaja en comparación a otros países de producir fresa en períodos fuera de temporada (Agosto a Abril), lográndose por lo tanto un mejor precio en el mercado europeo, donde existe una demanda insatisfecha para este período, ya que en Europa el pico de producción tiene lugar de Marzo a Junio.

Los aspectos de manejo de la fresa, en el Perú se encuentran atrasados en cuanto al empleo de tecnología de avanzada, una situación que repercute negativamente en los rendimientos, que resultan bajos. Entre 1994 y 1999 la producción nacional de fresa se incrementó en 59%, sin embargo, el promedio de rendimiento nacional disminuyó de 7,767 Kg/ha a 5,864 Kg/ha. Una de las razones de esta baja producción es el manejo poco tecnificado de la fertilización.

La aplicación de fertilizantes adquiere enorme importancia, dado que la producción, productividad y la calidad de la fruta son el resultado de un adecuado aprovisionamiento de nutrientes a la planta, considerados a ser esenciales en su normal crecimiento y desarrollo. Sin embargo, los nutrientes como el calcio y el boro son elementos inmóviles dentro de las plantas. Una vez que han llegado a las hojas por el xilema (corriente ascendente), quedan en ellas y no se translocan a las nuevas, por lo que es necesario su abastecimiento constante para obtener buenas cosechas. Asimismo trabajan y se movilizan juntos para hacer más fuertes las paredes celulares que constituyen la barrera principal contra el ingreso de patógenos. Además, permiten a las plantas adecuarse a diferentes condiciones de estrés.

Como estos nutrientes no bajan por el floema (corriente descendente), las aplicaciones foliares se hacen necesarias para ayudar a corregir las deficiencias de la parte aérea de las plantas, el cual es útil en el caso de las plantas en las que se cosecha frutos como la fresa en los que la consistencia de los tejidos de la pulpa está íntimamente asociada a la presencia de estos dos elementos, dando frutos de calidad, (Robles, 1999).

Este cultivo se adapta fácilmente a diferentes condiciones de clima debido a que existe una amplia variedad de cultivares pero existe una escasa cantidad de suelos peruanos que reúne las condiciones necesarias para llevar a cabo este cultivo. Además, se sabe que el suelo presenta condiciones limitantes entre ellas salinidad, textura, fitopatógenos, etc. Que en diferentes grados impiden buenos resultados agronómicos.

Por tal motivo la búsqueda de métodos alternativos de producción se hacen necesarios como el empleo de la tecnología hidropónica que ha llevado a la obtención de mejores rendimientos que los obtenidos en cultivos clásicos. Además, permite superar las condiciones limitantes de producción en diversas zonas del país y optimizar el crecimiento de las plantas mediante una adecuada nutrición hídrica y mineral, como los alcanzados en el sistema hidropónico NFT.

El presente trabajo, tuvo como *objetivos* principales:

1. Evaluar los efectos de las aplicaciones foliares de calcio y boro de manera individual o en combinación sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de fresa cultivar Chandler.
2. Determinar la fertilización foliar mas adecuada para obtener un cultivo de fresa de buen rendimiento.
3. Establecer el efecto de la aplicación foliar de calcio y boro sobre la asimilación de nutrientes en hojas de fresa.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descripción botánica

La fresa se encuentra clasificada taxonómicamente de la siguiente manera:

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Sub-clase : Rosidae

Orden : Rosales

Familia : Rosaceae

Sub-familia : Rosoideae

Género : *Fragaria*

Especie :

- Oriundas de Europa : *F. vesca* L;
F. moschata Duchesne,
F. viridis D.
- Oriundas de América : *F. chiloensis* D.
F. virginiana D.
- Oriundas de Asia : *F. indica* A.

Fuente : Takhjtajan (1980)

Las variedades actuales provienen de los cruzamientos de *F. chiloensis* y *F. virginiana* y son conocidas como *Fragaria x ananassa* D. (Maroto, 1983 citado por Calmet, 1999).

2.2 Cultivar Chandler (U. S. Plant Patente S. N. 452 – 699)

Sunny Rows Plant citado por Peralta 1994, indica que Chandler es una variedad patentada, un cruce de Douglas y C55 (US. Pat. N° 4481) y seleccionada en 1979. Es un cultivar de día corto originado en la Universidad de California que ha reemplazado al cv. “Douglas” por sus mejores características, (Olivera, 2003).

Chandler es de fructificación temprana, sólo un poco más que Douglas, pero de frutos uniformes, firmes y grandes, mejor coloreados y más dulces, (Peralta, 1994).

Los aquenios, son amarillentos y hundidos en la superficie del fruto. El corazón del fruto es parcialmente hueco, (Verdier, 1987 citado por Calmet, 1999). Su hábito de crecimiento es semirecta, y su producción de estolones es excelente, (Verdier, 1987; Sobrino y Sobrino, 1989 citado por Calmet, 1999).

Es una variedad tolerante al ataque de araña roja (*Tetranychus urticae*) pero susceptible a algunas enfermedades como pudrición de corona (*Phytophthora* sp.) y a *Botrytis cinerea*, (Olivera, 2003). Flint (1994) citado por Calmet, (1999) indica que este cultivar necesita de una semana de almacenaje en frío (1°C aproximadamente) para lograr un vigor apropiado para floración y sus frutos tienden a tener una epidermis delicada.

Es un cultivar no reflorecente y de una cosecha al año (Maroto y López, 1988). La floración se induce cuando el fotoperíodo es corto (12 horas de luz) y la temperatura fluctúa entre 14 y 18 °C para ello se transplanta generalmente en los meses de Abril y Mayo. Es un cultivar muy vigoroso y de elevado rendimiento que puede tener una producción continúa desde Agosto hasta fines de Enero en condiciones de costa y tiene tolerancia al transporte, (Olivera, 2003).

2.3 La técnica de la solución nutritiva recirculante

El sistema se basa en que una película muy fina de solución nutritiva circula permanentemente por el fondo de canales, normalmente de plástico, en ellas se colocan las raíces de las plantas, sin que llegue a agotarse el oxígeno disuelto que se repone al bombear la solución de nuevo a la cabecera de los canales, (Guardiola y García, 1990).

La solución nutritiva es reciclada, mediante una bomba y periódicamente se ajusta. Es muy importante que la lámina de la solución de nutrientes no sobrepase la masa radicular para permitir el contacto con el aire, (Resh, 1982 en Maroto y López, 1988).

Según Carrasco (1996), la ventaja del sistema NFT que destaca en relación a otros sistemas hidropónicos, es: la alta calidad obtenida de diferentes productos hortícola en

corto período de cultivo como también en rendimiento. La constante oferta de agua y elementos minerales permite a las plantas crecer sin estrés y obtener el potencial productivo del cultivo. Es posible obtener precocidad, lo que para algunos mercados locales conlleva un mejor precio. También este sistema presenta las ventajas de bajo costo de implantación, ahorro de los gastos de desinfección, control preciso de la nutrición, mantenimiento de la temperatura óptima de las raíces, (Resh, 1982 citado por Maroto y López, 1988). Entre las desventajas, es su mayor inversión inicial, sin embargo, es posible lograr implementar esta técnica de cultivo con insumos de menor precio, a través de la utilización de la madera, diferentes tipos de plásticos (PVC, poliestireno, poliuretano), y bombas de agua de costo reducido. Además, actualmente las sales fertilizantes de alta solubilidad requeridas para la preparación de la solución nutritiva se encuentra en el mercado local, (Carrasco, 1996).

2.3.1 Requerimientos (Carrasco, 1996)

Altura de lámina de la solución nutritiva Esta lámina, idealmente, no debería alcanzar una altura superior a los 4 ó 5 mm para favorecer así la aireación de la solución y de las raíces.

Flujo de la solución nutritiva El flujo recomendado para esta técnica hidropónica de cultivo es de aproximadamente 2 litros por minuto. Este caudal permite que las raíces de las plantas posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. Si las plantas se encuentran en un canal de cultivo de sección cóncava, se recomienda disminuir este flujo, el cual permite cumplir el principio del NFT, es decir, que las raíces no se encuentren sumergidas, y sólo una lámina delgada de solución circule a través de ellas.

Oxigenación de la solución nutritiva La solución nutritiva principalmente se oxigena al caer abruptamente sobre el remanente de solución en el estanque colector, donde se produce la turbulencia. Así, se recomienda permitir la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de solución en el estanque.

Pendiente La pendiente longitudinal de los canales de cultivo permite el retorno de la solución nutritiva al estanque colector. Generalmente ésta oscila aproximadamente en

un 2%. Pendientes superiores a un 4% dificultan la absorción de agua y nutrientes por las raíces del cultivo.

Longitud de los canales de cultivo Para favorecer la oxigenación de las raíces es aconsejable extender la longitud de los canales de cultivo hasta 15m, ya que en canales de mayor tamaño se ha encontrado una disminución del oxígeno disuelto en la solución, lo que afectaría el crecimiento y desarrollo de las plantas ubicadas en el extremo terminal del canal.

2.3.2 Componentes de la Técnica NFT (Carrasco, 1996)

El sistema NFT se conforma de cinco elementos:

El estanque colector. Tiene por función almacenar la solución nutritiva a través del período de cultivo. Existe una gran gama de tipos de contenedores que pueden utilizarse como estanques colectores, sin embargo, su elección debiera estar basada en el tipo de material, tamaño y aislamiento. El volumen del estanque está en relación directa al número de plantas, las especies a cultivar y modalidad de corrección química de la solución nutritiva.

Los canales de cultivo. Otorgan el sostén a las plantas de cultivo en este sistema. Además, permiten que la solución nutritiva pase en forma expedita a través de ellos y tomen contacto con la solución nutritiva. Generalmente se recomienda el montaje de estos canales con mangas abiertas de polietileno coextrusado que forman un canal sostenido. Este tipo de material permite su reutilización, limpiándolos antes de establecer el siguiente cultivo.

La bomba Es otro elemento básico de este sistema, ya que permite impulsar la solución nutritiva en forma permanente desde el estanque colector hacia la parte más alta de los canales de cultivo. Existe una gran variedad de tipos de bombas y características de funcionamiento, destacándose las de accionamiento eléctrico de operación sumergida o no sumergida.

La red de distribución Permite que la solución nutritiva llegue desde la bomba hacia los canales de cultivo. Actualmente está constituida por tuberías y mangueras de PVC o goma, materiales que desplazaron los de aleación metálica. Su dimensión está determinada por el volumen a transportar a través del sistema, pero dado que el flujo no sobrepasa los 3 litros por minuto, el diámetro generalmente utilizado es de 1 pulgada.

La tubería colectora Recibe la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el estanque colector. Ésta se ubica frente y en un nivel más bajo que la altura inferior de los canales, de esta forma la solución nutritiva se oxigena al caer por gravedad. Los materiales preferentemente utilizados son PVC o alguna canaleta de madera cubierta con polietileno para su aislamiento.

2.3.3 Solución nutritiva

La solución nutritiva se formula de tal forma que permita suministrar todos los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas con la utilización de sales fertilizantes de alta solubilidad.

2.4 Fertilización foliar

Romheld y El-fouly (2002) mencionan que la absorción de nutrientes por las raíces puede ser un factor limitante para lograr adecuado desarrollo y rendimientos rentables. Esto puede suceder durante períodos críticos del desarrollo de la planta (ontogénesis) o durante ciertas condiciones ambientales como sequía o temperaturas extremas del suelo. Romheld, (2002) y Ashmead *et. al.*, (1986) citados por Velarde, (2000) mencionan que bajo estas condiciones, la fertilización foliar es ventajosa por lo siguiente:

- La fertilización foliar es mejor que la fertilización al suelo cuando se presentan condiciones de severas deficiencia nutricionales con la presencia de agudos síntomas de deficiencia en los tejidos. Esto se debe a que se suplementa el nutriente requerido directamente a la zona de demanda en las hojas y a que la absorción es relativamente rápida.
- Durante etapas específicas del crecimiento de la planta existen requerimientos más altos de nutrientes o de nutrientes específicos. La aplicación a las hojas es

una mejor técnica para entregar estos nutrientes en la etapa requerida. En las condiciones mencionadas, la fertilización foliar como suplemento de aplicación de fertilizantes tiene efectos muy positivos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, sin embargo, no se debe descuidar el adecuado suplemento a las raíces.

- Ashmead *et al.*, (1986) citado por Velarde, (2000) menciona que superan la incapacidad de las raíces de proveer suficientes nutrientes al rápido crecimiento de la planta. Las plantas con un crecimiento vigoroso, usualmente requieren de más nutrientes que los que la raíz puede proveer para apoyar un crecimiento óptimo. Una aplicación foliar de estos nutrientes hará más estrecha la banda entre el requerimiento de nutrientes y la habilidad de las raíces de proveer esta necesidad. Esto es beneficioso para las plantas a pesar de no haber una obvia deficiencia de nutrientes.
- Romheld y El-fouly (2002) señalan que en muchos casos la calidad de los productos cosechados está determinada por el contenido de nutrientes. Además, la estabilidad de poscosecha depende del contenido de ciertos nutrientes en particular el Ca. Por esta razón se requiere de alta disponibilidad de nutrientes durante la formación del fruto. La fertilización foliar es particularmente eficiente para lograr este propósito. Un buen ejemplo es la aplicación de Ca durante el crecimiento del fruto de manzano y tomate para evitar los problemas de calidad de frutos comunes en estos cultivos. Varios reportes demuestran que la aplicación de nutrientes a las hojas mejora la calidad del fruto. Si se piensa en la presión para reducir el uso de pesticidas, es necesario considerar todas las medidas que incrementan la resistencia de la planta a las plagas y enfermedades.
- Casi todos los suelos contienen suficientes nutrientes para soportar alguna clase de crecimiento vegetal, pero hoy en día niveles mayores son necesarios para lograr una producción que permita rendimientos lucrativos. Cuando hay deficiencia de micronutrientes, las plantas parecen enfermas y el rendimiento se reduce, esta condición puede indicar que los micronutrientes en el suelo están atados de tal forma que son inaccesibles a las plantas, (Otsuka Chemical Co, 1990 citado por Becerra, 2001). En el caso de suelos con extrema capacidad de fijar o precipitar nutrientes, la aplicación foliar puede ser una buena alternativa, (Romheld y El-fouly, 2002).

- La aplicación foliar es mejor para corregir las deficiencias de micronutrientes o para incrementar la concentración de elementos inmóviles a tejidos específicos, tal como calcio y boro para frutos y yemas florales respectivamente, (Roper y Combs,1995).
- Romheld y El-fouly (2002) ha afirmado que la aplicación foliar de fertilizantes promueve la absorción de nutrientes por las raíces. Pero esto depende de la movilidad de los nutrientes aplicados dentro de la planta y el sitio de la aplicación de los nutrientes (hojas viejas u hojas jóvenes). En el caso de los nutrientes móviles como el N, P o K y con una aplicación dirigida a las hojas viejas, la retranslocación del nutriente aplicado en las hojas hacia las raíces puede inhibir la absorción radicular inducida por la deficiencia del nutriente. Por otro lado, si es aplicado a las hojas jóvenes que todavía no se han expandido totalmente, la mayoría del nutriente se incorpora en los tejidos de las hojas todavía en crecimiento, sin una marcada translocación y con un incremento de absorción del nutriente del suelo por las raíces. La aplicación de nutrientes inmóviles (Ca, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn) en hoja vieja y hoja joven no produce ninguna translocación a las raíces, pero no inhibe y aun puede incrementar la absorción del nutriente por las raíces.

2.5 Calcio

2.5.1 Absorción y movimiento de calcio en la planta

El calcio es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales oscila entre el 0.1 y el 7% de la materia seca. Sin embargo, la concentración de Ca^{+2} libre en el citoplasma y los cloroplastos es muy baja, del orden de 1 μM . La mayor parte del calcio celular se acumula en mitocondrias y vacuolas; en éstas puede estar en forma soluble o precipitado en forma de oxalato o fosfato, (Guardiola y García, 1990).

En las plantas jóvenes se encuentra preferentemente en el protoplasma y en las membranas celulares. En los granos, tubérculos y rizomas se encuentra como constituyente de la fitina, sal cálcico-magnésica del ester exafosfórico del inositol, (Navarro y Navarro, 2000).

Se ha comprobado que el calcio puede ser adsorbido sólo por las partes más jóvenes de la raíz, en las que las células de la endodermis no se han suberizado, (Clarkson y Sanderson, 1978 citado por Domínguez, 1997). Estos investigadores sostienen que la vía de entrada de calcio es a través del espacio libre intercelular, siendo transportado hacia el xilema sólo en las raíces, en las que la endodermis suberizada no impide su paso. Según esta teoría, la absorción y transporte del calcio en la planta serían procesos pasivos en contraste con los otros elementos. El calcio es un elemento muy poco móvil en la planta, siendo muy escaso el movimiento de arriba abajo, (Domínguez, 1997).

El calcio es el elemento que con mayor frecuencia aparece en los desórdenes nutricionales de las plantas. Su dificultad de adsorción (pasiva) y transporte (por el xilema) sin prácticamente translocación, le hacen muy susceptible a carencias locales y estacionales, en gran medida independientes de su presencia y concentración en la solución nutritiva. En efecto, su toma por la raíz se ve afectada por causas tan diversas como: intensidad de la transpiración, concentración salina de la solución (natural o por deficiencias de riego), concentración de cationes antagónicos (magnesio, potasio, sodio, amonio), temperatura del sustrato, etc. Una vez incorporado a la savia bruta, su transporte tiene como destino preferencial las partes de la planta de mayor transpiración y los de menor quedan postergadas, de tal forma que, cuando la transpiración es muy intensa y la entrada de calcio es deficiente, estas últimas quedan prácticamente desabastecidas y se produce una carencia localizada y puntual de este elemento (hay que recordar que el calcio no se transporta prácticamente por el floema). Las carencias de calcio se producen usualmente en las partes de la planta en rápido crecimiento (hojas o frutos jóvenes). En este momento el desarrollo celular es muy rápido y la necesidad de Ca para la incorporación a las paredes celulares elevada, (Martínez, 1993).

2.5.2 Funciones del calcio en la planta

La función del Ca^{+2} como mensajero secundario se basa en la muy baja concentración citosólica de calcio libre, en un rango de 0.1 – 0.2 μM y en la alta concentración en varios compartimientos adyacentes. Las señales ambientales pueden activar los canales de calcio en la membrana y por ello incrementan el influjo de calcio y la concentración de Ca^{+2} citosólico libre. Éste incremento en el Ca^{+2} citosólico libre es inducido por el ABA, AIA, luz, temperatura, infecciones patogénicas, estrés o daño mecánico,

(Marschner, 1995 en Alberto, 2000). Al respecto Davies (1995) citado por Alberto (2000) indica que el calcio está perfectamente encajado a su rol como un mensajero secundario y actúa vía las proteínas regulatorias que se unen al Ca^{+2} , tales como la calmodulina (CaM). Estas proteínas unidas al Ca^{+2} responden a cambios en el calcio libre en el citosol por sus actividades modulantes. El complejo calcio-calmodulina regula muchos procesos metabólicos, (Taiz, 1998). Así, debido a que la síntesis de energía metabólica en la forma de ATP depende sobre un gran pool de iones fosfato libre, el calcio libre en el citosol de células vivas, debe mantenerse bajo para evitar la formación de sales de fosfato de calcio insolubles, (Davies, 1995 en Alberto, 2000).

El calcio es importante también en la formación y mantenimiento de las membranas celulares y de las estructuras lipídicas por su facilidad en establecer enlaces reversibles. Así, las sales cálcicas de lecitinas están involucradas en la formación de estructuras membranosas; las sales cálcicas de los ácidos fosfatídicos son esenciales para mantener la estructura y las propiedades de las membranas, (Gil, 1995). Además se ha establecido que la salud de la membrana celular no puede mantenerse sin la presencia de un nivel crítico de Ca alrededor de las membranas. Si el nivel del calcio asociado con las membranas es reducido, las membranas empiezan a tener fugas, resultando en pérdidas de las sales celulares y compuestos orgánicos. Tal pérdida, si no es revertida resulta en una eventual muerte de la célula, (Palta, 1996 citado por Alberto, 2000).

Los iones de calcio (Ca^{2+}) son usados en la síntesis de paredes celulares nuevas, particularmente de la lamela media que separan las células divididas recientemente, (Taiz, 1998). El pectato calcico es un componente de la pared celular, a la que estabiliza y hace resistente a la degradación por poligalacturonasas, (Guardiola y García, 1990).

Este elemento es muy importante para el desarrollo de las raíces, en la cuales ejerce una triple función: multiplicación celular, crecimiento celular y neutralización de hidrogeniones, (Navarro y Navarro, 2000). El Ca promueve la toma de iones y la formación de mitocondrias de la raíz, (Bennett, 1993). Asimismo, fortalece las raíces y evita la exudación de sus tejidos y la liberación de etileno, que provocan la descomposición de los carbohidratos, cosa que, a su vez, atrae a hongos y bacterias. Les confiere así resistencia a hongos como *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, etc. y a

bacterias que tienen que ver con pudriciones como *Erwinia*. Por otro lado, el fortalecimiento de sus membranas las hace también más resistentes a los ataques de nematodos, situación que se repite en el follaje al que le confiere cierta resistencia contra pequeños parásitos chupadores o raspadores, tales como pulgones, trips, etc. (Robles, 1997a).

Este nutriente cumple un papel antitóxico o amortiguador contra los aniones ácidos (sulfatos, fosfatos, carbonatos, etc.) o minerales que estuvieran en exceso en el suelo o en las aguas de regadío neutralizando su acción negativa. Tal es el caso del boro, que en algunas zonas de nuestra costa está en niveles de franca toxicidad y que de no ser por el calcio resultaría dañino a los cultivos, (Robles, 1997a).

El calcio está implicado en casi todas las respuestas de las células vegetales a las hormonas, con la importante excepción del etileno. Así observaciones realizadas con las células guardianas de los estomas y tejido de aleurona de trigo donde altas concentraciones de Ca^{+2} externo han demostrado ser requeridos para las repuestas de las células vegetales al ácido abscisico (ABA), auxinas, citoquininas y giberelinas, (Davies, 1995 citado por Alberto, 2000). Actualmente, resulta obvio que el calcio reduce el estrés producido por la actividad del etileno, (Stoller, 1997). Es el elemento mineral que más influencia tiene sobre el retraso de la senescencia, control de desordenes fisiológicos y sobre diferentes tipos de patógenos, en frutos y vegetales, (Ferguson y Drobak, 1988 citado por Saborío *et al.* 2000).

También exhibe funciones como activador enzimático en algunas actividades como en las amilasas, fosfolipasas, argininaquinasa, adenosintrifosfatasa, adenilatoquinasa, etc.; pudiendo asimismo activar otras enzimas que requieren magnesio, como algunas ATPasas, (Gil, 1995). Crivelli *et al.* (1973) citado por Makus y Morris (1998) indica que la actividad de enzimas como las proteino-Kinasas, β 1,4 - glucano sintasa, entre otras pueden ser incrementadas hasta 30 veces al aumentar el Ca en el tejido de 0 a 10^{-6}M y están implicadas con la resistencia a enfermedades de la planta. También menciona que los iones de Ca pueden inhibir la acción de poligalacturonasa intra y extra celular, retardando el ablandamiento y deterioro de la fruta. Aunque se ha probado que el Ca preserva la integridad estructural de la pared celular, aumentando la resistencia física contra los hongos o inhibiendo algún desarrollo de su ciclo, este efecto se logra

solamente hasta cierta concentración de Ca ya que por encima de ésta se pueden presentar resultados no deseables, (Saborío *et al.* 2000).

Otro mecanismo de resistencia a infecciones que se puede favorecer por acción de los suministros de Ca aplicados, es el explicado por Arauz (1998) citado por Saborío *et al.* (2000) el cual explica, que los tejidos de la cutícula de los frutos para la protección contra patógenos sintetizan sustancias llamadas fitoalexinas (que pueden ser fenoles, aceites esenciales, taninos, etc.) con efecto fungitoxico, que inhiben la germinación de algunas esporas de hongos.

Posiblemente interviene en la organización del huso acromático del aparato mitótico siendo necesario para que se realice una mitosis normal. También afecta la estructura de los cromosomas, (Vejarano, 1978). Interviene en la organización del núcleo, (Cerdá, 1993).

Se ha encontrado que el calcio cataliza algunas reacciones implicadas en la hidrólisis del adenosín trifosfato (ATP) y de los fosfolípidos y que sustituye al Mg en algunas reacciones. Asimismo, participa en la unión del ácido ribonucleico (RNA) a la proteína en los cromosomas, y se ha encontrado que atenúa la toxicidad por metales pesados (Wallace, 1963 citado por Clark, 1991).

La presencia de Ca^{+2} extracelular, afecta fundamentalmente al alargamiento celular. Este efecto se encuentra en el desarrollo del tubo polínico, que no sólo depende de la presencia de calcio en el medio sino que además es orientado quimiotrópicamente por el calcio extracelular, (Guardiola y García, 1990).

Otras funciones atribuidas al calcio son: regular la absorción de nitrógeno; actuar sobre la translocación de los hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta; neutralizar los ácidos orgánicos que se pueden originar en el metabolismo vegetal, tal cual ocurre con el ácido oxálico, (Navarro y Navarro, 2000). Así, la presencia de grandes cantidades de sales cálcicas insolubles de ácidos orgánicos, como el oxálico, en las vacuolas de muchas plantas, sobre todo en condiciones supraóptimas, en detrimento de los pectatos, sugiere que tiene también una función en la regulación del pH celular y en la osmoregulación, (Gil, 1995).

Naphun *et al.* (2000) citado por Nestby (2002) encontró que pulverizaciones de calcio usando CALHARDR (200 ppm de quelato de Ca^{2+} con ácido carboxílico) una vez por semana con 200 l/100 m² incrementó la firmeza de la fruta. La fuerza de penetración en la piel de frutas tratadas fueron más altas que en las frutas control y también fueron altos el contenido de Ca y ácido ascórbico.

Lieten *et al.* (1993) realizó un estudio acerca de la absorción de nutrientes por las fresas en la que se determinó que el Ca es principalmente distribuido a las hojas (40%), raíces (25%), y pecíolos (16%) y solo un pequeño porcentaje (7%) se acumuló en la fruta. Finalmente, el Ca sólo representó el 2% de todos los macroelementos en las frutas y más que 28% en los órganos de la planta.

Makus y Morris (1987, 1989) reportaron que la aplicación foliar y al suelo de Ca en pre-cosecha no tuvo efecto en los sólidos solubles de la fruta, pH, acidez titulable, medida de la diferenciación de color (CDM), pero consistentemente redujo el deterioro de la fruta sobre múltiples cosechas, localidades y años. En la hoja pero no en la fruta completa, la concentración de Ca fue significativamente más alta en plantas en las que se dieron suplementación de fertilizantes de Ca. Ellos también observaron una modesta reducción en el tamaño de la fruta y marginal mejora en el rendimiento de plantas a las que dieron suplementación de Ca. El calcio aplicado a las plantas de fresa en toda la estación de crecimiento como CaNO_3 o glutarato-Ca o incorporado al suelo como gypsum (SO_4Ca) o por último combinación de los tres, tuvo poco efecto en la concentración de Ca en la fruta completa de fresa, además redujo el deterioro de ésta pero no la firmeza de la fruta de “Cardinal” y “Fern”.

Cheour *et al.* (1991) menciona que las aplicaciones foliares de CaCl_2 en plantas de fresa, en el cual el Ca se aplicó repetidamente, 3 días, 3 y 6 días, ó 3, 6, y 9 días antes de la cosecha en 0, 10, ó 20 Kg/ha, prolongó la vida de almacenaje de fresas. Medido por el retraso en la acumulación de azúcar, la disminución en ácidos orgánicos, aumento en el índice de saturación de color y disminución en el desarrollo de moho. La respuesta al tratamiento de Ca fue más grande para el cultivar “Glooscap”, el cual contiene menos Ca que el cultivar “Kent”. El efecto de Ca es menos pronunciado en tejidos que contienen una adecuada cantidad de Ca para el mantenimiento de la integridad celular, (Conway y Sans, 1987 citados por Cheour *et al.* 1991).

El abastecimiento de Ca fue realizado en plantas de fresa cultivar “Cardinal” y “Fern” creciendo en el suelo como una pulverización foliar de glutarato-Ca, al suelo se incorporó Gypsum (SO_4Ca), fertirrigación con CaNO_3 o como una combinación de los tres. El control no recibió Ca. La suplementación de tratamientos con fertilizantes de Ca incrementó el contenido de Ca en la hoja pero no parece afectar esto en la fruta completa. El cultivar “Cardinal” acumuló más Ca en la hoja que “Fern”. En este estudio, ellos observaron la disminución y aumento de gradiente que existente a lo largo del eje de la fruta de fresa para muchos nutrientes minerales, con la excepción de Mn y Ca. La suplementación de fertilizantes de Ca no afecta el contenido o distribución de estos nutrientes en la fruta. Propone también que el contenido de los nutrientes Ca y B en la fruta fueron 18% y 15% más altos en “Fern” que en “Cardinal” respectivamente. Otras concentraciones de nutrientes de la fruta fueron no significativamente afectados por el cultivar, (Makus y Morris, 1998).

2.5.3 Deficiencias del calcio

Síntomas visibles:

La deficiencias de calcio afectan a las regiones meristemáticas del tallo, las hojas y la raíz que, con facilidad, mueren tempranamente; se detienen las mitosis, con lo que las hojas jóvenes presentan malformaciones, quedando con los extremos curvados hacia atrás, las raíces son cortas y pardas, etc. Más tarde, las hojas muestran clorosis marginal y estas áreas laterales inician un fenómeno de necrosis. Al final, las hojas caen y se detiene el crecimiento del ápice. Se produce entonces la brotación de yemas laterales a las que les ocurre lo mismo. El síntoma más característico de la deficiencia de calcio consiste en la morfología de gancho que adquieren los limbos foliares.

Una vez depositado en las hojas por la corriente de transpiración, el calcio queda inmovilizado, por lo que toda esta sintomatología afecta antes a las hojas jóvenes, tan pronto decrece su aporte. También puede afectar a otros órganos jóvenes en formación como a los frutos, que suelen presentar degeneración del ápice y una menor resistencia a la infección por hongos, (Gil, 1995).

Malavolta (1989) indica que se da la deformación de los tubérculos acompañada de desintegración interna. Pequeña fructificación o producción de frutos anormales

(pudrición estilar del tomate). Producción pequeña o nula de semillas, lo mismo con las flores normales (en cereales). Menor nodulación de las leguminosas.

Stoller (1994) citado por Velarde (2000) manifiesta que su deficiencia impide el crecimiento de los pelos radiculares, escasa síntesis de hormonas radiculares como la citoquininas, deformación y necrosis de los tejidos y zonas meristemáticas, hojas nuevas con clorosis en las puntas, abortos de flores y frutos en forma excesiva, mayor susceptibilidad a enfermedades, etc. Siendo los períodos críticos los estados iniciales de crecimiento, brotamiento, la floración y fructificación, y en el llenado de frutos.

Alteraciones anatómicas:

Marschner (1997) citado por Velarde (2000) afirma que la poligalacturonasa degrada a los pectatos, y además es inhibida drásticamente por altas concentraciones de calcio, por tanto en tejidos deficientes de calcio la actividad de la poligalacturonasas se incrementa y un síntoma típico de esto es la desintegración de las paredes celulares y el colapso del tejido afectado, como en los pecíolos y las partes superiores de los tallos. Además, se señala que las regiones meristemáticas son las primeras afectadas por la deficiencia de Ca, ya que una reducción del elemento impide la formación de nuevas paredes celulares con lo que se imposibilita la división celular, (Bidwell, 1983 citado por Velarde, 2000).

Por otra parte, la deficiencia de Ca^{2+} incrementa la permeabilidad de las membranas celulares, lo que puede producir una inundación crónica de las vacuolas y permite el escape de iones. Igualmente se destruyen las estructuras dentro de los núcleos celulares y por consiguiente la estabilidad de los cromosomas, perturbando así la división nuclear y se destruyen mitocondrias, por lo que el metabolismo respiratorio es dañado, (Urrestarazu, 2000). Las células sin Ca tienden a perder su semipermeabilidad y se colapsan, (Clark, 1991).

Florell (1957) citado por Gil (1995) encontró que el número de mitocondrias en las raíces se reduce por la deficiencia de calcio, con un aumento de la concentración de glúcidos en las hojas y descenso en el aparato radical, lo que se interpreta como un efecto de decremento de la translocación de azúcares en el sentido brote-raíz, efecto similar al provocado por la deficiencia de boro. Además, las células de la raíz son no

diferenciadas y se da bajo peso y contenido de proteínas de las mitocondrias, (Cerdá, 1993).

En hojas de tomate y lechuga, las células del mesófilo forman una masa protoplasmática, no existiendo diferenciación entre el parénquima en empalizada y el lagunoso. A veces los cloroplastos se aglutinan formando masas irregulares. En tallos se produce una reducción en los tejidos primarios y un incremento en tejidos secundarios, (Vejarano, 1978).

Se determinó que la ausencia de calcio inhibe el transporte de auxinas, (Davies, 1995 citado por Alberto, 2000).

2.5.4 Deficiencia del calcio en fresa

El primer síntoma es un ligero bronceado que aparece en los extremos de las hojas plegadas. Desde entonces aparecen extremos necróticos en todas las nuevas hojas que se desarrollan. Esto causa que el limbo sea pequeño y deformado pero no tiene aparente efecto en el desarrollo del pecíolo. Posteriormente se observa una banda púrpura a través de la parte media del limbo, la cual se vuelve marrón y luego necrótica. También pueden aparecer síntomas en limbos de hojas más viejas, como áreas verde claro o amarillas que coalescen en el tiempo y más tarde se secan, (Ulrich *et. al.* 1980 citado por Castillo, 1993).

Por otro lado, se pueden observar gotas de savia sobre el tejido del limbo de las hojas verde oscuro. Es también común observar lesiones marrones longitudinales en los pecíolos de hojas viejas. En el caso de las raíces, éstas se presentan cortas y tiesas, (Ulrich *et. al.* 1980 citado por Calmet, 1999). Los sistemas de raíces de plantas deficientes de Ca son reducidas (50%), con tejidos necróticos. El tamaño de la corona y el número y extensión de las hijas son también reducidas (50%). Las plantas hijas son próximas al normal de su tamaño, pero el peso de las plantas hijas es reducido (80%). Las flores son mucho más pequeñas que lo normal, con la reducción de la producción del polen, (Maas, 1992).

Maas (1984) citado por Calmet (1999), menciona que, si las plantas de fresa presentan deficiencia de Ca, los frutos son pequeños, duros, ácidos y con muchas semillas. Olivera (2003) indica que los síntomas de la carencia de calcio son también deformaciones del fruto debido al ablandamiento de la pared celular y el encrespamiento de la punta de la hoja que también puede ser causado por la carencia de boro.

En verano, las plantas de fresón muestran grupos de hojas nuevas, con deformaciones en los limbos, que a su vez presentan desecaciones y necrosis marginales, (Maroto y Lopez, 1988). Esta anomalía (tipburn) usualmente aparece bajo condiciones ambientales con incremento de la temperatura del aire, incremento de la intensidad de la luz y fotoperíodo (durante el verano y en ambientes controlados bajo luz artificial), alta humedad relativa e incremento de los niveles de CO₂. Lo que ocasiona una carencia de absorción de Ca y transporte a tejidos en crecimiento de hojas y flores, (Lieten, 2002b).

2.5.5 Toxicidad de calcio

Las hojas de plantas que recibieron un exceso de Ca (CaCl₂) se tornaron de un color pardo negrusco y tenían rayas de un color rojo claro a lo largo de las venas. También exhibieron manchas de un color rojo más oscuro. Las hojas se marchitaron o mostraron efecto de “marchites por hongos”. Las raíces se tornaron más oscuras y pegajosas, (Clark, 1991).

Liao *et al.* (1993) en Saborio (2000) determinó que el aumento de la severidad de antracnosis en papaya se debió a un aumento de la reacción de inducción y producción de la enzima “Pectato Liasa” por efectos de incrementos en las concentraciones de Ca en las paredes celulares, debido a las dosis altas de Ca aplicado (4% de CaCl₂). Esta enzima degrada los componentes de la pared celular y susceptibiliza los tejidos, lo que favorece las pudriciones postcosecha en frutas y vegetales.

2.5.6 Toxicidad de calcio en fresa

De los datos existentes de las extracciones del elemento calcio, se comprueba que cuando las dosis son poco elevadas, se producen efectos negativos sobre la producción y se puede tener un producto de peor calidad por su capacidad de conservación y escaso

contenido en azúcares y acidez. Un exceso del mismo reduce o impide la absorción del hierro y favorece la clorosis, (Branzanti, 1985).

La alta fertilización de Ca reduce la acidez de la fresa, sin considerar el cultivar, y alto Ca y la sobre fertilización obra en parte en la pérdida de la calidad visual de la fruta después de la cosecha, (Raynal y Carmentran, 2001 citado por Nestby *et al* 2002).

2.5.7 Interacción con otros nutrientes

La estimulación de la absorción de un ión por la absorción de otro (sinergismo iónico) se da normalmente entre iones de carga opuesta, y está relacionado con el mantenimiento del equilibrio eléctrico en el interior de la célula. El efecto estimulador de bajas concentraciones de Ca^{+2} en la absorción iónica es debido a su efecto en la estabilidad de las membranas, permitiendo el mantenimiento de los gradientes eléctricos y evitando la difusión generalizada de los iones en toda la superficie de la misma. Este efecto precisa concentraciones relativamente bajas de Ca^{+2} y a concentraciones más elevadas antagoniza la absorción de otros cationes, (Guardiola y García, 1990). Así tenemos que a altas concentraciones de Ca^{+2} puede disminuir la absorción de cationes como Mn y Zn y aumentar la de aniones como SO_4^{2-} y H_2PO_4^- , (Martínez, 1993).

Las inter-relaciones críticas que afecta el Ca incluyen magnesio, potasio, fósforo, sodio, nitrógeno, así:

Magnesio: Muchos de los elementos en las plantas pueden causar efectos tóxicos muy rápidamente si no es balanceado o amortiguado. El calcio juega un rol importante aquí. Éste neutraliza el potencial efecto tóxico de magnesio, pero sólo en la tasa crítica de Ca/Mg el cual varía de planta a planta. La tasa tiende a variar de un bajo de 3:1 a un alto de 9:1. Evidencias muestran que el balance de Mg y Ca es crítica en la solución nutritiva. Si la tasa de Ca a Mg es más grande que 10:1, este puede ser una supresión de la toma de Mg. Si la tasa es menos que 1:1, la toma de Ca puede ser suprimida. El exceso de Ca puede interferir con la habilidad de Mg para activar enzimas, (Muckle, 1993). Ohen (1942) citado por Gil (1995) encontró, un efecto antagónico del Ca^{2+} en la absorción de Mg^{2+} .

Nitrógeno: La aplicación del fertilizante nitrógeno puede ser antagónico a la toma de calcio, pero la fuente de nitrógeno debe ser considerado. En suelo con bajo contenido de calcio, el nitrógeno de amonio puede reducir la absorción de Ca y puede aumentar la deficiencia de Ca. La suplementación de calcio soluble y nitrato puede tener un efecto aditivo en combatir este desorden por la pronta suplementación de Ca y el efecto positivo de nitrógeno, sin antagonismo relacionado a la fuente, (Muckle, 1993).

Potasio: Para cultivos frutales tales como tomate y pimiento está siendo claramente mostrado que es importante mantener los niveles de K^+ por lo menos igual a los niveles de Ca^{2+} en la solución. Si los niveles K son más bajos que Ca, entonces la toma de K es severamente inhibida, (Muckle, 1993). A bajas concentraciones de Ca^{2+} se produce una acción sinérgica con el K^+ , (Malavolta, 1989). Según Morín (1985) citado por Velarde (2000) la deficiencia de este elemento, se refleja en el análisis de tejidos por aumento de potasio y disminución de calcio en todas partes de la planta, salvo en el tronco y raíces principales, consecuencia de la escasa movilidad del calcio.

Hierro: Como un metal pesado, el Fe está en competencia con un rango de elementos por su toma. Si está presente en una inadecuada concentración, entonces el Ca puede suprimir la toma. Si la concentración de Fe es demasiado alta, entonces la toma de Ca puede ser restringida, (Muckle, 1993).

Oxígeno: Una carencia de oxígeno en el agua y la zona de la raíz puede inhibir la toma de Ca aunque hay adecuado Ca en la solución. La raíz puede no tomar nutrientes cuando no hay O_2 en la solución o medio, (Muckle, 1993).

Boro: La deficiencia de B puede resultar en deficiencia de Ca aunque un adecuado abastecimiento esté presente en la solución, (Muckle, 1993). El calcio es antagónico del boro y reduce su disponibilidad. También amortigua sus excesos, que resultan tóxicos para muchos cultivos, (Robles, 1997 a).

El efecto osmótico de la salinidad produce una disminución en el gradiente de potencial hídrico en la planta y, como consecuencia, una disminución en la corriente de transpiración y flujo de agua. La absorción de nutrientes, cuyo principal mecanismo de

transporte es el flujo de masa, es reducida por la salinidad. Este es el caso de B y Ca, (Martínez, 1993).

La relación entre el Ca y K es bien conocida al igual que la relación entre Ca y Mg; estas tasas son usadas como normas DRIS. La tasa de Ca a N en cultivos de frutas y una tasa similar entre Ca y B pueden ser relacionadas a la calidad, (Jones, 1991).

2.6 Boro

2.6.1 Absorción y movimiento de boro en la planta

La adecuada nutrición de boro es crítica para las altas producciones y calidad de los cultivos. Es esencial que el B esté disponible para un nuevo crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo. Por lo tanto, el B debe permanecer disponible para la toma de la planta durante el completo período de crecimiento a menos que éste pueda ser translocado de hojas viejas a nuevos tejidos en la planta, (Borax, 2004).

El boro es absorbido por la planta en distintas formas iónicas del ácido bórico: $B_4O_7^{-2}$, BO_3^{-3} , BO_3H^{-2} ó $BO_3H_2^{-}$, bien mediante su aparato radicular o por vía foliar, (Navarro y Navarro, 2000). La disponibilidad está muy relacionada al pH y es usualmente no disponible a pH alrededor 6.5, (Muckle, 1993).

Loue (1988) y Stoller (1994) citado por Calmet (1999), indican que el B es poco móvil en las plantas y su contenido aumenta de las partes inferiores hacia las superiores. Su movimiento se haría en forma pasiva, bajo formas inorgánicas o de complejos borato-azucarados, siguiendo el flujo de la transpiración. La tasa de transpiración tiene una decisiva influencia sobre el transporte hacia las partes superiores de la planta, lo cual sugiere que es traslocado principalmente en el xilema y es en gran parte inmóvil en el floema, (Nazario, 1998). Esto justifica la acumulación de B en los tejidos más viejos y también en las puntas y márgenes de las hojas. La traslocación desde las hojas viejas a los nuevos tejidos, si la hay, es muy poca, (Torres y Bru, 1997). El movimiento de B junto con la corriente transpiratoria también explica el hecho que la deficiencia de este elemento comience siempre en los brotes terminales, (Nazario, 1998).

Actualmente se conoce que el B es móvil en el floema de todas las especies que utilizan polioles (azúcares simples) como un metabolito fotosintético primario. En estas especies, un complejo poliol-B-poliol se forma en los tejidos fotosintéticos y es transportado en el floema hacia zonas de acumulación activa, como los meristemas vegetativos o reproductivos. En especies que no producen cantidades significativas de polioles, el B, una vez transportado hasta la hoja a través del flujo transpiratorio, no puede reentrar en el floema, dando como resultado una completa inmovilidad de este elemento en la hoja. Sugieren que el B es inmóvil en el floema de pécanos, tomate, fresa y nogal y móvil en el floema de manzana, albaricoque, pera, uva, melocotón y aceituna. Asimismo, en especies en las cuales el B es inmóvil. El B aplicado vía foliar no es traslocado del sitio de aplicación y no puede suplir los requerimientos de B del tejido aún no formado. Por lo tanto, las aplicaciones de B para corregir la deficiencia se deben hacer directamente en el tejido de interés. En frutales, donde el B es inmóvil, pero esencial para el proceso de floración, las aplicaciones de B son sólo efectivas cuando se localizan directamente en las yemas florales o en las flores, (Brown y Hu, 1999).

2.6.2 Funciones del boro en la planta

Polinización y cuajado. Un suministro adecuado de boro resulta esencial para un correcto cuajado y un desarrollo normal del fruto, siendo éstas, dos características que aparecen normalmente como síntomas de deficiencia en boro. Se ha establecido que el boro es necesario para el crecimiento del tubo polínico. El B es absorbido por el tubo a medida que éste crece a través del tejido del estigma y en algunos casos la germinación del grano del polen depende de la presencia de boro en el estigma. El B también puede estar implicado en la fecundación de forma más sutil; se ha observado una mayor frecuencia de visitas de las abejas a tréboles tratados con boro, lo cual hace pensar que las aplicaciones de boro, al aumentar el nivel de néctar y acortar la longitud del tubo de la corola, hacen las flores más atractivas a las abejas, (Torres y Bru, 1997).

Movimiento y utilización de los glúcidos. La fotosíntesis transforma la energía de la luz diurna en compuestos energéticos de la planta tal como el azúcar. Por estos procesos continuos en la planta, el azúcar debe ser movido lejos del sitio de su desarrollo, almacenado o usado para hacer otros compuestos, (Borax, 2004). El boro juega un papel importante en la migración y utilización de los glúcidos. El ácido bórico forma mono y

diésteres estables con glúcidos que presentan la configuración cis-diol. Estos complejos azúcar-borato pueden pasar más fácilmente a través de las membranas que si las moléculas polares de azúcares estuviesen solas. La transferencia de azúcares a través de la membrana puede tener lugar por medio de una reacción reversible entre el azúcar y el borato. Cuando la nutrición en boro es adecuada, se encuentra gradientes a favor de la translocación de azúcares hacia los puntos de crecimiento en cambio, cuando el boro es deficiente, no ocurre la translocación de azúcares, (Nazario, 1998). Otros investigadores, por último, consideran que el boro promueve la formación o estabilización del uridín-difosfatoglucosa (UDPG), compuesto requerido para la síntesis de la sacarosa. De esta forma, el boro favorecería la síntesis de sacarosa, que es el primer azúcar transportado en vegetales, (Navarro y Navarro, 2000).

El boro incrementa la tasa de transporte de azúcar para activar regiones en crecimiento y también en el desarrollo de frutos, (Borax, 2004). Además, este elemento influencia en la transpiración por el control del azúcar y formación del almidón. Y juega un rol en el balance azúcar-almidón de las plantas, (Bennett, 1993).

Regulación hormonal de las plantas. Las hormonas de las plantas regulan muchas funciones de crecimiento y reproducción. La iniciación de la floración, desarrollo del fruto, pared celular y formación del tejido, y elongación de la raíz son todos influenciados por hormonas. El boro juega un importante rol en la regulación de los niveles hormonales en las plantas. También se encarga de estimular o inhibir rutas metabólicas específicas, (Borax, 2004). Así, se le atribuye al boro un efecto estimulador de la germinación por sus implicaciones en la síntesis de giberelinas, (Gil, 1995). Y actúa en el metabolismo del ácido indol acético AIA, (Horacio Sosa, 1999).

Formación de las paredes celulares. Lignificación. Según Lee y Aronoff (1967) citado por Gil (1995), la función reguladora del boro se pone de manifiesto en su capacidad de formar complejos estables con el 6-P-gluconato, de modo que se restringiría la conversión de la glucosa por la ruta oxidativa de las pentosas fosfato (y por consiguiente la formación de fenoles) y se favorecería la derivación a la síntesis de pectinas, hemicelulosas y otros materiales polisacáridos de pared. Niveles elevados de boro reducirían la metabolización por este ciclo, aumentando la glicólisis y la síntesis de componentes de la pared celular; niveles bajos de boro aumentarían la importancia

relativa del mismo y conducirían a la acumulación de fenoles, situación característica en condiciones de deficiencia en boro, (Guardiola y García, 1990).

Los polifenoles o materiales fenólicos existentes en las células requieren una oxidación por mediación del peróxido de hidrógeno en presencia del enzima polifenoloxidasas. Si la actividad catalásica es muy alta, que es lo que ocurre cuando hay deficiencia de boro, no existe peróxido en el sustrato, y por tanto no hay oxidación de fenoles. Esto lleva consigo la debilitación de las paredes celulares, al no sintetizar la lignina, producto que resulta de la asociación de moléculas fenólicas oxidadas, apareciendo una acumulación de compuestos fenólicos, (Navarro y Navarro, 2000). El boro es un elemento que previene la acumulación fenólica el cual inhibe la actividad de la auxina, (Shkolnik, 1974 citado por Lieten, 2002a).

El B es necesario para la síntesis de las pectinas. Las paredes celulares presentan los más altos contenidos en B (el 50% del B total) en las plantas. Los cloroplastos y las vacuolas son por el contrario muy pobres en B, (Loue, 1988 citado por Calmet, 1999).

Mantener la integridad de la membrana celular. El boro al parecer juega un rol importante en la regulación de las funciones de las membranas celulares. Así, Loue (1988) citado por Calmet (1999) ha observado que la actividad de la ATPasa se veía reducida con la deficiencia de B (Yamada 2000) y ella juegan un rol importante en el transporte a través de la membrana de los azúcares y aminoácidos, por lo tanto el transporte iónico relacionado al metabolismo podía ser restablecidos por el aporte de BO_3H_3 a las raíces deficientes. El B tendría por lo tanto un papel en los procesos de transporte de los productos asimilados.

Actividades celulares. Cumple un papel importantísimo en los meristemas apicales, activando la división celular que determina el crecimiento de los terminales de tallos y ramas y la formación normal de las hojas, así como en el mantenimiento de las membranas del citoplasma de las células de la raíz (plasmalema), sin el cual se reduce notablemente la absorción del fósforo y el potasio, (Robles, 1997b). Este micronutriente es creído a ser importante en las actividades celulares (división, diferenciación, maduración, respiración, crecimiento, etc.), (Jones, 1991).

Resistencia a enfermedades. Muchos informes hacen referencia al aumento de resistencia a enfermedades tras la aplicación de boro. Otros informes afirman que la resistencia del tomate, pimiento y col, al ataque de hongos después de un tratamiento con boro se debe al aumento de las actividades del polifenol oxidasa y peroxidasa, las cuales están influenciadas por este elemento, (Torres y Bru, 1997).

Rajaratnam y Hock (1975) citado por Yamada (2000) demostró que en plántulas de palma aceitera, el aumento del contenido de B foliar redujo la infestación del ácaro rojo (*Tetranychus pioroei*). Se observó además que existe correlación entre el B y la producción de cianidina, un polifenol que sería tóxico para el ácaro o que formaría complejos con compuestos nitrogenados que serían no disponibles o indigeribles por los ácaros.

Metabolismo de nitrógeno y fósforo. El boro está implicado en el metabolismo del fósforo en la planta por su capacidad acomplejante en forma de boratos con los ésteres glucídicos. Estos compuestos de boro forman complejos con la glucosa-6-fosfato, ribosa-5-fosfato y otros ésteres. Donde los carbonos en posición 5 ó 6 están esterificados, pero no forman complejos con ésteres en posición 1. Esta capacidad selectiva que presentan los boratos hace pensar que el oligoelemento puede estar involucrado en la regulación del metabolismo de los ésteres fosfatados, de la misma forma que está implicado en el metabolismo de los azúcares, (Navarro y Navarro, 2000).

Algunos elementos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas deben tener una directa o indirecta influencia en el metabolismo del N, incluyendo síntesis de proteínas. Sherstnev y Kurilenok (1964) citado por Gupta (1979) encontraron que, en plantas de girasol deficientes de B, el contenido de muchos aminoácidos incrementa significativamente. Altos contenidos de aminoácidos fueron explicados por una aceleración en una descomposición de proteína o por desaceleración en la síntesis proteica. Esto sugirió que probablemente ambos procesos ocurrieron, pero la desaceleración en la síntesis de proteína fue probablemente el proceso dominante. Estudios por Kibalenko *et al.* (1973) citado por Gupta (1979) mostraron que durante la fotosíntesis la tasa de incorporación de CO₂ en aminoácidos libres fue más alto en plantas de beterraga creciendo en un medio nutritivo conteniendo B que en plantas deficientes de B. Sin embargo, en hojas de planta de beterraga y guisante, el nivel de

aminoácidos libres fue más alto y de proteína fue más bajo que en hojas de plantas creciendo en un medio nutritivo completo. Así, la deficiencia de B significativamente inhibe la síntesis de proteína.

Otras funciones del boro. Muchos estudios han demostrado que un suministro apropiado de boro resulta esencial para un metabolismo adecuado del ácido nucleico. Además, que el boro influye tanto en la incorporación de fósforo en el ARN y el ADN como en los niveles reales de ácidos nucleicos, (Torres y Bru, 1997). Aunque no es bien conocido, también se ha demostrado que el B es necesario para la síntesis de las bases nitrogenadas como el uracilo, (Loue, 1988 citado por Calmet, 1999).

Loue (1988) citado por Calmet (1999) indica que la absorción de boro es más rápida con las pulverizaciones foliares que en aplicaciones al suelo, obteniéndose una mejor distribución de boro en hojas y frutos. El Solubor y Ac. Bórico son los productos más utilizados en este caso, las dosis varían de 0.1-0.5 Kg de B/ha. Las aplicaciones foliares precoces permiten una mayor absorción de B que las tardías. Las aplicaciones deben ser repetidas cierto número de veces en el curso del desarrollo, debido a la baja movilidad del B en la planta.

Pahuacho (2000), menciona que en plantas de algodón con aplicaciones foliares al 0.25% de Biofol CaB a inicios de floración (1%), se logra un mayor porcentaje de floración y fructificación (90%) en comparación al testigo (60%), disminuye el secado de botones, debido a la acción del boro, que logra la mayor eficiencia en la fecundación de las flores. También logra disminuir el “shedding” o caída fisiológica, donde el calcio es un nutriente que fortifica las paredes celulares y participa en la mitosis celular, inhibiendo por tanto, la acción del ácido abscísico, con lo cual se consigue la disminución del porcentaje de “shedding”.

Lieten y Misotten (1993) mencionan en su estudio en plantas de fresa, que comparado a otros microelementos, un alto porcentaje de B es transportado a las flores (3.5%) y frutas (21%). Las raíces y coronas tienen un bajo contenido B y solo el 10% fue acumulado aquí. Mucho del B, alrededor del 57%, fue transportado a las hojas. El B representa alrededor del 10% de los microelementos en las frutas y fue el tercero más

importante elemento después de Fe y Mn. El B juega un rol importante en el desarrollo del receptáculo en la fresa, (Mengel y Kirby, 1978 citado por Lieten y Misotten, 1993).

Cheng (1994) citado por Nestby (2002) señala que el contenido de vitamina C incrementa linealmente con aplicación de B a tasas de 0 a 8 Kg ha⁻¹ y azúcar a tasas por encima a 4 Kg ha⁻¹, para fresas “Redcoat” creciendo en un suelo que fue deficiente de B.

2.6.3 Deficiencia de boro

Síntomas visibles:

Hojas jóvenes deformes, gruesas, quebradizas y pequeñas que en algunas ocasiones (olivo) exhiben clorosis, aunque en ciertos cultivos incluso presentan un verde más intenso. Hojas aserradas o compuestas con tendencia a una forma más simple. (Torres y Bru, 1997). Con nervaduras suberificadas y angulosas, (Malavolta, 1989).

Tallos cortos. Las plantas muy afectadas son propensas a presentar una apariencia “encogida”, (Torres y Bru, 1997).

Cese del desarrollo y muerte de los puntos de crecimiento. Crecimiento de la raíz dañado, (Torres y Bru, 1997). Las raíces pueden ser oscuras con las puntas engrosadas y después necróticas y ramificados, (Malavolta, 1989).

Desarrollo de meristemas axilares que también mostrarán síntomas de carencia; la planta adquiere forma de arbusto, (Torres y Bru, 1997).

Otro síntoma de deficiencia es la falta de fecundación de las flores, debido a que el tubo que emiten los granos de polen al germinar sobre el pistilo de la flor receptora no crecen si no encuentran la concentración necesaria de boro en sus tejidos, siendo así que las plantas logran pocos frutos o estos alcanzan escaso tamaño por carecer de semillas. Se ha observado también que las abejas visitan poco a las plantas deficientes en boro por tener más bajo el nivel de azúcar en el néctar y el tubo de la corola más largo, lo que hace a las flores menos atractivas, (Robles, 1997b).

Alteraciones anatómicas:

El boro está íntimamente relacionado con la actividad de los meristemas, sobre todo de los meristemas apicales. Cuando el suministro de boro es escaso, la división celular no se produce correctamente. Las células se dividen pero no se produce una completa separación quedando cortas las paredes longitudinales. Esto tiene como resultado un desarrollo incompleto e irregular de las hojas, las cuales aparecen distorsionadas, y una falta de elongación de los entrenudos. Con el tiempo, los meristemas apicales de brotes y raíces mueren o quedan en condiciones extremadamente moribundas, y después de la pérdida de la dominancia apical, crecen brotes laterales mal formados a partir de los meristemas axilares, (Torres y Bru, 1997).

La falta de boro causa la rotura de las paredes del parénquima de los tejidos, de lo que resultan manchas marrones o descoloridas, puntos necróticos, áreas húmedas descompuestas y nódulos corchosos, que se pueden percibir en frutos, tubérculos, raíces y médulas. Un síntoma común es la fragilidad de tallos y hojas, así como hendiduras en pecíolos, pedúnculos y tallos, llegando estos últimos a mostrar el centro hueco. En algunos de estos casos es posible confundir la falta de B con las de Ca, (Robles, 1997b).

Se produce alargamiento y destrucción de células del mesófilo. Los cloroplastos son pequeños, (Vejarano, 1979). Disminución de la concentración de clorofila, (Navarro y Navarro, 2000).

El parénquima se desarrolla a expensas del tejido vascular, las células en muchas partes de la planta son alargadas. Las paredes de las células son anormalmente delgadas, (Cerdá, 1993). Se da un colapso de los vasos conductores, (Malavolta, 1989).

Reduce la síntesis de uracilo, lo que altera la síntesis de RNA y como consecuencia, la síntesis de proteínas es afectada adversamente, (Guardiola y García, 1990).

Los deficitarios de boro llevan consigo, además, acumulaciones en las partes de más edad de variados compuestos nitrogenados, ya sea en forma inorgánica, como nitrógeno amoniacal, o como compuestos solubles, especialmente amidas. Provocan, asimismo, variaciones sensibles en el contenido aminoacídico, bastante específicas, según la planta

de que se trate, aunque generalmente la mayor parte en sentido de incremento de sus contenidos con la deficiencia del nutriente. En plantas superiores se han encontrado incrementos de arginina, prolina, serina, ácido glutámico y ácido aspártico. En cambio, se suelen encontrar reducciones en los niveles de tirosina y fenilalanina, precisamente los compuestos precursores de la lignina, tan relacionada con el B, (Navarro y Navarro, 2000).

Los procesos fisiológicos afectados por la deficiencia de boro, son la inhibición de la ATPasa por lo que se da una inhibición de absorción de nutrientes, (Yamada, 2000).

La deficiencia provoca, según diversas experiencias, una acumulación de fosfatos inorgánicos y un descenso en el contenido de fósforo orgánico. Por otra parte, se sintetizan menos fosfolípidos, y siendo estos constituyentes básicos de la membrana intercelular, ello explica los desórdenes que se observan en la organización de la estructura celular, (Navarro y Navarro, 2000).

La carencia de B resultó en la acumulación de compuestos fenólicos lo que produce degradación de AIA y formación de quinonas tóxicas los que ocasionan muerte de yema apical e inhibición del crecimiento y necrosis en los tejidos respectivamente, (Yamada, 2000). Lee y Aronoff (1967) citado por Gupta (1979), sugirió que el B se combina con ácido 6-fosfogluconico para formar un complejo inhibidor- enzima, el cual regula la síntesis de fenol, con eso previene la típica necrosis y por último la muerte de las plantas deficientes de B.

2.6.4 Deficiencia de boro en fresa

Lieten (2002a) confirmó que el boro es un microelemento esencial para las fresas. La susceptibilidad a la deficiencia de boro y toxicidad puede variar entre variedades (Gilbert y Robbins 1950, Garate et al., 1990, Blatt 1982 y Blatt 1976 citados por Lieten 2002a), el material de la planta, los efectos de la temporada (Lieten, 1995) y sustrato. Sin embargo, para muchas variedades, la fresa es un cultivo que presenta poca sensibilidad relativa a la deficiencia de B, sin embargo, es un cultivo susceptible al exceso del mismo, (Loue, 1988 citado por Calmet, 1999).

Los primeros síntomas aparecen en las hojas jóvenes con necrosis apical. Es probable que estas hojas estén malformadas, abarquilladas y de tamaño reducido. La deficiencia en boro también causa deformaciones del fruto. Los frutos pueden agrietarse antes de madurar y se pueden formar extensiones acorchadas. La pulpa tiene una textura coriácea. En los últimos estados de deficiencia las flores ya no dan frutos, (Torres y Bru, 1997). El crecimiento de estolones se atrofia tan pronto como el B se vuelve más escaso. Una deficiencia moderada de B reduce el tamaño de las flores y decrece la producción de polen resultando pequeños frutos de baja calidad. Los pecíolos se tornan frágiles y las raíces se ramifican excesivamente, (Ulrich *et. al.* 1980; Franciosi, 1974; Chapman, 1966; Johansen y Walter, 1963 citados por Castillo 1993).

Lieten (2002a), en un estudio realizado en plantas de fresa “Elsanta” menciona que las plantas de control presentaron deficiencia de boro en las que se observó muchas flores que permanecieron subdesarrolladas con pistilos blancos y verde claro estériles y anteras muy cortas infértiles. Éste resultó en severo aborto de frutos (84.5% en turba y 89.7% en rockwool). El número de fruta fue significativamente reducido. Un largo porcentaje de las frutas fue malformados (27.4% en turba y 56.8% en rockwool) y produjo típica deficiencia de boro bayas ásperas o rugosas y “catfaced”. Los aquenios fueron subdesarrollados y frecuentemente concentrados en la cima de la fruta. La carencia de boro resultó en una significativa reducción del tamaño de la fruta y producción total.

Las raíces de plantas deficientes de Boro son mucho más ramificadas y gruesas y muestran terminales hinchados; los sistemas de raíces son reducidos (50%). Las coronas son pequeñas, con “puntos de corcho” en el centro; se pueden formar muchas yemas laterales en la corona y desarrollan pequeñas hojas torcidas, mucho menos que 10mm de longitud. Las plantas hijas son cortas, y los espaciamientos entre ellas son progresivamente muy cortas; las plantas hijas producidas a partir de estolones están cada vez más malformadas y las hojas son cloróticas, pequeñas y distorsionadas, (Torres y Bru, 1997). Las flores son pequeñas, y después de formadas las flores, éstas usualmente explotan. Las frutas son pequeñas y desarrollan lugares desnudos con liberación de semillas adheridas; después las frutas tienen pocas semillas, son progresivamente más pequeñas, y llegan a ser distorsionadas y “grumosos”, con un bronceado en la línea del centro, (Maas, 1992).

2.6.5 Toxicidad de boro

Loue (1988) y Menguel (1978) citados por Calmet (1999) indican que el boro puede ser tóxico en muchas especies con niveles poco superiores a lo normal. La relación entre ambos es claramente menor para el B que para los demás elementos.

Los síntomas visuales del exceso de boro se centran fundamentalmente en las hojas de la planta, apareciendo primero un amarillamiento característico en las puntas. Esta clorosis tiende a extenderse a los bordes y entre los nervios, con una coloración amarillo naranja. Posteriormente los bordes se necrosan, aparecen exudaciones resinosas y, finalmente, en los casos agudos, hay una defoliación intensa, e incluso puede dar lugar a la muerte del árbol, (Navarro y Navarro, 2000).

En las especies en la cual el boro es inmóvil, la toxicidad del boro es exhibida como quemadura en el ápice y borde de las hojas viejas. La concentración de boro en las hojas viejas permanece como un buen indicador de la toxicidad del boro, (Brown y Hu, 1999). Resulta curioso que, mientras los síntomas de toxicidad pueden ser inducidos por una aplicación excesiva de boro, las reducciones de cosecha sólo se asociarán de las aplicaciones cuando los síntomas visibles sean muy graves. Esto puede ser debido a que el único daño causado se sitúa en el margen de la hoja teniendo un efecto casi nulo en el crecimiento, (Torres y Bru, 1997).

Altas dosis de B causan alta respiración y depresión en la actividad enzimático a nivel celular, subsecuente afecta la traslocación y disponibilidad de azúcar, (Garg *et al.* 1979).

2.6.6 Toxicidad de boro en fresa

Purvis y Hanna (1938), Latimer (1943), Willis (1945), Riggs, *et al.* (1987) citados por Lieten (1995) reportaron la sensibilidad de la fresa al exceso de boro y encontró que éste puede reducir el vigor de la planta, el tamaño de la fruta, rendimiento y producción de plantas hijas.

Lieten (1995) menciona en su investigación en el cultivo de la fresa “Elsanta” que la aplicación de 5umol B/l en la solución nutritiva, no produjo necrosis marginal en el

follaje durante el 1^{er} período de cosecha (otoño 1993) y 2^{do} período (primavera 1994) debido a que el contenido de B en las hojas no excedió los 60 ppm. Con 15umol B/l, las hojas mostraron necrosis marginal. Con 25 y 35umol B/l, severos síntomas de toxicidad aparecen en la hoja, rizado marginal y lesiones necróticas intervenales. Durante el tiempo de cosecha de otoño, no mostraron diferencias significativas en el tamaño de la fruta entre los tratamientos de boro, aunque la producción total decreció en 10% en las más altas tasas de aplicación de boro. Con las tasas más altas de boro el crecimiento de la planta fue reducido y presumiblemente esto declinó en vigor, resultando en una tendencia a frutas muy pequeñas.

2.6.7 Interacción con otros nutrientes

El trabajo de Power y Woods (1997) citado por Yamada (2000) proporciona abundante información acerca del B de mucha implicación práctica que se resume en: (1) La absorción del potasio aumenta con la de B, es decir, muchos casos de deficiencia aparente de K puede ser de hecho deficiencia de B. (2)El B juega un papel importante en el transporte de fósforo a través de las membranas y así como ocurre con el K, muchos casos de deficiencia de P pueden ser reflejo de la deficiencia de B. (3)El B y el Zinc son esenciales para el funcionamiento óptimo de la ATPasa y de los sistemas redox de la membrana plasmática, es decir, sin B se puede reducir la eficiencia de Zn y viceversa.

Se ha demostrado que las fertilizaciones nitrogenadas en grandes cantidades pueden atenuar los excesos de boro. Varios estudios han mostrado que las fertilizaciones con nitrógeno disminuían la absorción de boro por las plantas, una elevada fertilización nitrogenada podría inducir una deficiencia. La necesidad de boro se ve incrementada en presencia de niveles elevados de nitratos, (Nazario, 1998). El ión H_2BO_3^- ejerce una inhibición no competitiva con los iones NO_3^- y NH_4^+ , (Malavolta, 1989).

Un alto contenido en Ca en la planta crea un alto requerimiento de B, mientras un alto contenido de K en la planta acentúa el efecto negativo de bajo niveles de B en el tejido, (Jones, 1991). Niveles altos en K reduce la tasa de Ca/B indicando que el potasio puede tener alguna característica sustitucional de las funciones del boro, (Muckle, 1993).

2.7 Correlación entre Ca y B

Según Valencia (1964) citado por Ramírez (1998) el balance Ca/B es relevante, ya que ambos participan en asociación sobre las actividades metabólicas de las plantas. El cociente Ca/B es un dato importante a considerar, al determinar el efecto de la aplicación de dosis de B sobre los niveles de suficiencia y toxicidad.

Stoller (1994) citado por Velarde (2000), manifiesta que la relación Ca/B puede constituir un índice de la nutrición del B en los cultivos. Sin embargo, diversos estudios han demostrado por otra parte que esta relación disminuye con el aumento del contenido de potasio del medio nutritivo, por lo que también debería tenerse en cuenta las interacciones con otros elementos del medio. Existe una buena correlación entre estos dos nutrientes, es por ello que ambos son muy importantes juntos, pues una aplicación de B sin suficiente Ca conlleva a toxicidad por B, así mismo aplicaciones de Ca sin B, conlleva a deficiencia de este último.

El calcio es un elemento que trabaja junto con el boro, debiéndose aplicar en forma conjunta teniendo en cuenta la proporción 10:1 para que el exceso de uno no interfiera en la absorción del otro por su antagonismo. Si no se cuenta con un análisis foliar se debe aplicar por lo menos 3 veces durante toda la campaña no sólo para evitar deformación de frutos sino también para que los frutos no sean tan susceptibles a la pudrición gris y otras enfermedades, (Olivera, 2003).

Blatt (1976) menciona en su estudio en fresas “Redcoat” y K68-108 que tienen satisfactorio crecimiento con hojas con una tasa de Ca/B de 90-180, mientras que el máximo crecimiento de “Midway” ocurrió con tasas de 750-1400. Gilbert y Robbins (1950) citado por Blatt (1976) estudiaron la nutrición de Ca-B de fresas “Sparkle” y encontraron que a bajos niveles de B se da una tendencia del B total del tejido a decrecer con incremento del Ca en la hoja.

El calcio y el boro son nutrientes de fundamental importancia para el desarrollo de las yemas apicales y de las puntas de las raíces. Sin estos nutrientes se paraliza el crecimiento de nuevas brotaciones y el de nuevas raíces. En otras palabras, para que se

desarrolle un buen sistema radicular es preciso que el B esté en cantidades adecuadas en el sitio mismo donde crecen las raíces (junto con el Ca), (Yamada, 2000).

Las paredes celulares constituyen la barrera principal contra el ingreso de patógenos y su fortaleza radica en el pectato de calcio, en cuya formación participa en forma directa el calcio e indirectamente el boro. La deficiencia de estos elementos es causa de su debilidad y determina que se vuelvan más permeables, (Robles, 1999).

Cuando un cultivo tiene un adecuado abastecimiento de calcio y boro, se encuentra protegido contra ciertas enfermedades. Muchos de los organismos que causan problemas en los cultivos como pueden ser el Botrytis, el Rhizoctonia, el Pythium y el Fusarium, excretan ácido oxálico, el mismo que incrementa la actividad de una enzima denominada poligalacturonasa, la cual a su vez expulsa al calcio fuera de la pared celular. Como consecuencia de ello, se incrementa la enfermedad. El Ca y B precipitan el ácido oxálico y, por tanto, el proceso anteriormente señalado no ocurre. Asimismo, los afidios (pulgones) son repelidos por las plantas que presentan un adecuado balance nutricional y fuertes paredes celulares. Estos elementos permiten a las plantas adecuarse a diferentes condiciones de stress. Cuando una planta se encuentra sometida a un determinado stress por algún factor, las proteínas de la planta se hidrolizan a amonio. Ello origina toxicidad por amonio y produce etileno, provocando con ello la caída de flores y frutos y produciendo una maduración forzada, (Stoller, 1994).

Los cultivos sensibles a la deficiencia de calcio son también sensibles a deficiencia de boro, y viceversa. Los frutales, tomate, papa, zapallo, apio, zanahoria, algodón, maní, pimiento, etc. responden a estos nutrientes. Son nutrientes que no se mueven en el floema, por lo que tienden a acumularse en las hojas, que pierden agua y permanecen en ellas. Los frutos no pierden agua, por tanto, se vuelven deficientes en calcio y boro, dando lugar a problema de calidad y una vida corta en almacenamiento, (Stoller, 1994).

Para lograr cultivos de alta rentabilidad económica siempre se ha aplicado al suelo, cantidades masivas de nitrógeno, que es adsorbido por las raíces en forma de nitratos. Cuando los nitratos llegan a las hojas se transforman en ácidos orgánicos y proteínas gracias a la acción de la luz sobre la clorofila y a mayor migración de nitratos hacia ellas se producirán más ácidos orgánicos. Pero los ácidos orgánicos demandan cationes

para ser neutralizados, tales como potasio, magnesio y calcio. El catión más requerido es el calcio debido a que cumple una función estructural en los tejidos y para ello tiene que movilizarse de todas las partes de las plantas en que se encuentra hacia los tejidos en formación. Ésta es la “gran succión” que, cuando falta calcio, produce los desórdenes fisiológicos que observamos bajo la forma de puntos amargos en las frutas, corazón vacío en los órganos de reserva, pudriciones en la base de flores y frutos, tejidos fofos en los bulbos, quemaduras en las puntas, etc. El boro en cantidades adecuadas disminuye la capacidad de los ácidos orgánicos para succionar calcio de los diversos órganos de las plantas, protegiéndolos de los daños que se derivan de su deficiencia. Es por esto que el calcio y boro son elementos que se requieren simultáneamente en las plantas en crecimiento, (Stoller, 1997).

El boro está envuelto en el movimiento de calcio en la planta y en la normal nutrición de calcio en las plantas. Por ejemplo, “el corazón hueco” en maní puede ocurrir cuando una escasez de boro limita el movimiento de calcio, el normal desarrollo de la pared celular y la división celular, (Borax, 2004).

Peripolli *et al*, (2002) evaluó el efecto de Ca y B aplicados en pulverización foliar, en las fases vegetativas y reproductivas del cultivo de soya, en los componentes de rendimiento y en la calidad fisiológica de la semilla. Basados en sus resultados ellos concluyeron que la aplicación de Ca y B incrementó el peso del grano por planta, que los dos elementos no afectan la calidad fisiológica de las semillas y que los mejores resultados en los componentes del rendimiento fueron verificados en las fases de floración y pos-floración.

Noya (1974) concluye en su investigación, que plantas de maíz crecidas en diferentes niveles de B, en ausencia de calcio aplicado, mostraron los síntomas más severos de toxicidad, menor rendimiento y alta concentración de B en los tejidos. En los tratamientos que recibieron calcio, los síntomas de toxicidad de B fueron menos severos, pues no se observó caída de hojas viejas, por lo que el rendimiento de materia seca no fue seriamente disminuido en presencia de los mayores niveles de B en contraposición a las características halladas en ausencia de calcio aplicado. De lo expuesto se puede deducir, que el calcio se presenta como un elemento antagónico de la disponibilidad del B, y que este efecto es mucho mayor cuando se eleva el pH.

Lewandowski (2003) examinó el efecto de aplicaciones foliares de Ca y B en el rendimiento y calidad de la fruta de fresas “Elsanta” creciendo en suelo. Los resultados mostraron que la fruta y hojas de plantas tratadas con Ca incrementaron los contenidos de Ca. Mientras que las pulverizaciones con B incrementaron el estatus de este elemento en la fruta y hoja. Asimismo, los tratamientos no afectaron el rendimiento de la fruta comercial y total, peso promedio de la baya, el número de frutas deformadas, la concentración de sólidos solubles y acidez titulable de la fruta en cosecha. Las pulverizaciones de frutos con Ca o Ca más B fueron firmes y más resistentes a la pudrición por *Botrytis* en cosecha y después de 3 días de mantenido a 18°C comparado al control. Además, las pulverizaciones de Ca o B más Ca incrementa el contenido de sólidos solubles y acidez titulable de frutas después de 3 días de mantenido a la temperatura de 18°C. Estos resultados indicaron que la aplicación de CaCl_2 con adición de Tween 20 puede ser recomendada para mejorar la calidad y la vida de almacenaje de la fresa, particularmente en producción proecológica donde la aplicación de fungicidas es restringida.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica:

El experimento se realizó en el módulo del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el distrito La Molina, Lima-Perú; cuya ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 12° 05' 06'' S.
- Longitud: 76° 57' 00'' W. S.
- Altitud: 238 m.s.n.m.

3.2 Condiciones Meteorológicas:

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación Experimental “Alexander Von Humbolt” de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La información se encuentra en el cuadro N° 1.

3.3 Descripción del sistema:

El Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina ha desarrollado una modificación del sistema hidropónico NFT en la que la circulación de la solución nutritiva no es constante sino intermitente, por períodos de 15 minutos cada media hora, lo cual permite mantener una capa de solución nutritiva de 15 a 20 mm de altura en los canales de cultivo durante el tiempo que ésta no circula, esto permite que un buen porcentaje de las raíces estén sumergidas permanentemente en la solución. Esta altura se logra colocando una manguera de 1” de diámetro a 0,5 cm de la base de una tapa o tapón de PVC en el lado del drenaje, (Rodríguez *et. al.* 2004). El experimento se instaló en este sistema, que esta compuesto de una electro bomba de ½ HP que bombea la solución nutritiva contenida en un tanque colector de 500L hacia 9 canales de cultivo de PVC de 4 pulgadas de diámetro a través de una tubería de distribución de ¾ de pulgada de diámetro. Al final, la solución es llevada de retorno al tanque a través de una tubería de drenaje de PVC.

**CUADRO Nº 1 : DATOS METEOROLOGICOS DE LA MOLINA EN EL PERIODO EXPERIMENTAL:
JULIO 2002 - FEBRERO 2003**

Mes	Temperatura mínima / mensual (°C)	Temperatura máxima / mensual (°C)	Humedad Relativa Media / mensual (%)	Precipitación (mm / día)	Horas de sol (horas / mensual)	Radiación Circunglobal
Julio	13.7	17.2	92	2.0	58.0	4299.7
Agosto	13.5	17.6	93	5.6	22.0	3840
Setiembre	13.8	19.8	89	1.9	82.2	7952.8
Octubre	14.8	22.0	85	1.5	110.5	10242.7
Noviembre	16.0	22.7	85	0.4	117.7	9527.8
Diciembre	17.1	25.0	83	Tz	140.3	7843.8
Enero	19.6	26.8	84	0.3	124.3	10592.8
Febrero	20.7	29.3	80	Tz	179.4	10398.3

Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humbolt de la UNALM

Tz = precipitación mínima (pequeño rocío que no se puede cuantificar)

3.4 Área del experimento:

El experimento se realizó dentro de un área de 15m².

3.5 Tratamientos:

El sistema cuenta con 9 canales de los cuales se tomaron para la experimentación 7, cada uno de ellos representó un tratamiento, cada tratamiento contó con 7 repeticiones.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento control (T₀) : 0 ppm Ca + 0 ppm B
- Tratamiento 1 (T₁) : 21 ppm Ca + 0.17 ppm B
(Fertilizante foliar orgánico)
- Tratamiento 2 (T₂) : 100 ppm Ca + 54 ppm B
- Tratamiento 3 (T₃) : 200 ppm Ca + 108 ppm B
- Tratamiento 4 (T₄) : 100 ppm Ca + 0 ppm B
- Tratamiento 5 (T₅) : 0 ppm Ca + 54 ppm B
- Tratamiento 6 (T₆) : 300 ppm Ca + 162 ppm B

3.6 Cultivar o material vegetal:

Se emplearon plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) cultivar Chandler, procedente del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA – La Molina), material libre de virus y/o cualquier otro tipo de patógeno.

3.7 Conducción del experimento:

3.7.1 Preparación del sistema:

Se procedió a la limpieza de los canales del sistema por afuera y adentro. Lo que consistió en desinfectarlos con hipoclorito de sodio al 1% y luego lavarlos. Esto también se realizó con el tanque colector.

3.7.2 Preparación del material de soporte:

La grava fue lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 1% (10ml de lejía en 1 litro de agua) antes de iniciar el trasplante para eliminar los residuos del cultivo anterior.

3.7.3 Densidad de plantación:

Las plantas se distribuyeron dentro de cada canal de cultivo con una separación entre ellas de 25cm y entre cada canal de 12 cm. Se transplantaron 261 plantas, es decir 29 plantas por canal. Sin embargo, para el experimento fueron tomados un total de 49 plántulas, es decir 7 plantas por cada tratamiento.

3.7.4 Trasplante:

Las plántulas llegaron a la UNALM la mañana del 25 de Julio 2002 y por la tarde se procedió al trasplante. Previamente las plántulas fueron sumergidas en agua de pozo varias veces para eliminar todo rastro del suelo anterior y luego fueron sumergidos en Benlate al 1% para prevenir cualquier enfermedad a la raíz. Después se procedió a colocarlos en macetas plásticas de 3 pulgadas de diámetro a la que se agregó grava para el soporte de la planta de tal manera que la corona no tomara contacto con la solución. Las raíces que estaban secas o muertas fueron cortadas antes del trasplante. A continuación se procedió a colocarlos en los orificios del canal del sistema NFT y fueron mantenidos por un día con agua de pozo con una conductividad eléctrica (C.E.) de 0.6 mS/cm. Al día siguiente se puso en circulación la solución nutritiva en el sistema.

3.7.5 Riegos:

Los riegos con solución nutritiva empezaron al día siguiente del trasplante. La solución circuló por el sistema de manera intermitente, cada 15 minutos, durante las 24 horas del día. La cual fue renovada cada 3 semanas con una nueva preparación de la solución para prevenir un desbalance nutricional. Esto permitió realizar la limpieza del tanque en cada período de renovación. El riego se realizó hasta el término del experimento.

3.7.6 Solución nutritiva:

La solución nutritiva se elaboró a partir de la siguiente solución concentrada:

Solución concentrada A (en 15 litros de agua):

Nitrato de potasio	1,650g
Nitrato de amonio	750g
Superfosfato triple de calcio	540g

Solución concentrada B: (en 6 litros de agua)

Sulfato de Magnesio	660g
Sulfato de Potasio	360g
Quelato de Hierro	48g

Solución de micronutrientes:

Sulfato de Manganeso	6g
Ácido bórico	3.6g
Sulfato de Zinc	2.025g
Sulfato de cobre	1.2g
Molibdeno de Amonio	0.225g

Para un tanque de 300L de agua se agregó 1,500ml de la solución A y 600ml de la solución B, para cada renovación.

En la etapa de fructificación, la solución nutritiva fue enriquecida con los siguientes fertilizantes: 72g de sulfato de potasio, 60g de sulfato de magnesio y 5g de quelato de hierro, todo ello para una cantidad de 300L de solución nutritiva, lo que fue agregado en cada cambio de la solución.

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva fue controlada y mantenida entre 1.4 – 2.4 mS/cm, cuando el valor de la C.E estuvo por encima del rango óptimo se diluyó la solución adicionando agua, mientras que el pH de la solución se mantuvo entre 6.0 – 7.0 y la corrección del mismo se realizó con hidróxido de potasio 1N y ácido sulfúrico diluido 1N. Estas mediciones fueron realizadas cada día en el que duró el experimento.

El volumen de la solución nutritiva en el tanque se mantuvo constante, ya que a mayor volumen menor serán las alteraciones en la concentración de la solución. Asimismo, el volumen de agua consumida y evatranspirada se repuso diariamente.

3.7.7 Preparación de los tratamientos:

Para la preparación de los tratamientos, se utilizó Nitrato de Calcio, Ácido Bórico y agua destilada. Sin embargo, para el tratamiento 1 se utilizó un bioestimulante foliar a base de algas marinas (FERTIMAR®) y agua de pozo de una C.E = 0.6 mS/cm, la que se preparó en el momento de la aplicación. Las cantidades preparadas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2: Cantidades en g de nitrato de calcio, ácido bórico y Fertimar utilizadas en la preparación de los tratamientos

Tratamientos	Dosis
Control (T0)	sin aplicación
T1 (21 ppm Ca + 0,17 ppm B)	0.65 g FERTIMAR/ 500mL
T2 (100 ppm Ca + 54 ppm B)	0.27g Ca(NO ₃) ₂ /500mL + 0.15g H ₃ BO ₃ /500mL
T3 (200 ppm Ca + 108 ppm B)	0.54g Ca(NO ₃) ₂ /500mL + 0.3g H ₃ BO ₃ /500mL
T4 (100 ppm Ca + 0 ppm B)	0.27 g Ca(NO ₃) ₂ / 500mL
T5 (0 ppm Ca + 54 ppm B)	0.15 g H ₃ BO ₃ / 500mL
T6 (300 ppm Ca + 162 ppm B)	0.81g Ca(NO ₃) ₂ /500mL + 0.45g H ₃ BO ₃ /500mL

La aplicación de los tratamientos se inició el 21 de Setiembre de 2002 (inició de la fructificación), después de 2 meses de realizado el transplante y cuando las plantas se encontraban bien desarrolladas. Esto se realizó cada semana desde iniciado el tratamiento y a partir del 23 de Noviembre cada 2 semanas hasta el término del experimento. Para la aplicación se utilizó un aspersor de 500ml y se realizó 9 aspersiones por planta, lo cual se efectuó cubriendo las plantas de los tratamientos contiguos para que la aplicación del tratamiento respectivo no los afectara. Los tratamientos fueron renovados el 22 de Noviembre de 2002.

3.7.8 Eliminación de flores:

Se realizó la eliminación de los botones florales y flores prematuras, para lograr un mayor vigor y crecimiento foliar adecuado. Esta labor fue realizada el 23 de Agosto.

3.7.9 Poda de hojas:

Esta labor se realizó el 11 y 18 de setiembre de 2002. Se podaron hojas senescentes y luego se continuó el 31 de octubre de 2002 y así cada dos semanas. Esto se realizó para estimular el llenado de frutos y para evitar la proliferación de algunos patógenos por la acumulación excesiva de hojas.

Se podaron también los estolones desde el 13 de Diciembre de 2002, para favorecer la disponibilidad de agua y principios nutritivos, la mayor producción, así como el mejor tamaño de los frutos.

3.7.10 Cosecha:

Según Olivera (2003), el estado de madurez en que debe cosecharse para consumo en fresco es cuando el fruto esta coloreado las tres cuartas partes. La recolección de los frutos se efectuó en forma individual por cada repetición y para cada tratamiento. Esta se inició el 26 de setiembre de 2002, a partir de esta fecha se cosechó 2 ó 3 veces por semana, hasta el término del experimento (15 de febrero del 2003). Al mismo tiempo se efectuaron las evaluaciones de los componentes del rendimiento.

3.7.11 Observaciones Entomológicas:

Durante la época de floración se observó un ligero ataque de pulgones, el que fue controlado con la aplicación de Pirimor (0.5g/L), esto se realizó el 5 de Setiembre de 2002. Y en la época de fructificación, se apreció ligeros ataques de arañita roja (*Paratetranychus sp.*) en el envés de las hojas, pero fueron controladas con aplicaciones de Omite (3g/L), lo cual se realizó el 15 de Octubre de 2002. También se usó malla plástica mosquitera para el control de insectos voladores.

3.7.12 Observaciones Fitopatológicas:

Se pudo observar en todos los tratamientos, desde el 27 de Setiembre hasta el 2 de Octubre de 2002, la presencia de moho gris ocasionado por *Botrytis sp.* en los frutos y para su control, se realizó la eliminación de los frutos infectados para evitar su propagación. El problema fitosanitario se observó con menor incidencia en las plantas del tratamiento 4 y 1 y con mayor incidencia en T₆, T₂, T₀, T₅, T₃.

3.7.13 Otras observaciones:

A partir del 13 de Diciembre, se observaron hojas con síntomas Tip Burn, es decir hojas deformadas con márgenes necróticos, lo que se debió a las condiciones climáticas: altas temperaturas, alta humedad relativa y por la duración mayor del día lo que provocó una alta transpiración, lo que favorece la expresión de deficiencia de calcio.

3.8 Evaluaciones experimentales:

3.8.1.-Variables Biométricas:

Al final del cultivo (15 de febrero del 2003) se tomaron 3 plantas representativas de las 7 repeticiones por tratamiento, evaluándose el crecimiento a través de las siguientes variables:

Peso fresco de la raíz (g): esta variable se evaluó pesando el sistema radicular de las muestras; obteniéndose el peso fresco promedio del sistema radicular por tratamiento.

Peso seco de raíz (g): luego de obtener el peso fresco, las muestras se colocaron en bolsas de papel Kraff, identificando los tratamientos y sus respectivas repeticiones, seguidamente se colocaron a la estufa a una temperatura constante de 65 °C por 48 horas. Luego fue pesado obteniéndose el peso seco promedio del sistema radicular por tratamiento.

Peso fresco de la parte aérea (g): esta variable se evaluó después de separar la parte aérea (hojas) del sistema radicular; obteniéndose el peso fresco promedio de la parte aérea por tratamiento.

Peso seco de la parte aérea (g): luego de obtener el peso fresco, las muestras se colocaron en bolsas de papel Kraff identificando los tratamientos y sus respectivas repeticiones seguidamente se colocaron en la estufa a una temperatura constante de 65 °C por 48 horas. Luego fueron pesadas obteniéndose el peso seco promedio de la parte aérea por tratamiento.

Área foliar (dm²/planta): al finalizar el experimento, se determinó el área foliar utilizando el método del sacabocado relacionando el peso seco total de las hojas por planta con el peso seco de una área conocida de 5 hojas muestreadas al azar.

3.8.2.- Evaluaciones de rendimiento:

Se evaluaron los frutos de las 7 repeticiones por tratamiento en cada día de la cosecha y se concluyó al final del experimento, donde se determinó:

Rendimiento total (Kg/m²): Se determinó el rendimiento de cada tratamiento a partir de la producción (g/planta) y el área en el que se realizó el experimento.

Producción por planta (g/planta): Se obtuvo sumando los pesos de los frutos producidos por planta, de tal forma que al finalizar la investigación se determinó la producción promedio de cada tratamiento

Número total de frutos: En cada cosecha se hizo el conteo del número de frutos por planta, de tal forma que al finalizar la investigación se determinó el número total de frutos promedio de cada tratamiento.

Peso promedio del fruto (g): Se determinó a partir de dividir la producción (g/planta) por el número total de frutos.

3.8.3.- Análisis foliar:

El objetivo de este análisis fue determinar el estado nutricional de las plantas en estudio. Para lo cual, durante el experimento, se tomaron muestras de hojas recién maduras, siendo éstas la mezcla de las hojas de las repeticiones de cada tratamiento. Se realizaron 63 análisis foliares, para 7 tratamientos, 3 repeticiones y en 3 muestreos que fueron realizados el: 23 de octubre y el 11 de diciembre 2002 y el 20 de febrero del 2003. Estas fechas coinciden con los períodos de plena cosecha, alta producción y término de cosecha respectivamente.

3.9 Diseño del experimento:

El Diseño Estadístico fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), en donde los tratamientos fueron asignados completamente al azar a las unidades experimentales (canales) con igual número de repeticiones (Calzada, 1982) por tratamiento. Se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan con grado de significación al 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Calcio

4.1.1 Variación estacional

Se observa de los datos del cuadro N°3 que la concentración de Ca en las hojas de fresa fue alta en el primer muestreo, con una ligera variación en el siguiente y una fuerte disminución en el tercer muestreo. Además, la concentración en promedio varió de 1.32 % (1^{er} muestreo) a 1.03% (3^{er} muestreo), es decir, coincidentes con la etapa de plena cosecha y de término de cosecha. La disminución de la absorción de Ca en el período de alta producción para adelante (Diciembre a Febrero) coincide con el obtenido por Lieten y Misotten (1993) quién menciona que la máxima absorción de Ca tuvo lugar del trasplante a la floración (4.8 – 5 mmol/l) y disminuyó durante la maduración de la fruta (3.6 mmol/l); pero difiere de los estudios de Castilla (1993) quién obtuvo el nivel más bajo de Ca en el primer muestreo coincidente con la etapa de plena floración y con un incremento constante a través de todo el cultivo. Estos resultados se deben a que en los últimos muestreos, las condiciones del ambiente cambiaron a una alta temperatura (verano), esto produjo que la temperatura de la solución nutritiva se elevara. Lo que tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta e inversa con el O₂ disuelto en la solución nutritiva. En este caso, la gran demanda de oxígeno no es satisfecha por la solución debido a que a mayor temperatura aumenta la difusión de este gas, (Lara, 1999). La carencia del O₂ en la zona de la raíz y el agua inhibe la absorción de calcio aunque halla una adecuada cantidad de Ca en la solución, (Muckle, 1993).

Los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran en los niveles adecuados de acuerdo a lo mencionado por Almaliotis *et. al.* (2002) quién señala como rango normal (0.77% - 1.48%) y a los establecidos por Kessell (2003) y Jones *et. al.* (1991), valores considerados como aquellos en los que no se presentan síntomas de deficiencia. Pero difiere de los valores óptimos hallados por (Castilla, 1993).

4.1.2 Efecto del tratamiento

En el *primer muestreo* no se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos en estudio (cuadro N° 3). Siendo el coeficiente de variabilidad de 5.58%. Así, el tratamiento control no se diferenció en la concentración foliar de Ca de aquellos tratamientos en los que se aplicó 100 ppm de Ca + 54 ppm de B, 200 ppm Ca + 108 ppm B y 300 ppm Ca + 162 ppm B. Tampoco se notó influencia de las aplicaciones de 100 ppm Ca y 54 ppm B, además del fertilizante foliar orgánico.

La solución nutritiva presenta el contenido de calcio necesario para el cultivo, por lo que tratamientos en los que no se utilizó calcio y en los que se aplicó calcio se obtuvo similar concentración, ya que el efecto del Ca es menos pronunciado en tejidos que contienen adecuada cantidad de Ca para mantener la integridad celular (Conway y Sams, 1987 citado por Cheour et. al. 1991).

La uniformidad existente en las concentraciones de Ca en hojas de fresa, se refleja en la pequeña variación entre tratamientos que va de 1.25% á 1.36%.

En el *segundo muestreo*, no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, presentando un coeficiente de variabilidad de 5.09% (cuadro N° 3). De acuerdo con la prueba estadística de Duncan al 5%, los promedios obtenidos indican que el tratamiento en el que se aplicó 100 ppm de calcio tiene la más alta concentración de calcio (1.22%). Blatt (1976), menciona en su estudio que el crecimiento vegetativo influencia las fluctuaciones del Ca en la hoja. Esto implicaría que cuando se da una disminución en el crecimiento vegetativo, el Ca de la hoja disminuye. En este caso, el tratamiento tuvo una alta concentración de calcio porque tuvo el mayor crecimiento vegetativo. Por otro lado, el tratamiento en el que se aplicó 54 ppm B es el que registró el menor valor (1.09% de Ca), debido a que en este tratamiento no se aplicó foliarmente Ca y por la menor absorción de Ca por la raíz por el efecto del aumento de la temperatura en la solución nutritiva. Adicionalmente, la aplicación foliar de boro pudo haber inducido a una mayor absorción radicular de B que interaccionó con la absorción de Ca, disminuyéndola. En el segundo muestreo se dio inicio a la estación de verano (alta temperatura), lo que produjo que la solución nutritiva elevará su

temperatura y esto afecto la absorción de calcio por la raíz, dando un menor contenido foliar de Ca en los tratamientos.

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, en el *tercer muestreo* (cuadro N° 3), presentando un coeficiente de variabilidad de 5.79%. Según la prueba de Duncan al 5%, el tratamiento en el que se aplicó 100 ppm de Ca presenta la mayor concentración foliar de calcio (1.23%) y los valores menores en los tratamientos en los que se aplicó 54 ppm de B y el fertilizante orgánico (0.95% y 0.97% respectivamente). En general, la concentración de Ca en la hoja disminuyó más por el mayor aumento de la temperatura en febrero. Sin embargo, Lewandowski (2003) menciona en su estudio que frutas y hojas de plantas tratadas con Ca (fertilización foliar) incrementaron sus concentraciones de calcio así como sucede con el tratamiento en el que se aplicó 100 ppm de Ca a pesar de la alta temperatura.

Según Ferguson (1984); Kirkby y Pilbean (1984); Shear (1975) citados por Cheour *et. al.* (1991), la habilidad para acumular y distribuir el Ca puede variar con el cultivar y es influenciado por varios factores, como: temperatura, humedad relativa, niveles de otros elementos en el suelo, edad de la planta.

Cuadro N° 3: Concentración promedio de Ca (%) para siete tratamientos y en tres muestreos en hojas de fresa cv. Chandler

Tratamientos	1er muestreo (23/10/02)	2do muestreo (11/12/02)	3er muestreo (20/02/03)
Control	1.357 a	1.150 ab	0.993 bc
21ppm Ca + 0.17ppm B	1.293 a	1.190 ab	0.973 c
100ppm Ca + 54ppm B	1.333 a	1.113 ab	0.980 bc
200ppm Ca + 108ppm B	1.343 a	1.177 ab	1.090 b
100ppm Ca + 0ppm B	1.307 a	1.217 a	1.233 a
0ppm Ca + 54ppm B	1.250 a	1.093 b	0.953 c
300ppm Ca + 162ppm B	1.357 a	1.177 ab	0.990 bc
Promedio	1.32	1.16	1.03

4.2 Boro

4.2.1 Variación estacional

Los datos que se observan en el cuadro N° 4, indican que la concentración de B en la hoja de fresa varió significativamente a lo largo de toda la época de muestreo. Alcanzando un nivel alto en el primer muestreo, luego viene una caída importante en el segundo muestreo, con una recuperación en el último muestreo al final del cultivo.

El rango de B en las hojas de fresa varió entre 122.72 ppm (1^{er} muestreo) y 84.67 ppm (2^{do} muestreo) coincidentes con el período de plena cosecha y de alta producción.

Esta tendencia se presenta en el estudio realizado por Castillo (1993) quien encontró valores altos que se mantuvieron con ligera variación en la floración e inicios de cosecha pero en la etapa de alta producción se dio una caída que llega al más bajo nivel y con una fuerte recuperación a finales de la cosecha.

Esta distribución se debe a que luego de la fructificación la mayor parte del B tiende acumularse en los frutos, provocando una translocación de B desde las hojas y que se refleja en la disminución de su concentración durante la etapa de máxima producción; pero que se recupera al disminuir ésta y ser la hoja el órgano de la planta que acumula más boro (Albregts y Howard, 1980 citado por Castillo, 1993 y Jones *et. al.* 1991).

Los valores de la concentración foliar de B de este estudio, son más altos al nivel óptimo hallados por Jones *et. al.* (1991), Kessel (2003), Torres y Bru (1997), Bergmann (1988) y Sakshaug (1982) citados por Almoliotis *et. al.* (2002) siendo el rango promedio de 25 á 57 ppm. Sin embargo, Blatt (1976) encontró que el máximo crecimiento de plantas de fresa cultivar “Redcoat” y K68 - 108 se dio en un rango de B en la hoja de 58 – 116 ppm, valores considerados como aquellos en los que no se presentan síntomas de deficiencia. En este estudio, se encontró en el primer muestreo una concentración foliar de B en promedio de 122.72 ppm, siendo un valor alto, no produce alteraciones en la planta. Según Campbell y Miner (2000) el boro llega a ser tóxico cuando las concentraciones se acercan a 200 ppm de B. Por otro lado, Torres y Bru (1997) menciona que valores mayores a 125 ppm de boro se encuentran en exceso.

4.2.2 Efecto del tratamiento

En el *primer muestreo* no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, presentando un coeficiente de variabilidad de 17.17%. Según la prueba de Duncan al 5%, el tratamiento en el que se aplicó 200 ppm Ca +108 ppm B fue estadísticamente superior (157.67 ppm de B). En general los tratamientos en los que se aplicó calcio más boro en diferentes dosis fueron los que obtuvieron mayores concentraciones foliares de B. Según Martínez (1993) en experimentos a largo plazo se puede dar una mayor concentración de nutrientes en la hoja debido a una menor velocidad de crecimiento de la planta. En este caso para el boro, ya que en los tratamientos en los que se dio las mayores concentraciones fueron en los que tuvieron un menor crecimiento vegetativo. Por otro lado, el tratamiento en el que se aplicó 100 ppm Ca y el testigo, se obtuvo las menores concentraciones foliares (106.67 y 107 ppm respectivamente). Almaliotis *et. al.* (2002) menciona en su estudio que el bajo contenido de ciertos nutrientes (N, B, Zn) puede ser atribuido a un efecto de dilución debido al rápido crecimiento de las plantas de fresa en los túneles de plástico. Por esta razón estos tratamientos obtienen la menor concentración de B por su mayor desarrollo vegetativo (cuadro N° 4).

En los resultados obtenidos en el *segundo muestreo* se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad 14.96%. Así, los tratamientos en los que se aplicaron 200 ppm Ca + 108 ppm B, 100 ppm Ca + 54 ppm B, 300 ppm Ca + 162 ppm B y 54 ppm B son estadísticamente superiores (96, 95.67, 94 y 92.67 ppm de B respectivamente) a los demás tratamientos. De acuerdo a Romheld y El-fouly (2002) la aplicación de nutrientes inmóviles (Ca, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn) en hojas viejas y hojas jóvenes no producen ninguna translocación a las raíces, pero no inhibe y aún puede incrementar la absorción del nutriente por las raíces. Además, Loue (1988) citado por Calmet (1999) indica que la absorción de boro es más rápida con las pulverizaciones foliares que en aplicaciones al suelo, obteniéndose una mejor distribución de boro en hojas y frutos. Por estas razones, se dio una absorción foliar y radicular que produjo un aumento en la concentración de boro en la hoja. Los tratamientos en los que se aplicó el fertilizante foliar orgánico y el control presentaron la menor concentración foliar de boro (68.67 y

69.33 ppm respectivamente). Esto se debió a que en ellos no se aplicó B por lo que sólo se dio absorción radicular lo que dio una menor concentración foliar de B (cuadro N° 4)

Según Romheld y El-fouly (2002) la absorción por las células de las hojas es más dependiente de factores externos como humedad y temperatura y es directamente afectado por la luz. La absorción foliar se ve estimulada por el aumento de la luminosidad y la temperatura (Becerra, 2001).

En el *último muestreo*, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, presentando un coeficiente de variabilidad de 14.91%. Según la prueba de Duncan al 5%, el tratamiento en el que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B estadísticamente fue superior en la concentración foliar de boro (131 ppm) que los demás tratamientos (cuadro N° 4).

Los tratamientos que obtuvieron los menores valores fueron a los que se aplicó 100 ppm Ca, 200 ppm Ca + 108 ppm B, control, fertilizante foliar orgánico y 300 ppm de Ca + 162 ppm B. Jones (1991) menciona que las altas temperaturas reducen la actividad de la nitrato reductasa, el cual a cambio incrementa el contenido de NO₃-N en la planta. Esto produciría una mayor migración de nitratos a la hoja y más formación de ácidos orgánicos, los que demandan cationes (Ca) para ser neutralizados. El boro en cantidades adecuadas disminuye la capacidad de los ácidos orgánicos para succionar calcio de los diversos órganos de las plantas, protegiéndolos de los daños que se derivan de su deficiencia, (Stoller, 1997). Por lo que se da una mayor utilización del B y una menor concentración foliar de este elemento en estos tratamientos. En el caso del tratamiento en el que se aplicó 54 ppm de B, fue el que obtuvo uno de los mas altos valores, esto está de acuerdo con Lewandowski (2003) quién encontró en su estudio que la aplicación foliar de B en fresa, incrementó el microelemento en la fruta y el tejido de la hoja.

Cuadro N° 4: Concentración promedio de B (ppm) para siete tratamientos y en tres muestreos en hojas de fresa cv. Chandler

Tratamientos	1er muestreo (23/10/02)	2do muestreo (11/12/02)	3er muestreo (20/02/03)
Control	107.00 b	69.33 b	90.00 b
21ppm Ca + 0.17ppm B	113.33 b	68.67 b	88.67 b
100ppm Ca + 54ppm B	129.67 ab	95.67 a	131.00 a
200ppm Ca + 108ppm B	157.67 a	96.00 a	91.67 b
100ppm Ca + 0ppm B	106.67 b	76.33 ab	98.00 b
0ppm Ca + 54ppm B	113.67 b	92.67 a	110.67 ab
300ppm Ca + 162ppm B	131.00 ab	94.00 a	87.67 b
Promedio	122.72	84.67	99.67

4.3 Interacción de los tratamientos con los elementos minerales

En los cuadros N° 5, 6, 7 se muestran los resultados promedios del contenido de elementos minerales en las hojas de fresa cv. Chandler, análisis realizado en diferentes períodos de la fenología del cultivo, creciendo bajo la fertilización foliar de diferentes concentraciones de calcio y boro. Así como, en los gráficos del 1 al 12 se observan los efectos de los tratamientos con respecto al control en el contenido foliar de los elementos minerales para el período en el que se realizó el muestreo.

Cuadro Nº 5: Efecto de la aplicación foliar de Ca y B sobre el contenido de elementos minerales en las hojas de fresa cv. Chandler en el período de plena cosecha (23/10/2002)

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Na %	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
Control	2.28 bc	0.357 ab	2.470 b	1.357 a	0.330 ab	0.117 b	0.030 bc	28.000 a	3.667 a	47.000 b	186.00 ab	107.00 b
21ppm Ca + 0.17ppm B	2.79 ab	0.367 ab	2.550 ab	1.293 a	0.340 ab	0.150 ab	0.033 abc	28.667 a	6.333 a	40.000 b	174.67 ab	113.33 b
100ppm Ca + 54ppm B	2.83 a	0.370 ab	2.560 ab	1.333 a	0.350 a	0.153 ab	0.037 ab	29.667 a	3.667 a	37.667 b	176.33 ab	129.67 ab
200ppm Ca + 108ppm B	2.67 ab	0.373 ab	2.710 a	1.343 a	0.323 ab	0.157 a	0.040 a	30.667 a	6.667 a	48.333 b	202.00 a	157.67 a
100ppm Ca + 0ppm B	2.43 abc	0.380 ab	2.477 b	1.307 a	0.327 ab	0.157 a	0.033 abc	28.333 a	6.000 a	45.333 b	175.67 ab	106.67 b
0ppm Ca + 54ppm B	2.11 c	0.323 b	2.463 b	1.250 a	0.303 b	0.117 b	0.027 c	29.000 a	4.000 a	44.000 b	113.67 c	113.67 b
300ppm Ca + 162ppm B	2.25 bc	0.400 a	2.463 b	1.357 a	0.323 ab	0.160 a	0.040 a	29.667 a	5.000 a	63.333 a	153.67 b	131.00 ab
Promedio	2.48	0.367	2,528	1.32	0.328	0.144	0.034	29,143	5,048	46,524	168.86	122.72

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, 2002

Promedios con diferentes letras son altamente significativos mediante la Prueba de Comparación de Medias de Duncan.

Nivel de significación
0.05

Cuadro Nº 6: Efecto de la aplicación foliar de Ca y B sobre el contenido de elementos minerales en las hojas de fresa cv. Chandler en el período de alta producción (11/12/2002)

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Na %	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
Control	2.483 a	0.360 a	2.653 bc	1.150 ab	0.373 ab	0.157 b	0.027 a	26.333 bc	5.667 a	27.667 b	172.00 a	69.33 b
21ppm Ca+ 0.17ppm B	2.490 a	0.360 a	2.763 bc	1.190 ab	0.320 b	0.170 ab	0.027 a	28.000 ab	3.333 b	31.333 ab	162.00 ab	68.67 b
100ppm Ca + 54ppm B	2.470 a	0.380 a	2.550 bc	1.113 ab	0.330 b	0.160 ab	0.030 a	24.333 c	3.000 b	28.333 b	116.00 c	95.67 a
200ppm Ca + 108ppm B	2.437 a	0.367 a	3.117 a	1.177 ab	0.397 ab	0.153 b	0.020 a	27.333 abc	4.333 ab	33.000 a	132.67 bc	96.00 a
100ppm Ca + 0ppm B	2.500 a	0.373 a	2.867 ab	1.217 a	0.393 ab	0.187 a	0.020 a	30.333 a	4.000 ab	27.667 b	183.00 a	76.33 ab
0ppm Ca + 54ppm B	2.437 a	0.387 a	2.733 bc	1.093 b	0.327 b	0.173 ab	0.020 a	26.333 bc	4.333 ab	29.333 ab	152.33 ab	92.67 a
300ppm Ca + 162ppm B	2.463 a	0.383 a	2.517 c	1.177 ab	0.460 a	0.147 b	0.030 a	26.000 bc	3.667 b	28.333 b	184.67 a	94.00 a
Promedio	2,469	0.373	2,743	1.16	0.371	0.164	0.025	26,952	4,048	29,381	157.52	84.67

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, 2003

Promedios con diferentes letras son altamente significativos mediante la Prueba de Comparación de Medias de Duncan.

Nivel de significación

0.05

Cuadro Nº 7: Efecto de la aplicación foliar de Ca y B sobre el contenido de elementos minerales en las hojas de fresa cv. Chandler al final de la cosecha (20/02/2003)

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Na %	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
Control	1.783 a	0.373 ab	2.777 a	0.993 bc	0.357 a	0.207 a	0.063 a	20.333 a	5.667 abc	15.333 ab	206.00 b	90.00 b
21ppm Ca + 0.17ppm B	1.710 a	0.357 b	2.727 a	0.973 c	0.393 a	0.223 a	0.050 ab	22.000 a	8.333 a	14.667 ab	255.00 a	88.67 b
100ppm Ca + 54ppm B	1.777 a	0.343 b	2.793 a	0.980 bc	0.393 a	0.177 a	0.037 b	20.000 a	6.667 ab	12.667 b	201.33 bc	131.00 a
200ppm Ca + 108ppm B	1.753 a	0.353 b	2.760 a	1.090 b	0.403 a	0.180 a	0.043 ab	20.333 a	4.667 bc	14.667 ab	160.67 cd	91.67 b
100ppm Ca + 0ppm B	1.737 a	0.380 ab	2.770 a	1.233 a	0.370 a	0.200 a	0.037 b	20.333 a	4.000 bc	13.333 b	187.33 bcd	98.00 b
0ppm Ca + 54ppm B	1.737 a	0.350 b	2.350 b	0.953 c	0.363 a	0.210 a	0.040 b	20.667 a	4.667 bc	16.333 a	143.33 d	110.67 ab
300ppm Ca + 162ppm B	1.763 a	0.410 a	2.577 ab	0.990 bc	0.367 a	0.200 a	0.040 b	19.667 a	2.667 c	13.000 b	159.00 cd	87.67 b
Promedio	1,751	0.367	2,679	1,030	0.378	0.200	0.044	20,476	5,238	14,286	187.52	99.67

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, 2003

Promedios con diferentes letras son altamente significativos mediante la Prueba de Comparación de Medias de Duncan.

Nivel de significación

0.05

4.3.1 Tratamiento con aplicación de fertilizante foliar orgánico (T₁)

En este tratamiento se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de plena cosecha*, la concentración foliar de los macronutrientes aumenta con excepción de fósforo, magnesio y calcio que permanecen igual en comparación con el control (Gráfico N° 1). Respecto a los micronutrientes, el contenido foliar se mantiene invariable (Gráfico N° 2).

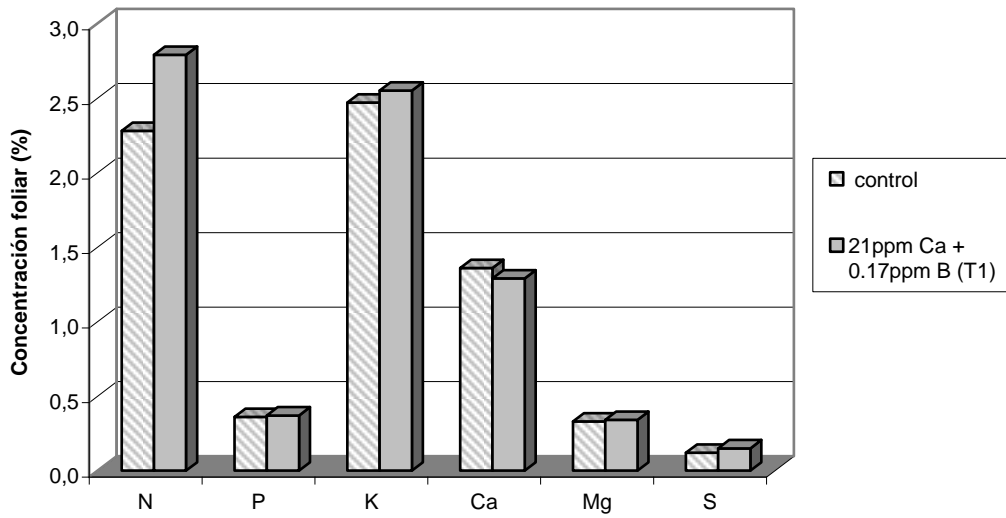
En el *período de alta producción*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% en el tratamiento, que el contenido de los macronutrientes en la hoja de fresa permaneció igual con respecto al control con excepción de azufre que aumentan y magnesio que disminuye (Gráfico N° 1). En el caso de los micronutrientes, la concentración foliar varía, así, zinc y manganeso aumentan mientras que Cu y Fe disminuyen y boro permanece igual (Gráfico N° 2). Esto se da por que la disminución del contenido de Ca afectó la concentración de Mg, S, K, Zn, B y por el bajo contenido de manganeso que afectó a K, S, Mg y Zn. El contenido foliar de Mn en T₁ y el testigo fueron bajos en este período para el rango del nivel óptimo. Asimismo, desde este período (Diciembre) hasta el final de la cosecha (Febrero) se dio una disminución en la concentración del Ca en todos los tratamientos.

En el gráfico N° 1 se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *final de la cosecha*, el contenido de macronutrientes en hojas de fresa no cambia con respecto al control con excepción de fósforo y calcio que disminuyen. Por otro lado, la concentración foliar de los micronutrientes permanece igual, sin embargo, cobre y Fe aumentan (Gráfico N° 2). Este resultado se debió a la interacción de nitrógeno con P, Ca, Fe, Mn. Así como por la disminución del contenido de Ca que afectó a: K, Cu, Fe, B. El bajo contenido de nitrógeno afectó a estos elementos minerales.

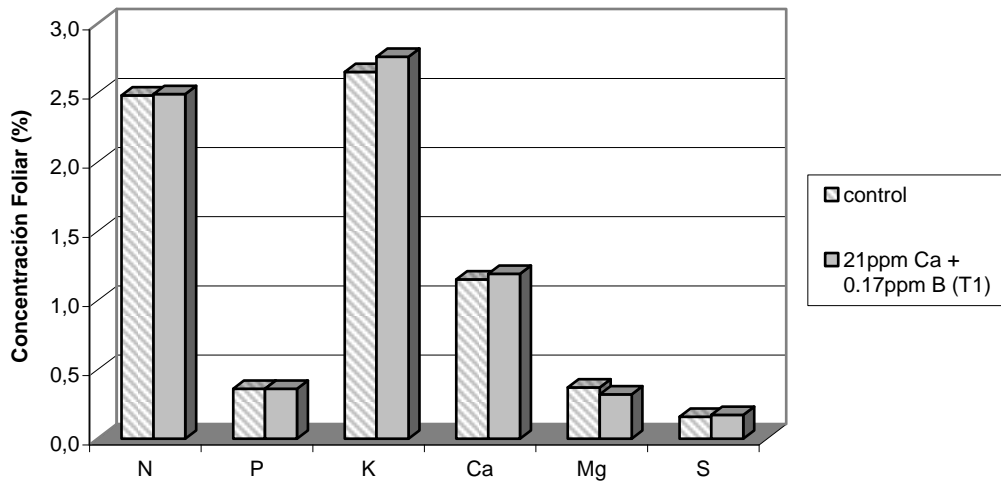
Los resultados obtenidos en los tres períodos de muestreo coinciden con los datos hallados por Clark (1991) en su estudio sobre la concentración de elementos minerales en hojas de maíz de plantas cultivadas con bajos niveles de elementos minerales en solución nutritiva. En este estudio además, se observa la deficiencia de B y su relación con otros elementos. De lo que se establece, que el alto contenido de B interacciona también con estos elementos pero de manera diferente. Así, el aumento de boro hace

Gráfico N° 1: Efecto de la aplicación foliar de 21ppm Ca y 0.17 ppm B (T1) sobre el contenido de macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)

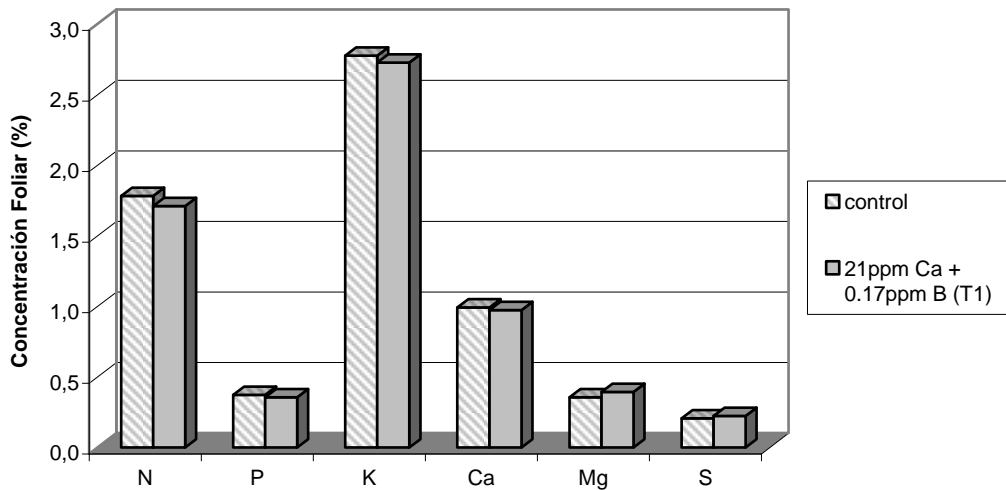
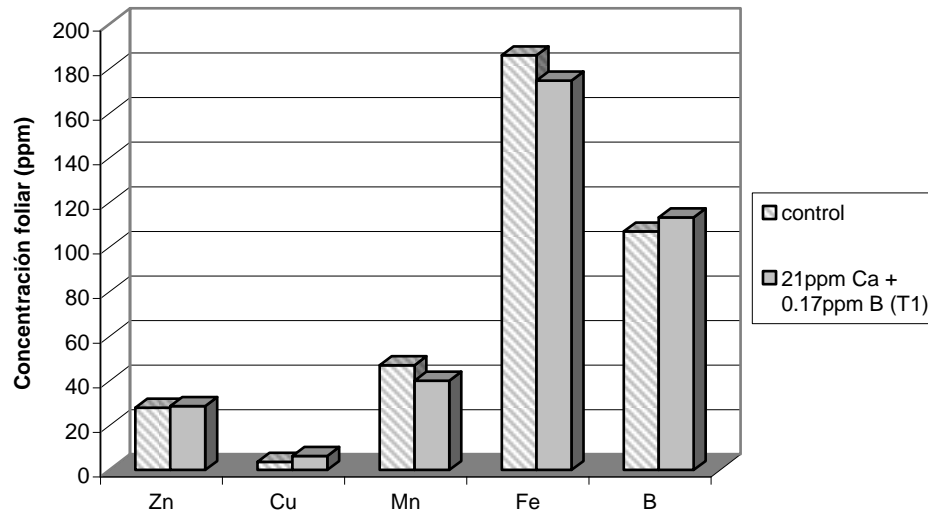
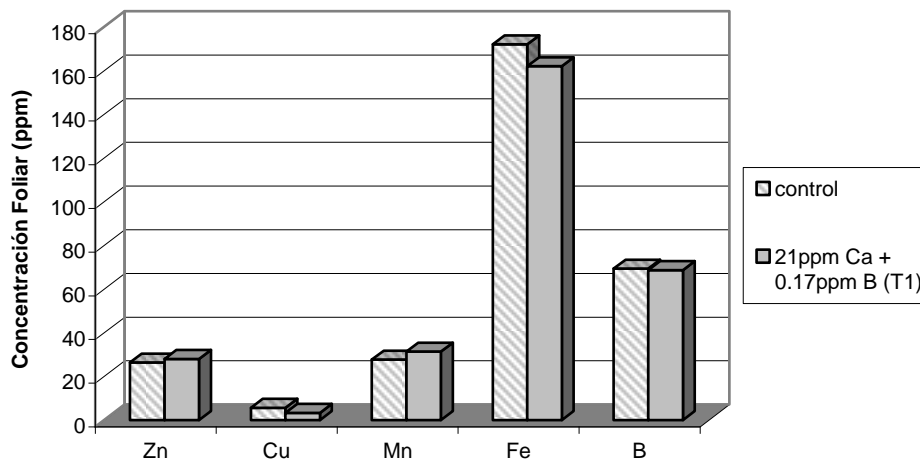


Gráfico N° 2: Efecto de la aplicación foliar de 21ppm Ca y 0.17 ppm B (T1) sobre el contenido de los micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

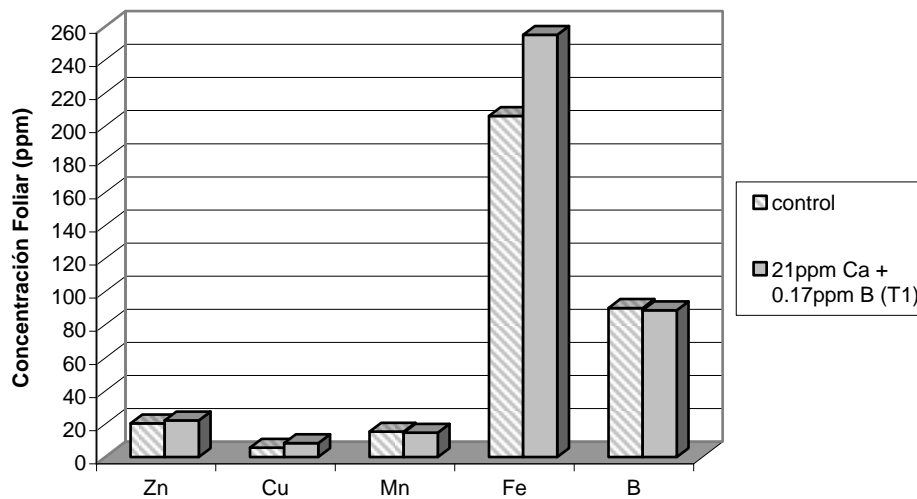
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



que aumente la concentración de fósforo en la hoja, pero en el caso de deficiencia disminuye, esto está de acuerdo también por lo dicho por (Power y Woods, 1997 citado por Yamada, 2000).

4.3.2 Tratamiento con aplicación de 100 ppm Ca + 54 ppm B (T₂)

En el *período de plena cosecha* se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en T₂ se da un aumento en la concentración foliar de los macronutrientes con excepción del fósforo y de calcio que no cambian con respecto al control (Gráfico N° 3). En el caso de los micronutrientes, la concentración foliar se mantiene invariable con excepción de boro que aumenta (Gráfico N° 4).

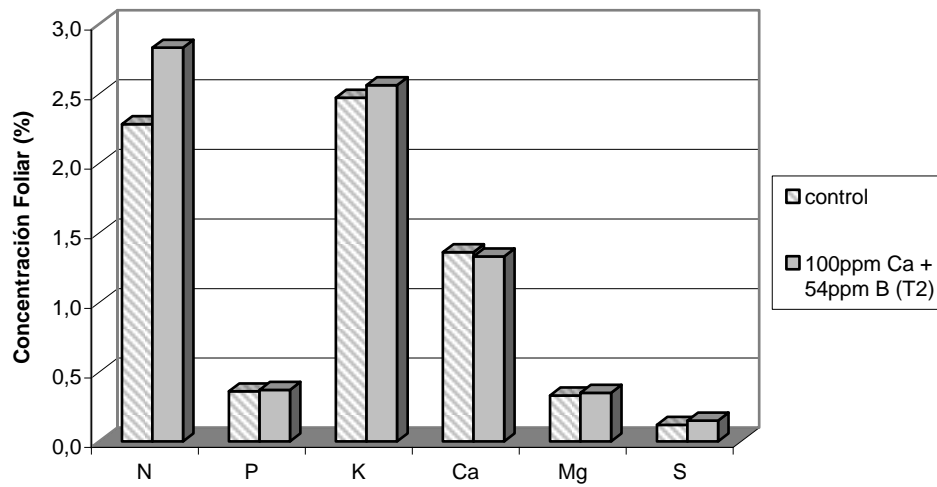
Se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de alta producción* en el tratamiento la concentración foliar de los macronutrientes se mantuvo invariable con respecto al control con excepción de magnesio que disminuyó (Gráfico N° 3). Por otro lado, el contenido foliar de los micronutrientes disminuye, sin embargo, B aumenta y Mn no cambia (Gráfico N°4). Esto se debió a que el contenido de K fue alto y esto afectó la concentración foliar de: Ca, Mg, Zn, Mn, Fe. También el alto contenido de boro afectó la concentración foliar de elementos minerales como: S, Ca, Mg, Fe. Así como por la disminución de la concentración de Ca que afectó a: Mg, B, K. El contenido foliar de K en T₂ y el testigo fueron altos en este período y al final de la cosecha para el rango del nivel óptimo.

Blatt (1976) encontró que el aumento de la concentración de B en la hoja de fresa cv. “Redcoat” y K68-108 al punto de máximo crecimiento vegetativo, produjo que la concentración de Ca en la hoja se incrementara mientras que el K de la hoja decreció. Pero en el cultivar “Midway”, el incremento de B en la hoja produjo que el crecimiento disminuyera en el tratamiento en el que se aplicó 5 y 25 ppm de fósforo, así el Ca de la hoja disminuyó y el K de la hoja aumentó.

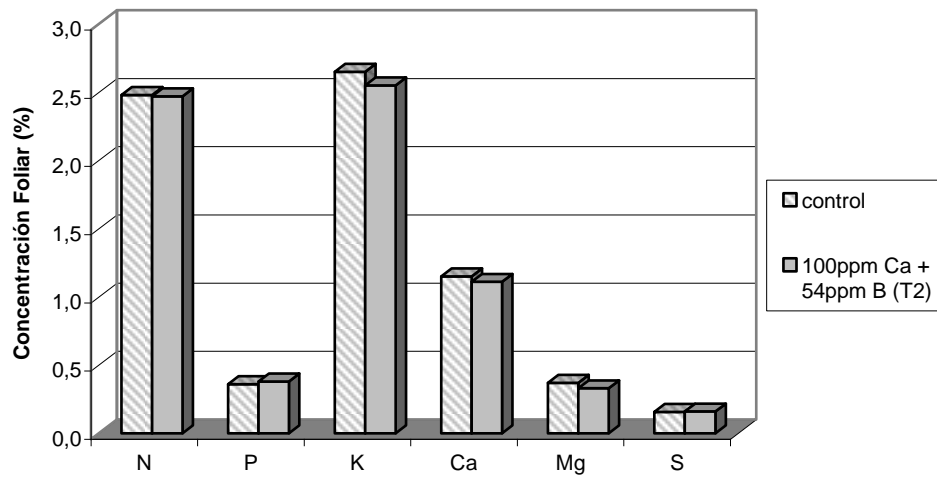
Al *final de la cosecha*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en el tratamiento la concentración de los macronutrientes en las hojas de fresa se mantiene invariable con respecto al control con excepción de fósforo que disminuye (Gráfico N° 3). En el caso de los micronutrientes, la concentración foliar varía, así cobre

Gráfico N° 3: Efecto de la aplicación foliar de 100 ppm Ca y 54 ppm B (T2) sobre el contenido de los macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)

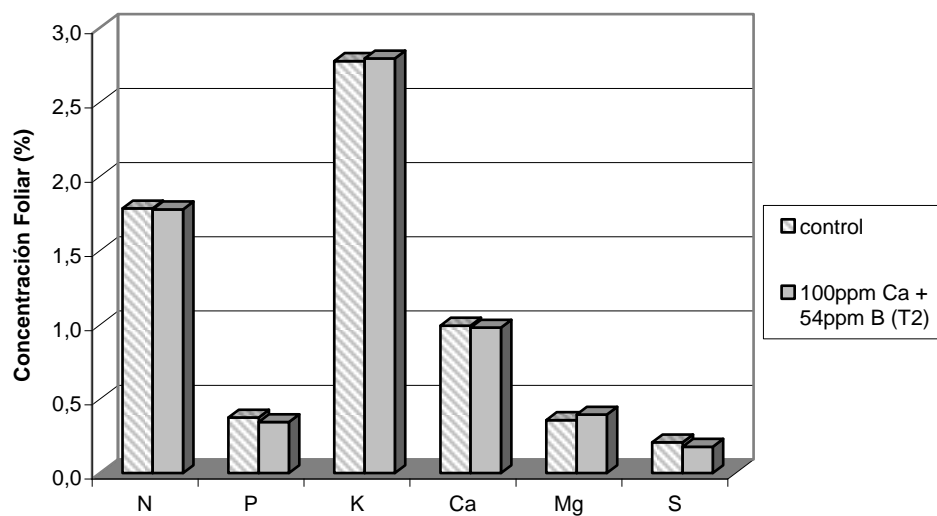
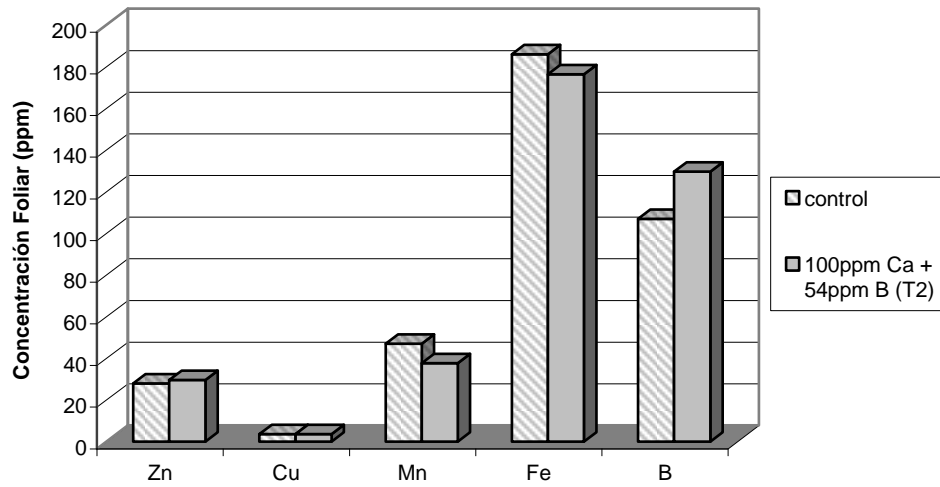
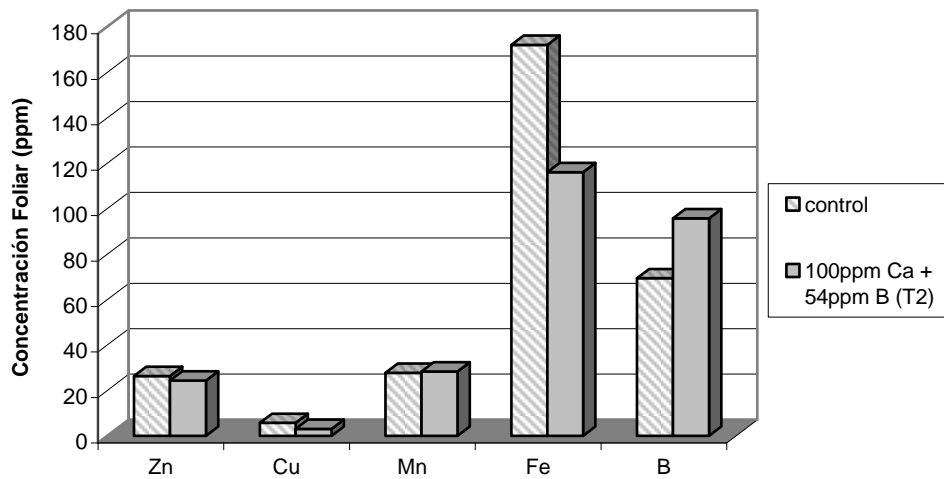


Gráfico N° 4: Efecto de la aplicación foliar de 100 ppm Ca y 54 ppm B (T2) sobre el contenido de los micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

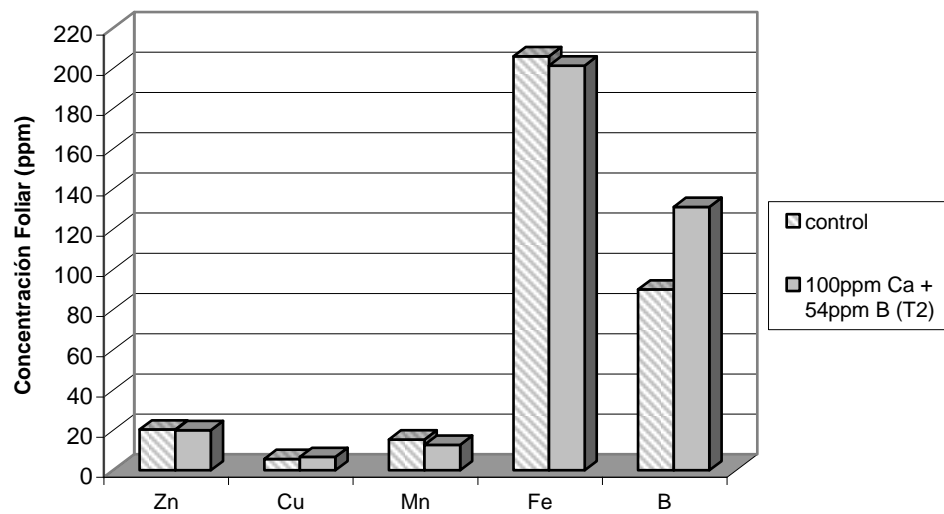
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



y B aumentan mientras que Mn y Fe disminuyen y zinc no cambia (Gráfico N° 4). Esto se dio porque el alto contenido de potasio afectó el contenido foliar de P, Mn, N, Ca Fe. Así como por el efecto de la disminución del contenido foliar de Ca que varió la concentración de los elementos como: K, Cu, B y por el alto contenido de B que afectó a: Ca, Mn, Fe.

Los datos que se obtienen en las tres etapas fenológicas coinciden con los hallados en el estudio de Clark, (1991). En su estudio además, se observa la deficiencia de K y B y su relación con otros elementos minerales en las hojas de fresa. De esto se desprende que el alto contenido foliar de K y B interaccionan con estos mismos elementos pero de manera diferente. El boro influye y puede controlar la tasa en la cual los aniones y cationes son tomados por la planta, (Muckle, 1993).

4.3.3 Tratamiento con aplicación de 200 ppm Ca + 108 ppm B (T₃)

En el gráfico N° 5 se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de plena cosecha* en T₃ se da un aumento en la concentración foliar de los macronutrientes con excepción de calcio, magnesio y fósforo que no cambian con respecto al control. En el caso de los micronutrientes, el contenido foliar permanece invariable con excepción de Fe y B que aumentan (Gráfico N° 6).

Para el *período de alta producción*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%, que en el tratamiento la concentración foliar de los macronutrientes no cambia en comparación con el control, sin embargo, potasio aumenta (Gráfico N° 5). Con respecto a los micronutrientes, se da un aumento en la concentración foliar, con excepción de Cu y Fe que disminuyen (Gráfico N° 6). Esto se dio por que el contenido foliar de Mn y Ca disminuyó y esto produjo que la concentración de los otros elementos variara como: K, B y Zn. El contenido foliar de Mn en T₃ y el testigo fueron bajos en este período para el rango del nivel óptimo.

En este período la temperatura aumento por el inicio del verano esto afectó a la solución nutritiva y a la absorción de calcio. Lo que produjo una disminución en el contenido foliar de Ca.

Gráfico N° 5: Efecto de la aplicación foliar de 200 ppm Ca + 108 ppm B (T3) sobre el contenido de los macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

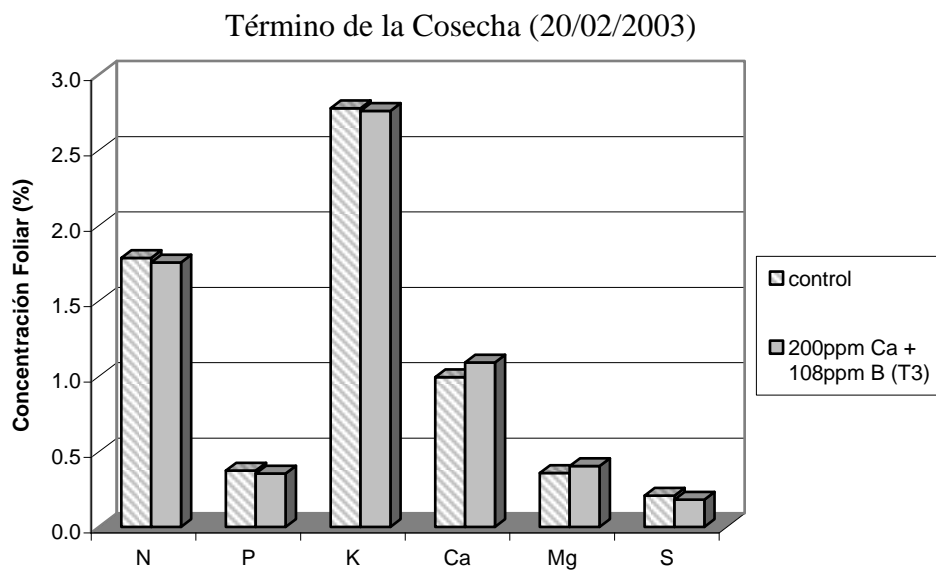
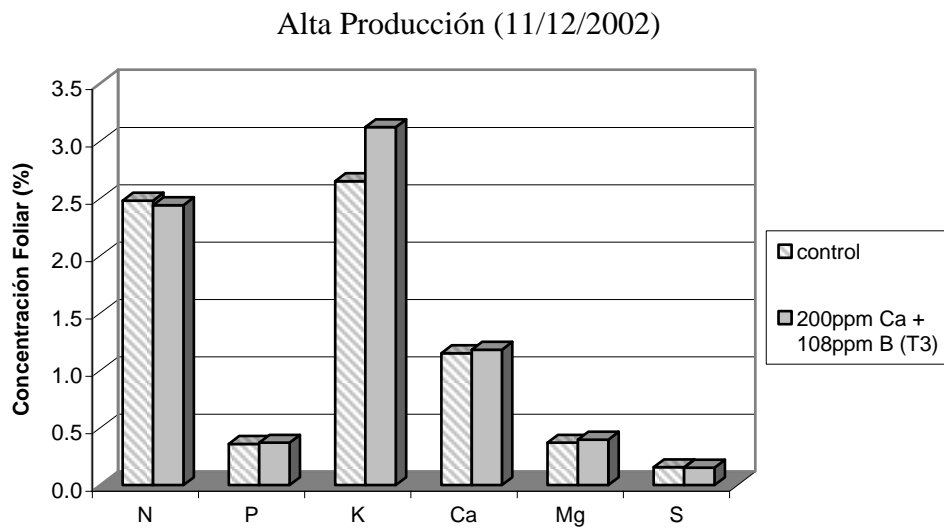
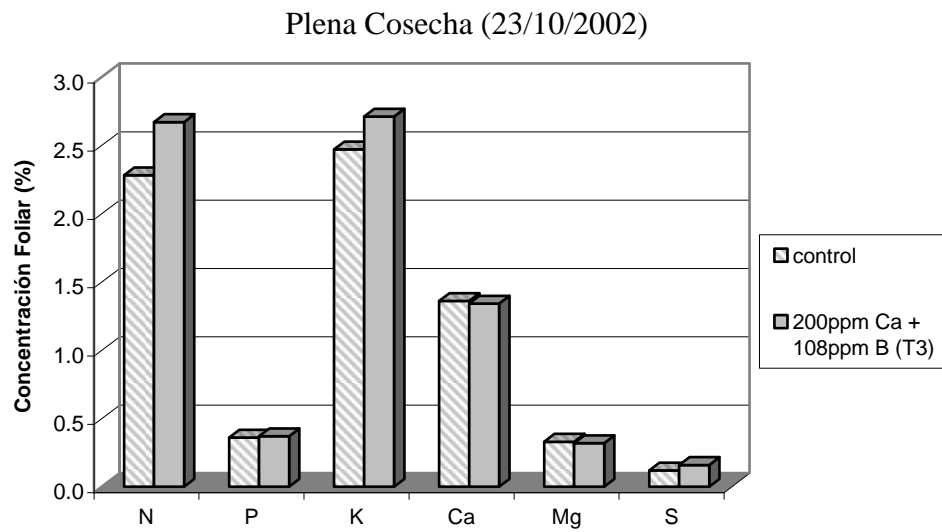
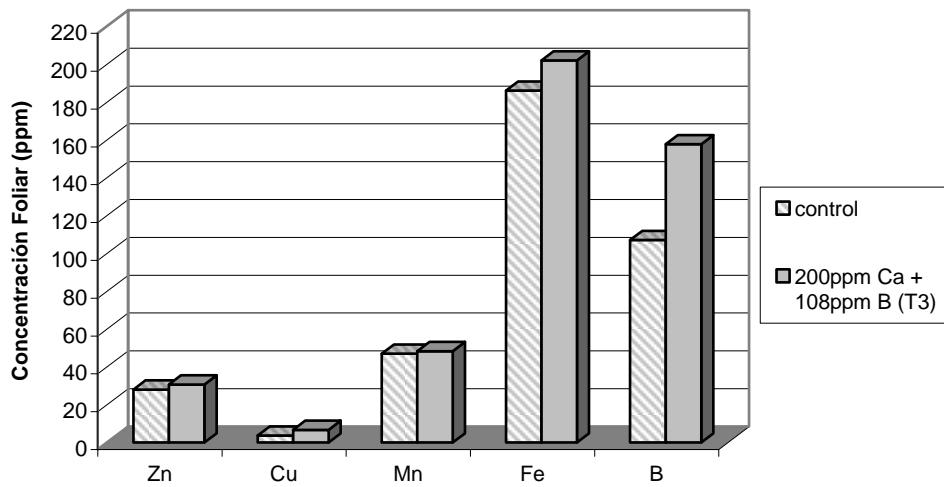
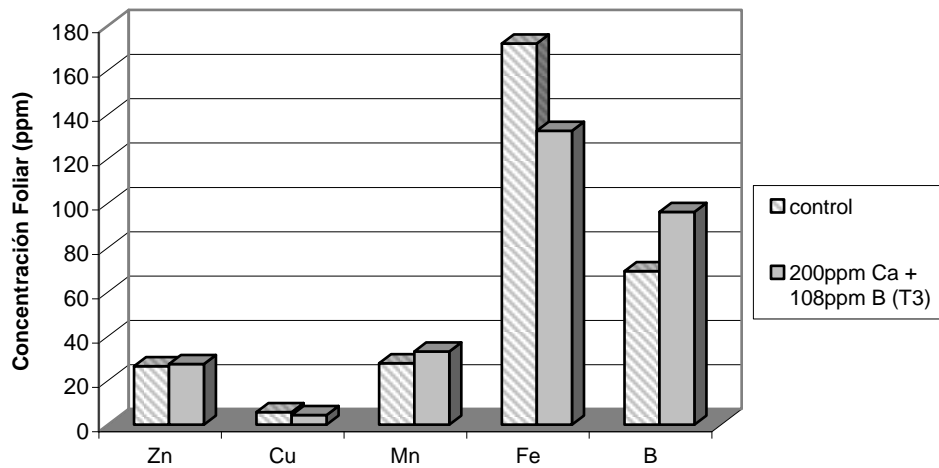


Gráfico N° 6: Efecto de la aplicación foliar de 200 ppm Ca + 108 ppm B (T3) sobre el contenido de los micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

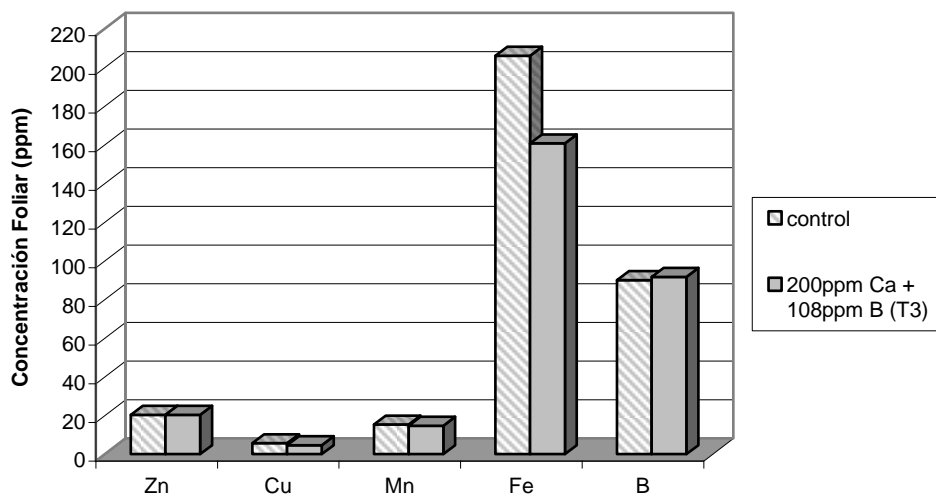
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



En el *período de término de cosecha*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%, que en el tratamiento el contenido foliar de los macronutrientes permanece invariable en comparación con el control con excepción de calcio que aumenta y fósforo que disminuye (Gráfico N° 5). Respecto a los micronutrientes, la concentración foliar no cambia, sin embargo, Cu y Fe disminuyen (Gráfico N° 6). Esto se dio por el efecto del alto contenido foliar de potasio y la baja concentración de nitrógeno. En el caso de K afectó a: P, Ca, Fe, Mn, N y el nitrógeno afectó a: P, Ca, Cu, Mn. El contenido foliar de K en T₃ y el testigo fueron altos en este período para el rango del nivel óptimo.

Lo hallado en los resultados para los tres períodos de muestreo coincide con lo mencionado en el estudio de Clark, (1991). Además, en este estudio se observa la deficiencia de potasio y su relación con otros elementos. De lo que se establece, que el alto contenido de K interacciona también con estos elementos, pero de manera diferente. Así, la deficiencia de calcio, se refleja en el análisis de tejidos por aumento de potasio y disminución de calcio en todas partes de la planta, salvo en el tronco y raíces principales, consecuencia de la escasa movilidad del Ca, (Morín, 1985 citado por Velarde, 2000).

4.3.4 Tratamiento con aplicación de 100 ppm Ca (T₄)

En este tratamiento se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de plena cosecha*, el contenido foliar de los macronutrientes permanece igual en comparación con el control con excepción de nitrógeno y azufre que aumentan (Gráfico N° 7). Con respecto a los micronutrientes, la concentración foliar en general se mantiene invariable (Gráfico N° 8).

En el gráfico N° 7 se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de alta producción* en T₄, la concentración de los macronutrientes en las hojas de fresa como de Ca, K y S aumentan mientras que de N, P y Mg no cambian con respecto al control. En el caso de los micronutrientes, el contenido foliar varía, así B y Zn aumentan mientras que Fe y Mn permanecen igual y cobre disminuye (Gráfico N°8). Esto se da por la interacción de manganeso con K, S, Zn y B. Así como por la disminución de la concentración foliar de Ca que afectó a: K, S, Zn y B. El contenido

Gráfico N° 7: Efecto de la aplicación foliar de 100 ppm Ca + 0 ppm B (T4) sobre el contenido de macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

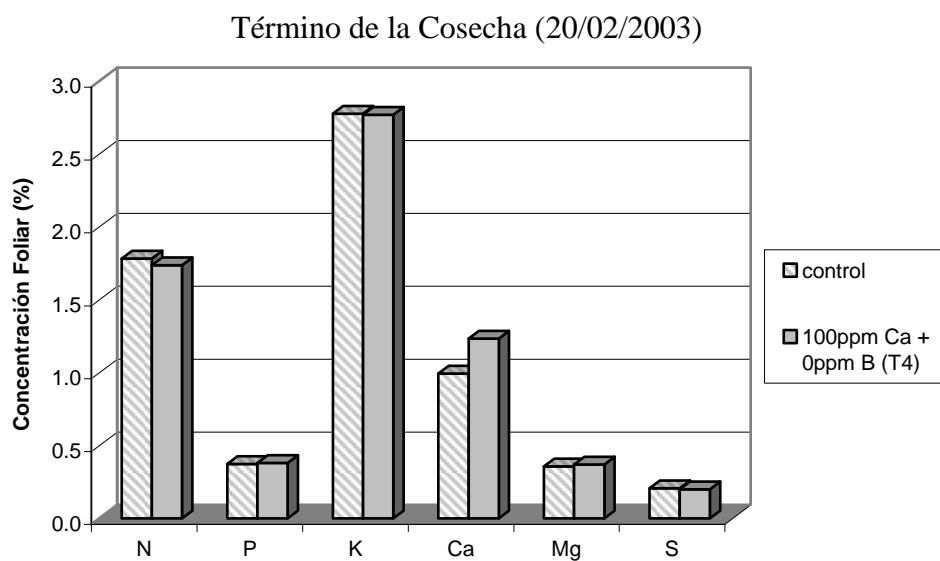
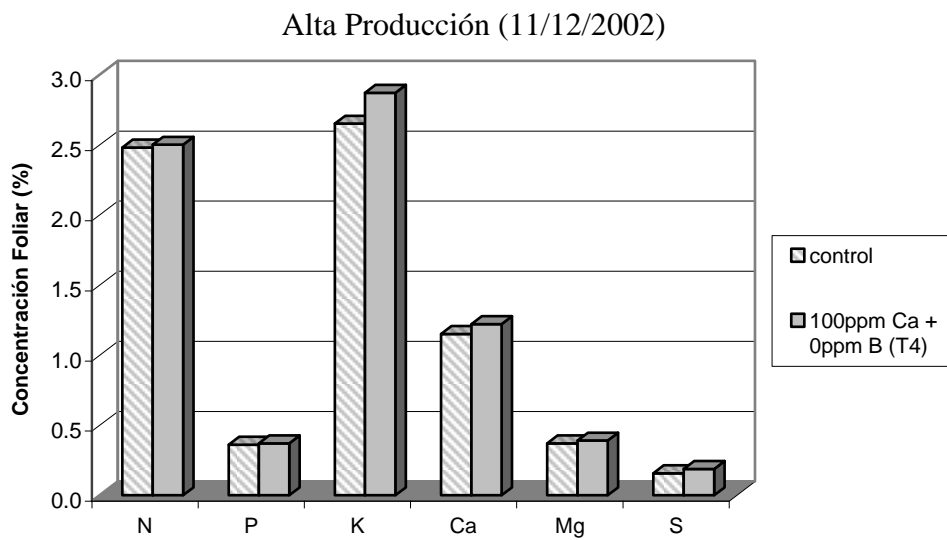
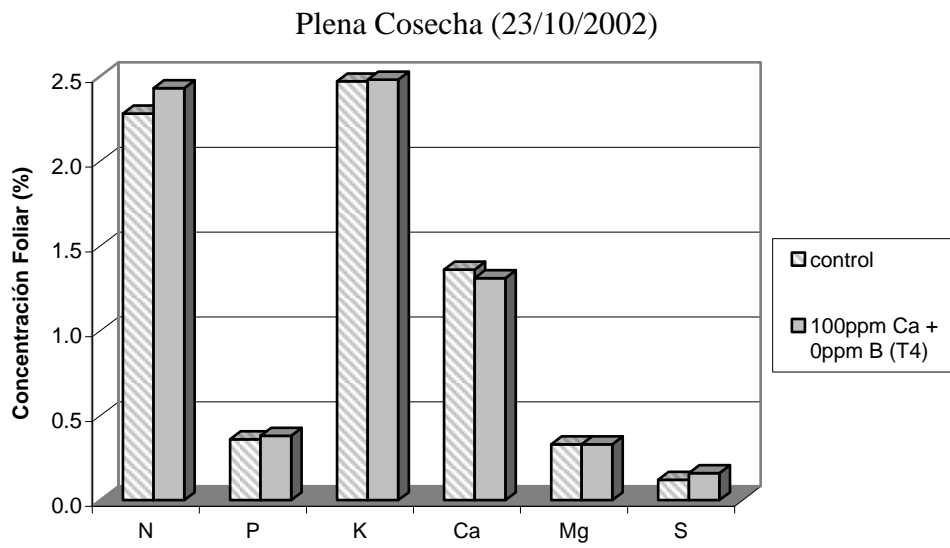
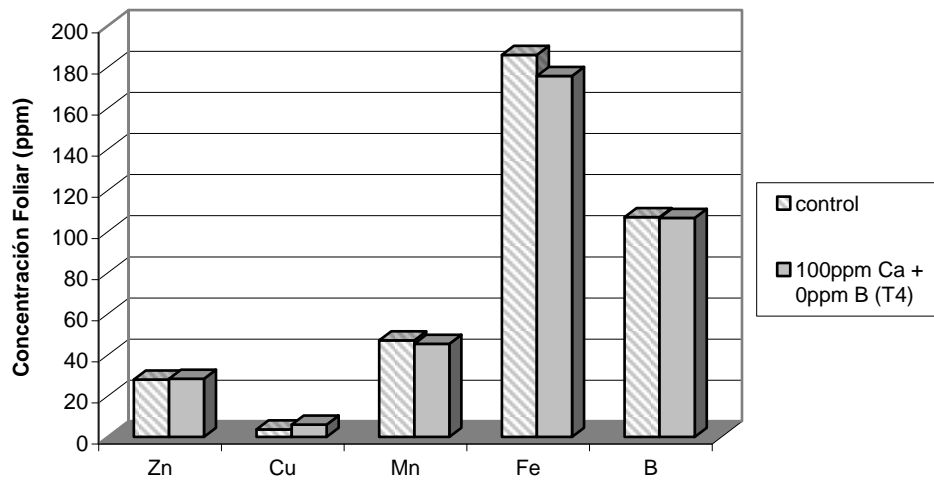
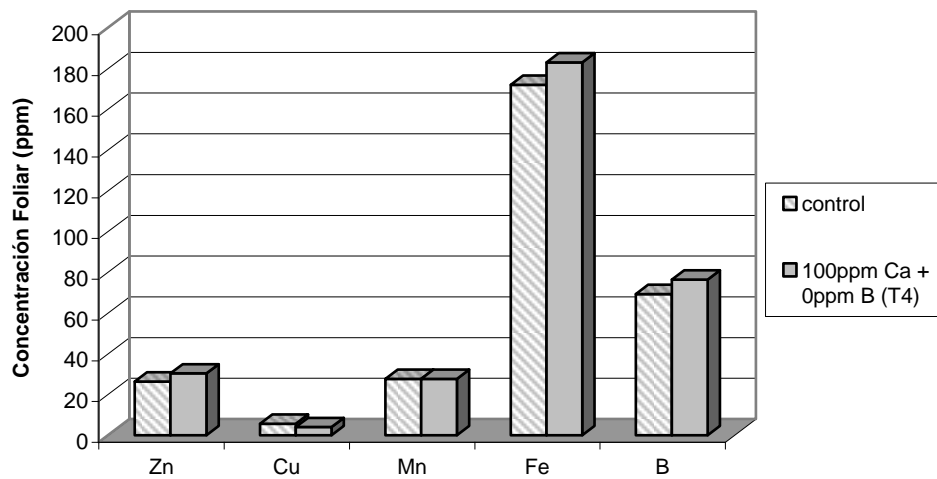


Gráfico N° 8: Efecto de la aplicación foliar de 100 ppm Ca + 0 ppm B (T4) sobre el contenido de micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

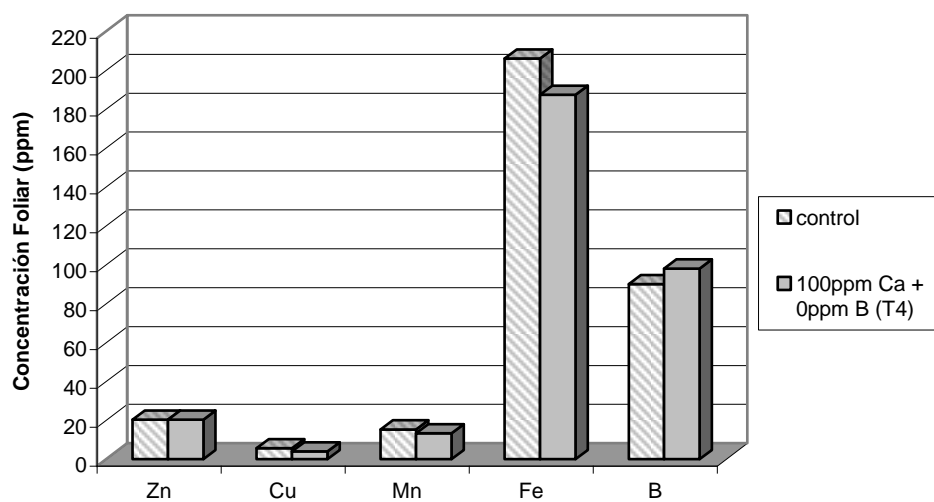
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



foliar de Mn en T₄ y el testigo fueron bajos en este período para el rango del nivel óptimo, lo que afectó a estos nutrientes.

El sinergismo es un hecho normal de la interacción entre iones durante la absorción. Se puede observar estimulación de la absorción de cationes por aniones y viceversa. Un ejemplo típico de sinergismo, es la estimulación de la absorción de cationes y aniones por efecto del Ca, (Martínez, 1993). Este efecto precisa concentraciones relativamente bajas de Ca⁺² y a concentraciones más elevadas antagoniza la absorción de otros cationes, (Guardiola y García, 1990).

Para el *término de cosecha*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% en el tratamiento, que el contenido de los macronutrientes en las hojas de fresa se mantiene invariable con respecto al control con excepción de calcio que aumenta (Gráfico N° 7). Por otro lado, entre los micronutrientes, el contenido foliar disminuye, sin embargo, boro y Zn permanecen igual (Gráfico N° 8). Esto se debe a la alta concentración de K lo que afectó al N, Ca, Fe y Mn. El contenido foliar de K en T₄ y el testigo fueron altos en este período para el rango del nivel óptimo.

Los resultados obtenidos en las tres etapas fenológicas coinciden con los datos hallados por Clark, (1991) en su estudio. En este estudio, además, se observa la deficiencia de K y B y su efecto en otros elementos minerales. De lo que se establece que el alto contenido de B y K interaccionaron con los mismos elementos pero de modo diferente. Así, la presencia de boro mejora la toma de cationes, (Horacio Sosa, 1999) y limita la toma de aniones (Muckle, 1993).

4.3.5 Tratamiento con aplicación de 54 ppm B (T₅)

En el *período de plena cosecha* se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en el tratamiento, la concentración foliar de los macronutrientes como de N, P y Mg disminuyen mientras que de K, Ca y S permanecen igual con respecto al control (Gráfico N° 9). En el caso de los micronutrientes, el contenido foliar se mantiene invariable con excepción de Fe que disminuye (Gráfico N° 10).

Gráfico N° 9: Efecto de la aplicación foliar de 0 ppm Ca + 54 ppm B (T5) sobre el contenido de macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

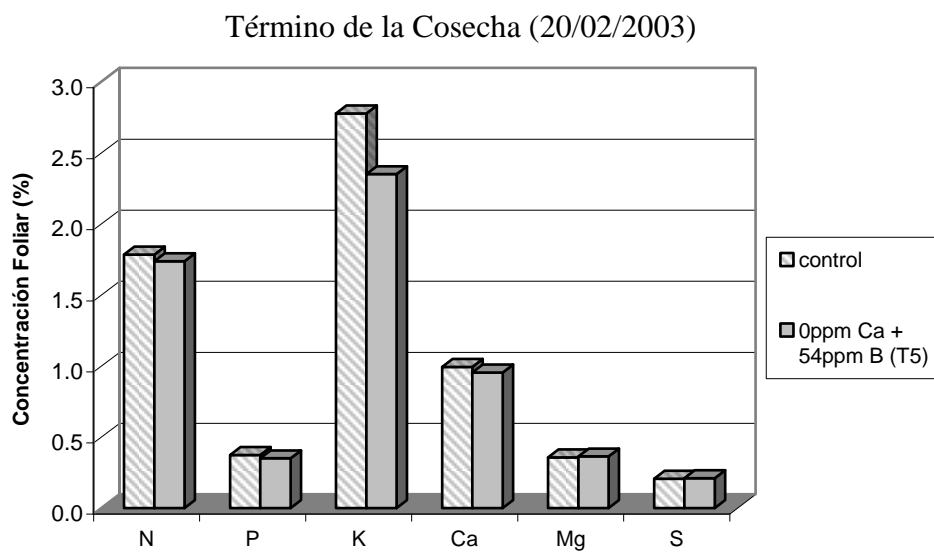
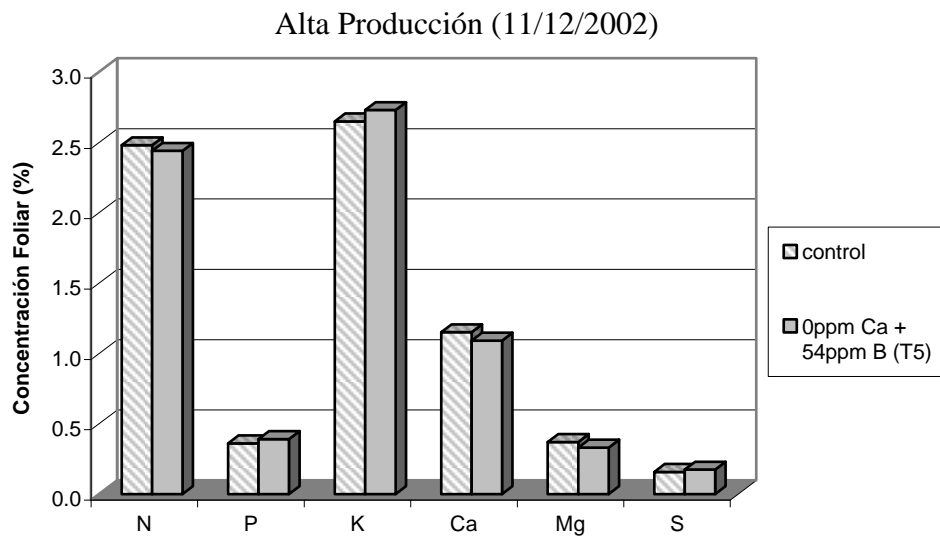
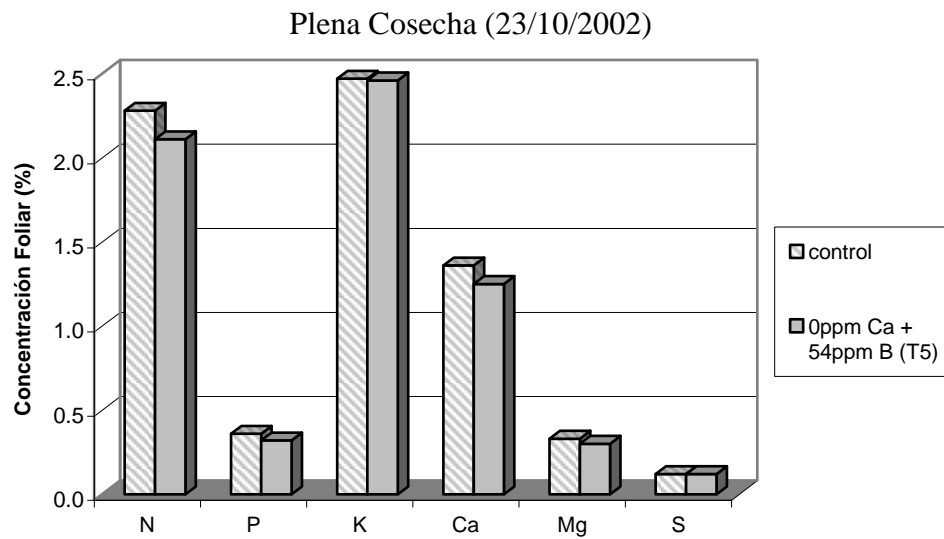
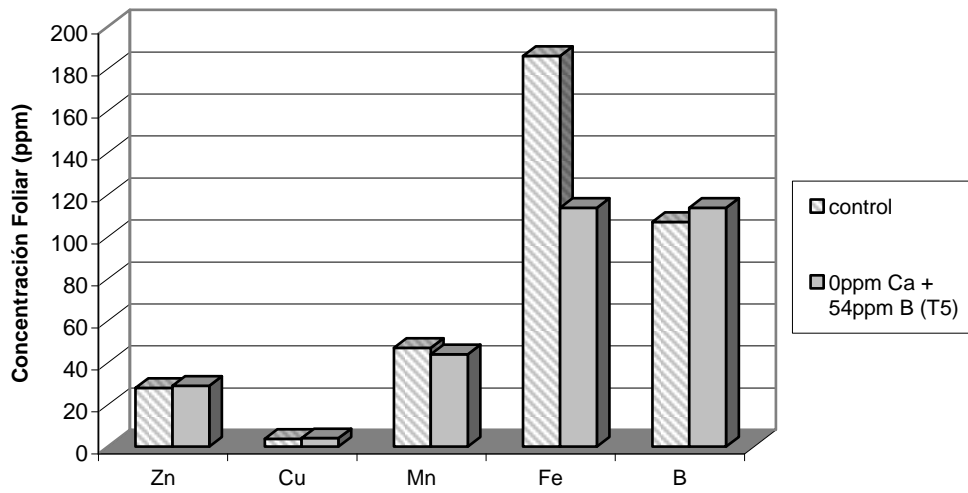
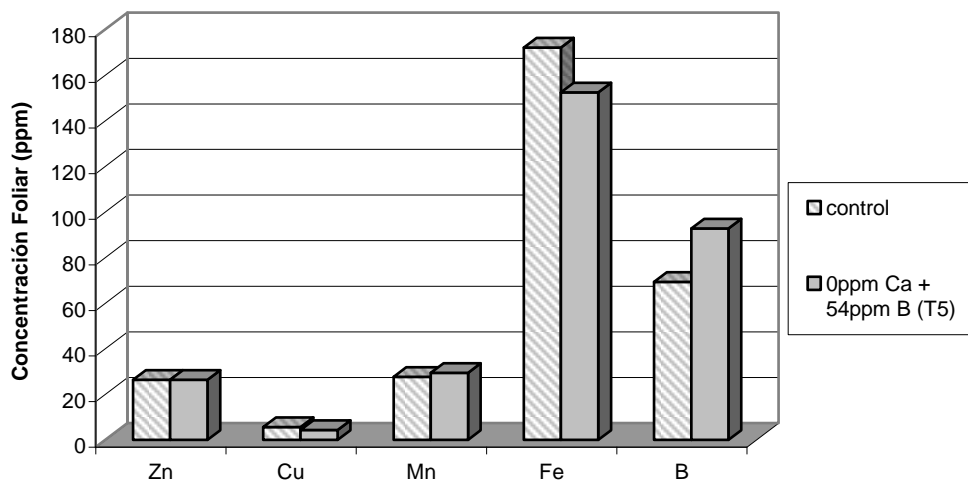


Gráfico N° 10: Efecto de la aplicación foliar de 0 ppm Ca + 54 ppm B (T5) sobre el contenido de micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

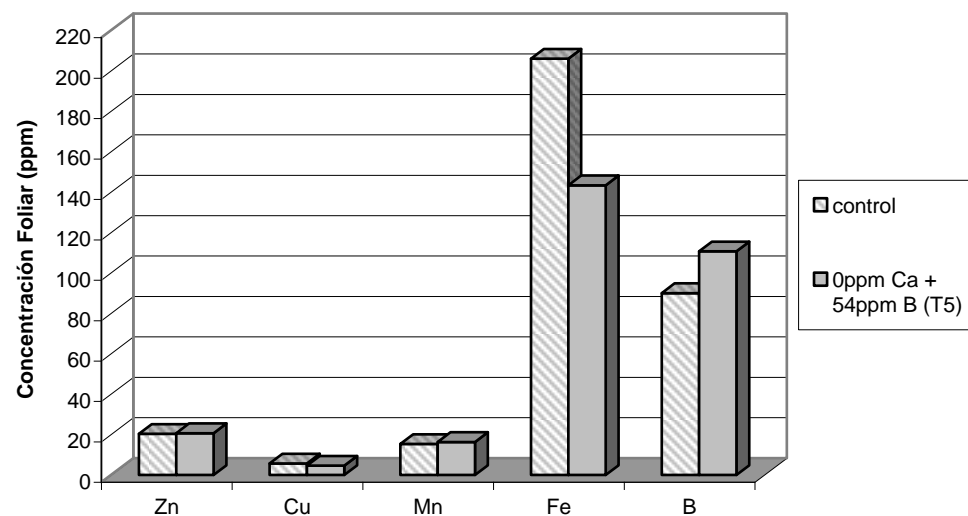
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



En el gráfico N° 9 se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en T₅ para el *período de alta producción*, el contenido de los macronutrientes en hojas de fresa no cambia en comparación con el control con excepción de Ca y Mg que disminuyen y de azufre que aumenta. Por otro lado, el contenido foliar de los micronutrientes varía, así Mn y B aumentan mientras que Cu y Fe disminuyen y Zn permanece igual (Gráfico N° 10). Lo que resultó por la interacción de B con Ca, Mg, S, Mn y Fe. Así como a la interacción de K con Ca, Mg, Fe, Mn y además al de Mn con K, Mg, B, S. El alto contenido de B y K afectaron estos elementos. El contenido foliar de Mn en T₅ y el testigo fueron bajos en este período para el rango del nivel óptimo lo que afectó a estos nutrientes.

En este tratamiento se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período del término de cosecha*, la concentración foliar de los macronutrientes como de K, P y Ca disminuyen mientras que de Mg, S y N se mantienen invariables en comparación con el control (Gráfico N° 9). Con respecto a los micronutrientes, el contenido foliar varía, así boro y manganeso aumentan mientras que Cu y Fe disminuyen y Zn permanece igual (Gráfico N° 10). Esto se da por que el bajo contenido de nitrógeno afectó a: P, Ca, Cu, Mn. También por el alto contenido de B que afectó a: Ca, Mn, Fe y además por el alto contenido de potasio que afectó a: N, P, Ca y Fe. El contenido foliar de K en T₅ y el testigo fueron altos en este período para el rango del nivel óptimo.

Los resultados obtenidos en los diferentes períodos coinciden con los datos obtenidos por Clark (1991) en su estudio. En este estudio además, se observa la deficiencia de K y B y su relación con otros elementos. De lo que se desprende, que el alto contenido de K y B deben interaccionar con la mayoría de estos elementos, pero de manera diferente. Así, el boro cambia la actividad de la membrana lo cual afecta el transporte iónico de nutrientes esenciales tal como K, Ca, y Mg, (Gascho, 1994).

4.3.6 Tratamiento con aplicación de 300 ppm Ca + 162 ppm B (T₆)

En este tratamiento se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que para el *período de plena cosecha*, la concentración foliar de los macronutrientes se mantiene invariable con respecto al control, sin embargo, fósforo y azufre aumentan

(Gráfico N° 11). En el caso de los micronutrientes, el contenido foliar varía, así Mn y B aumentan mientras que Zn y Cu no cambian y Fe disminuye (Gráfico N° 12). Esto se dio por que el alto contenido de boro afectó el contenido foliar de los elementos minerales como: P, S, Fe.

En el *período de alta producción*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en T₆ la concentración foliar de los macronutrientes no cambia en comparación con el control con excepción de Mg que aumenta y K que disminuye (Gráfico N° 11). Por otro lado, el contenido foliar de los micronutrientes permanece invariable, con excepción de B que aumenta y Cu que disminuye (Gráfico N° 12).

Al *final de la cosecha*, se observa de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% que en T₆, el contenido de los macronutrientes en la hoja de fresa se mantiene invariable, con excepción de potasio que disminuye y fósforo que aumenta en comparación con el control (Gráfico N° 11). Con respecto a los micronutrientes, se da una disminución en el contenido foliar en casi todos los elementos, sin embargo, Zn y B permanecen igual (Gráfico N° 12). Esto se debió a la interacción entre B y los elementos como: P, Ca, Mn, Fe. Así como a la interacción de K con N, Mn, Fe y además al de N con Ca, Cu, Mn. El boro y potasio afectaron a estos elementos por su alta concentración foliar y el nitrógeno debido a su bajo contenido foliar. La concentración foliar de K y B en T₆ y el testigo fueron altos en este período para el rango del nivel óptimo.

Estos datos obtenidos en los diferentes períodos coinciden con los hallados por Clark (1991) en su estudio. Además, en este estudio se observa la deficiencia de B y K y su relación con otros elementos. De lo que se desprende, que el alto contenido de B y K interaccionan con los mismos elementos pero de manera diferente. Así, el boro cuando está en exceso afecta la concentración de manganeso disminuyéndola. En el caso de deficiencia lo aumenta. Esto coincide también con lo dicho por Clark, (1991) en sus datos referentes a los patrones de modificación de los elementos minerales en hojas y raíces de sorgo cuando hay exceso de algunos elementos en las soluciones nutritivas.

Gráfico N° 11: Efecto de la aplicación foliar de 300 ppm Ca + 162 ppm B (T6) sobre el contenido de macronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

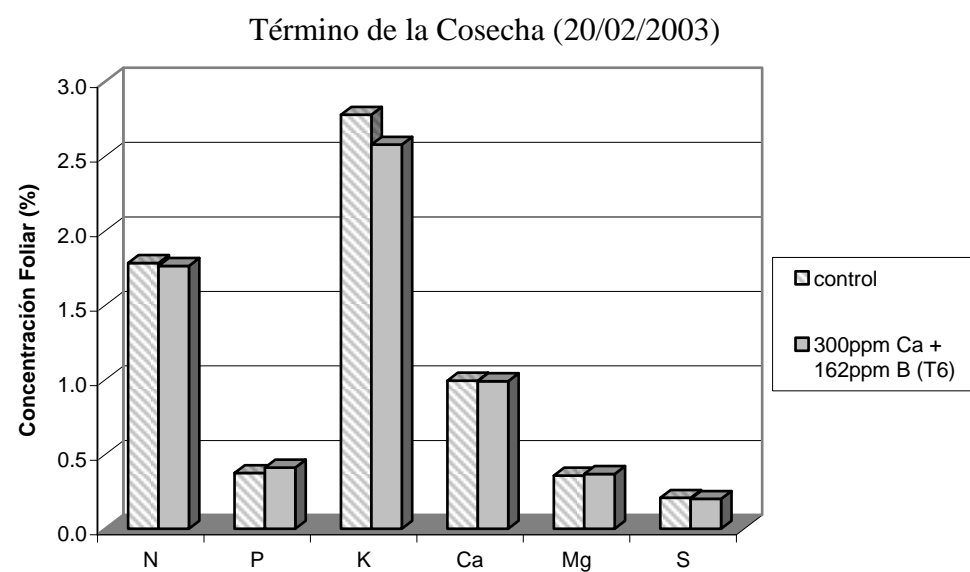
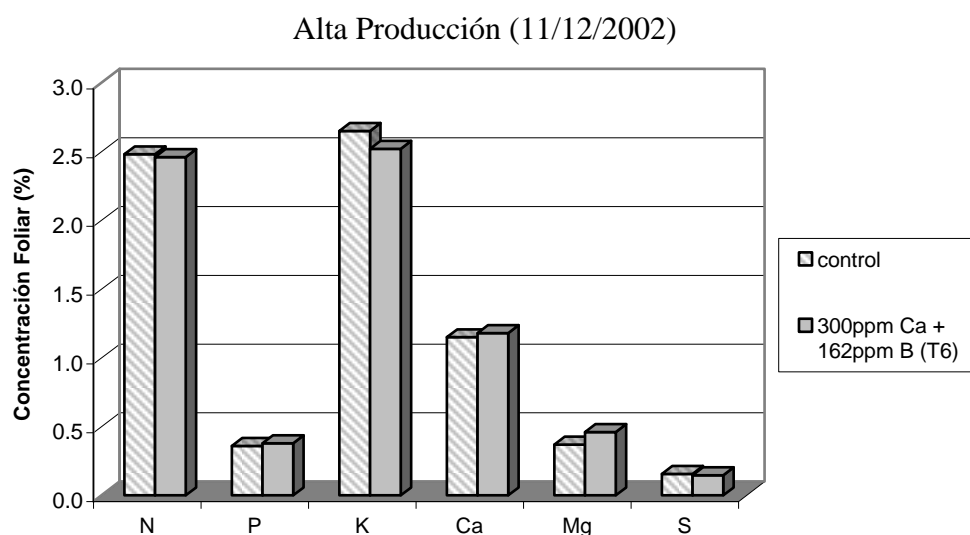
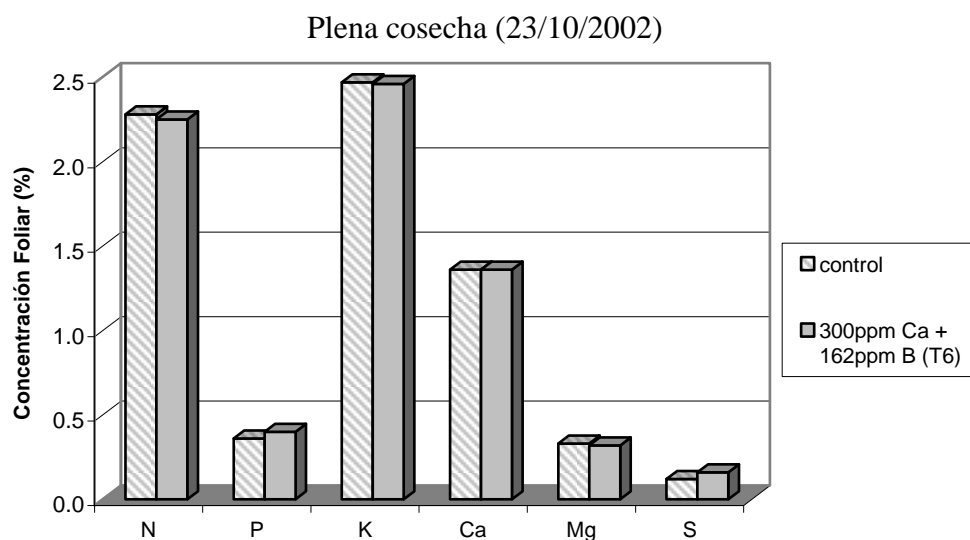
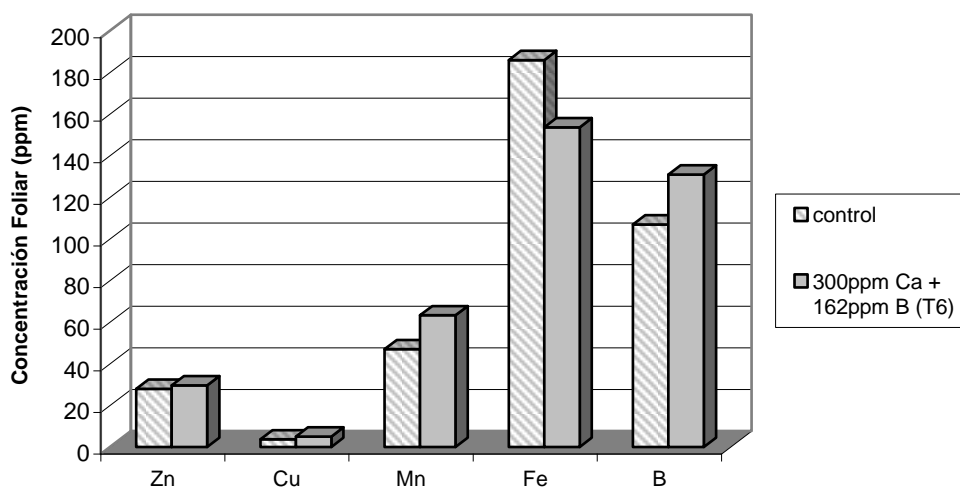
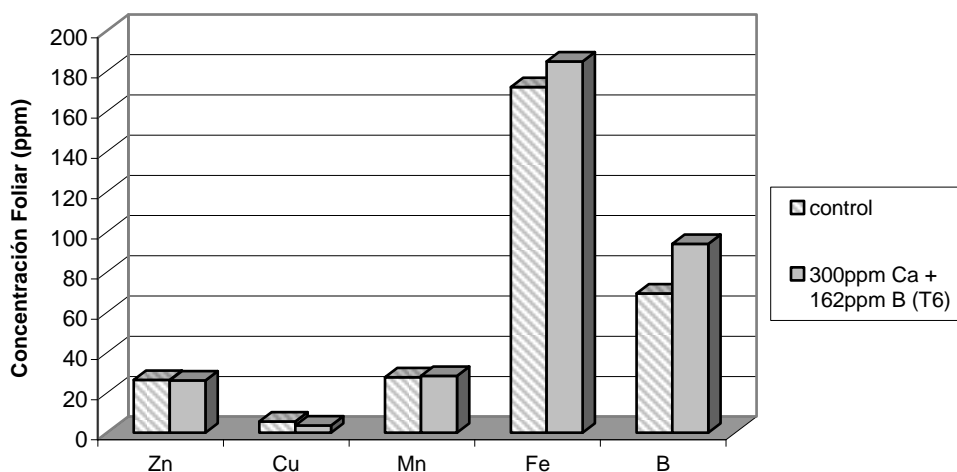


Gráfico N° 12: Efecto de la aplicación foliar de 300 ppm Ca + 162 ppm B (T6) sobre el contenido de micronutrientes en las hojas de fresa en tres períodos

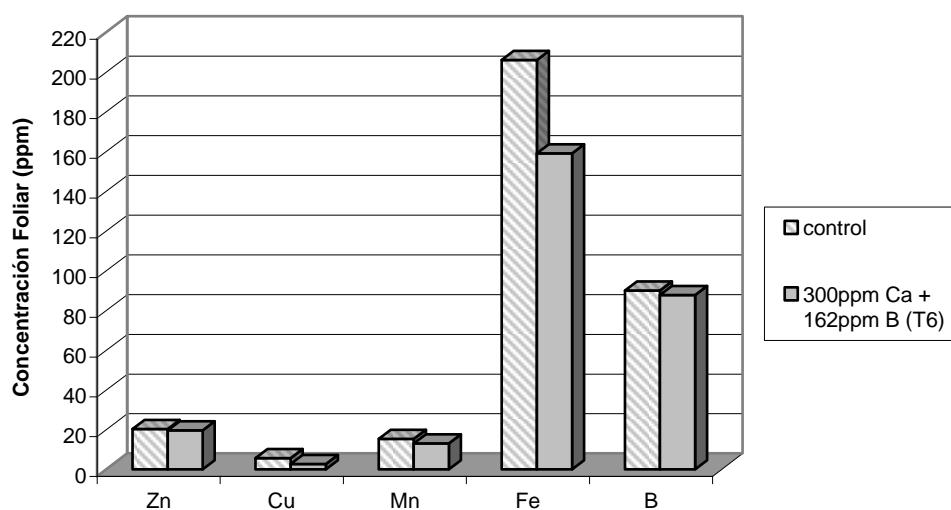
Plena Cosecha (23/10/2002)



Alta Producción (11/12/2002)



Término de la Cosecha (20/02/2003)



4.4 Evaluación de las Variables Biométricas:

4.4.1 Peso seco y fresco de la parte aérea (g/ planta)

En relación al peso seco de la parte aérea no se ha encontrado diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 19.71%. La prueba estadística de Duncan al 5% comprueba que no existen diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, de los promedios obtenidos se tiene que los mayores valores de peso seco de la parte aérea corresponde a las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca (tratamiento 4) (27.27 g/planta) y a las plantas del tratamiento control (26.77 g/planta). La aplicación foliar de Ca permite una mayor absorción por la raíz de calcio, y este elemento está relacionado con el transporte de auxinas (Alberto, 2000), estas hormonas son responsables del crecimiento de la parte aérea de las plantas (Stoller, 1997), por lo que se da un mayor desarrollo vegetativo en T₄ y los menores valores corresponden a las plantas en las que se aplicó 300 ppm Ca + 162 ppm B (tratamiento 6) (19 g/planta) y en las que se aplicó 200 ppm Ca + 108 ppm B (tratamiento 3) (19.47 g/planta). Ello posiblemente se debió a que los nutrientes pueden haber interactuado a nivel de su papel en el metabolismo celular (Martínez, 1993). Noya (1974) menciona que un exceso de calcio en las células vegetales puede interferir el metabolismo del B aún a pesar de que este último esté presente en cantidades apreciables. En este caso, se produce una mayor concentración de boro en la hoja lo que ocasiona que el calcio actúe sobre el metabolismo del B para evitar sus efectos perjudiciales, por lo que se da en la planta un menor transporte de auxinas y por ende menor desarrollo de la parte aérea. Estos resultados se encuentran en el cuadro N° 8.

Con respecto al peso fresco de la parte aérea, se establece que de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Siendo el coeficiente de variabilidad de 21.48%. Por lo tanto, de los promedios obtenidos, el mayor peso fresco corresponde a las plantas del tratamiento control (130.33 g/ planta) y los valores menores corresponde a las plantas en las que se aplicó 300 ppm Ca + 162 ppm B (tratamiento 6) (86 g/planta), al que se aplicó 200 ppm Ca + 108 ppm B (tratamiento 3) (83.77 g/planta) y en las que se aplicó el fertilizante foliar orgánico (tratamiento 1) (77.17 g/planta). Estos resultados concuerdan con sus respectivos pesos secos.

Cuadro N° 8: Efectos de la aplicación foliar de Ca y B sobre el crecimiento del cultivo de fresa cv. Chandler

Tratamiento	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de parte aérea (g)	Área foliar (dm ² /planta)	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso fresco inicial de la planta (g)	Peso fresco final de la planta (g)
Control	26.767 a	130.33 a	1958.2 ab	7.867 a	74.03 ab	96.957 a	212.24 a
21ppm Ca+ 0.17ppm B	19.633 a	77.17 c	1813.6 b	7.533 a	61.63 b	75.571 bc	219.00 a
100ppm Ca + 54ppm B	20.400 a	89.27 bc	1720.0 b	7.467 a	81.03 ab	62.214 c	193.13 a
200ppm Ca + 108ppm B	19.467 a	83.77 c	1724.7 b	9.033 a	95.07 a	76.329 bc	177.36 a
100ppm Ca + 0ppm B	27.267 a	128.27 ab	2263.7 ab	10.467 a	100.60 a	83.886 ab	244.29 a
0ppm Ca + 54ppm B	25.933 a	104.47 abc	2687.3 a	9.033 a	92.30 ab	81.186 ab	248.90 a
300ppm Ca + 162ppm B	19.000 a	86.00 c	2021.4 ab	10.367 a	101.03 a	80.643 ab	208.17 a

Promedios con diferentes letras son altamente significativos mediante la Prueba de Comparación de Medias de Duncan.
Nivel de significación 0.05

4.4.2 Área foliar (dm²/ planta)

Los resultados se muestran en el cuadro N° 8. En relación al área foliar no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 21.57%. Según la prueba estadística de Duncan al 5%, de los promedios obtenidos, la mayor área foliar corresponde a las plantas en las que se aplicó 54 ppm B (tratamiento 5) (2687.3 dm²/planta) y las menores áreas foliares corresponden a las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) (1720 dm²/planta), 200 ppm Ca + 108 ppm B (tratamiento 3) (1724.7 dm²/planta) y en las que se aplicó el fertilizante foliar orgánico (tratamiento 1) (1813.6 dm²/planta).

Según Maas (1992), la reducción en el área foliar causada por enfermedades o factores ambientales adversos tienen un efecto directo en la productividad. Lo que está de acuerdo con lo hallado ya que el tratamiento 5 es donde se obtuvo la mayor producción y la mayor área foliar. Además, los menores valores de producción están en relación con las menores áreas foliares obtenidas.

Robles (1997b) indica que el boro cumple un papel importantísimo en los meristemas apicales, activando la división celular que determina el crecimiento de los terminales de tallos y ramas y, la formación normal de las hojas.

4.4.3 Peso seco y fresco de la raíz (g/ planta)

El cuadro N° 8 muestra los resultados obtenidos al final del cultivo, donde de acuerdo con la prueba estadística de Duncan al 5% no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio con respecto al peso seco de raíz. El coeficiente de variabilidad fue de 23.5%. Sin embargo, los promedios obtenidos indican que los mayores pesos secos de raíz corresponden a las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca (tratamiento 4) (10.47 g/planta) y en las que se aplicó 300 ppm Ca + 162 ppm B (tratamiento 6) (10.37 g/planta).

El calcio y el boro son nutrientes de fundamental importancia para el desarrollo de un buen sistema radicular (Yamada, 2000; Guardiola, 1990). Sin embargo, de los resultados se puede establecer que el calcio es el elemento de mayor importancia en el

desarrollo de un buen sistema radicular. Lieten y Misotten (1993) mencionaron en su estudio en el cultivo de fresa que las raíces y coronas tienen bajo contenido de boro y que sólo el 10% se acumula ahí, y que el Ca es principalmente distribuido a las hojas (40%), raíces (25%) y pecíolos (16%).

Es importante que el área de crecimiento radicular, ubicada detrás de las puntas, cuente con una adecuada cantidad de calcio para el fortalecimiento de las paredes celulares. Si no hay calcio en cantidad suficiente en éstas zonas críticas, las células de las raíces se deterioran y destruyen, (Stoller, 1997).

Por otro lado, las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) (7.47 g/planta) y a la que se le aplicó el fertilizante foliar orgánico (tratamiento 1) (7.53 g/planta) son los que registran los menores valores de peso seco de raíz y se observa que el aumento en las dosis en la aplicación de Ca + B, produce un mayor desarrollo radicular pero siendo el tratamiento 2 el de menor dosis, se obtiene el menor desarrollo. Además, se da una interacción entre el Ca y B que cuando sólo se aplica Ca o B. Así, el boro está involucrado en el movimiento de calcio en la planta y en la normal nutrición de Ca en las plantas, (Borax, 2004).

El calcio es un elemento que trabaja junto con el boro, debiéndose aplicar en forma conjunta teniendo en cuenta la proporción 10:1 para que el exceso de uno no interfiera en la absorción del otro por su antagonismo, (Olivera, 2003).

Con respecto al peso fresco de raíz, los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Siendo el coeficiente de variabilidad de 19.09%. Sin embargo, de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%, los promedios obtenidos indican que los mayores pesos corresponden a las plantas en las que se aplicó 300 ppm Ca + 162 ppm B (tratamiento 6) (101.03 g/planta), 100 ppm Ca (tratamiento 4) (100.6 g/planta) y en las que se aplicó 200 ppm Ca + 108 ppm B (tratamiento 3) (95.07 g/planta) así como el menor peso corresponde a las plantas en las que se aplicó fertilizante foliar orgánico (tratamiento 1) (61.63 g/planta). Estos resultados concuerdan con los respectivos pesos secos.

4.4.4 Peso fresco inicial y final de la planta (g)

En relación al peso fresco final de la planta no se ha encontrado diferencias significativas entre los tratamientos en estudio de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%. El coeficiente de variabilidad fue de 31.28%. Sin embargo, de los promedios obtenidos se tiene que los mayores pesos fresco de planta corresponde a las que se le aplicó 54 ppm B (tratamiento 5) (248.90 g/planta) y en las que se aplicó 100 ppm Ca (tratamiento 4) (244.29 g/planta). Por otro lado, los menores valores de peso fresco corresponde a las plantas en que se le aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) (193.13 g/planta) y a las que se aplicó 200 ppm Ca + 108 ppm B (tratamiento 3) (177.36 g/planta); estos resultados se muestran en el cuadro N° 8.

Según Stoller (1997), el desarrollo equilibrado de las plantas y las buenas cosechas dependen del balance entre las citoquininas de las raíces y las auxinas de las terminales. El calcio tiene relación con esto ya que según Stoller (1994) citado por Velarde (2000) con la deficiencia del Ca se da una escasa síntesis de hormonas radicales como las citoquininas. Además, Davies (1995) citado por Alberto (2000) determina que la ausencia de calcio inhibe el transporte de auxinas. Asimismo, el boro juega un importante rol en la regulación de los niveles hormonales en las plantas, (Bórax, 2004). Así, se le relaciona con los niveles de las auxinas, (Robles, 1997b). Lo que está de acuerdo con los resultados obtenidos en el experimento ya que los tratamientos 5 y 4 tuvieron un desarrollo equilibrado, es decir obtuvieron los mayores pesos frescos de la planta y los mayores rendimientos y los menores valores de peso fresco corresponde a los de menor rendimiento.

Con respecto al peso fresco inicial de las plantas, los resultados indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio de acuerdo con la prueba estadística de Duncan al 5%. Siendo el coeficiente de variabilidad de 18.69%. Por lo tanto, de los promedios obtenidos, el mayor peso fresco corresponde a las plantas del tratamiento control (96.96 g/planta) y el menor valor corresponde a las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) (62.21 g/planta)

4.5 Evaluaciones de rendimiento:

4.5.1 Rendimiento total (Kg/ m²)

En el cuadro N° 9 se puede observar los rendimientos obtenidos bajo los diferentes tratamientos en estudio. De acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5% existen diferencias significativas con respecto a la fertilización foliar que se aplicó. Siendo el coeficiente de variabilidad de 17.88%. De lo cual, los mayores rendimientos corresponden a las plantas en las que se aplicó 54 ppm B (tratamiento 5) (7.569 Kg/m²) y a las que se aplicó 100 ppm Ca (tratamiento 4) (7.485 Kg/m²). Por otro lado, el menor rendimiento correspondió a las plantas en las que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) (5.750 Kg/m²).

Según Almaliotis *et. al.* (2002), en su estudio menciona con relación al efecto de la concentración de nutrientes de la hoja en el rendimiento, que los valores más altos de K, Ca, Mg, B y Zn resultaron en un incremento en el rendimiento en el cultivo de fresa cv. Tudla, así el Ca aumentó de 28.4 a 31.6 t/ha y el B de 27.7 a 35.0 t/ha. Esto coincide con los resultados obtenidos ya que los tratamientos en los que sólo se aplicó Ca y B obtuvieron los mayores rendimientos. Además, Tagliavinil *et. al.* (2002) menciona que la cantidad de nutrientes absorbido en sistemas de cultivo anual usando dos variedades de fresa diferenciados en el vigor de la planta (peso seco) fueron estudiadas en Francia y en Italia. En cada lugar el cultivar con más vigor mostró más alta remoción de nutrientes y más alto rendimiento; éstas fueron la variedad “Idea” en Italia y “Gariguette” en Francia. Lo cual concuerda con lo hallado ya que los tratamientos con menor rendimiento así como el tratamiento 2 fueron los que obtuvieron los menores valores de peso seco total debido a la pérdida del vigor de la planta.

Estos resultados nos indican que existe influencia de los tratamientos en los que se aplicó Ca y B (en forma individual) en el rendimiento total del cultivo de fresa.

Sin embargo, difiere de los resultados hallados en el estudio de Calmet (1999) que indican que los tratamientos en los que se aplicó foliarmente Ca y B (en forma individual o en combinación) no mostraron ninguna influencia en el rendimiento total de la fresa cv. Chandler. Asimismo, Lewandowski (2003) menciona en su estudio sobre el efecto de la aplicación foliar de calcio y boro en el rendimiento y calidad de fresa

“Elsanta”, que los tratamientos no afectaron el rendimiento total y comercial de la fresa. Esto se debió a que en estos estudios se aplicó Cl_2Ca que pudo haber inducido a problemas de salinidad por el Cl^{-2} y por lo tanto disminuyó el rendimiento.

Por otro parte, el rendimiento obtenido por Sarooshi y Cresswell (1994), fue de 2.16 Kg/m^2 al cultivar fresas en el sistema hidropónico recirculante Rockwool en Australia y en relación al rendimiento producido en Lima en el cultivo de fresa en suelo, Calmet (1999) menciona en su estudio sobre el efecto de aplicaciones de calcio, boro y azufre foliares en pre-cosecha en dos cultivares de fresa, que el cultivar Chandler produjo en promedio 4.44 Kg/m^2 más que el cultivar Pajaro que produjo 2.24 Kg/m^2 . Mientras que, Peralta (1994) reporta rendimientos que oscila entre 2.31 y 1.56 Kg/m^2 en su estudio sobre el efecto de la densidad de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de la fresa cv. Chandler. Otro reporte es el obtenido por Arévalo (1997), donde obtuvo un rendimiento de 3.907 Kg/m^2 al cultivar fresas bajo el sistema de riego por goteo y empleando paja de arroz como cobertura (mulching). Por último, Olivera (2003) menciona que existe una diferencia en cuanto al rendimiento si se compara la fresa obtenida de plantaciones donde se utiliza material de siembra de campañas anteriores y en las que se utiliza material libre de virus, siendo en el primer caso el rendimiento de 1 a 1,5 Kg/m^2 (de acuerdo al promedio nacional según datos de la OIA del Ministerio de Agricultura), y en el segundo caso de 4 a 5 Kg/m^2 . Como se puede apreciar los resultados obtenidos en el presente experimento son superiores a los reportados por estos autores en sus estudios sobre el cultivo de fresa en Hidroponía y en suelo, lo cual demuestra que es factible la producción de fresas bajo el sistema hidropónico NFT y a través de la fertilización foliar de Ca y B en la aplicación de forma individual.

4.5.2 Producción (g/planta)

Los resultados se muestran en el cuadro N° 9 donde se aprecia que existen diferencias significativas en ésta característica de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%. Siendo el coeficiente de variabilidad de 17.88 %. Esto quiere decir que la aplicación foliar de Ca y B (de manera individual) afectaron la producción de frutos por planta.

De los diferentes tratamientos estudiados, los que lograron la mayor producción de frutos por planta fue el tratamiento T₅ (435.01 g/planta) en el que se aplicó 54 ppm B y el tratamiento T₄ (430.20 g/planta) en el que se aplicó 100 ppm Ca, mientras que la producción más baja la obtuvo el tratamiento T₂ (330.44 g/planta) en el que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B. Se puede decir que los factores que mayor influencia causaron en la producción de frutos, fue el boro ya que la adecuada nutrición de boro es crítica para las altas producciones y la calidad de cultivos, (Bórax, 2004). Lo que se debe a que las necesidades de boro para las estructuras reproductivas son mayores que para las vegetativas, (Gil, 1995). Además, Lieten (2002a) menciona en su estudio realizado en el cultivo de fresa “Elsanta” que la carencia de boro produce una significativa reducción del tamaño de la fruta y de la producción total. En el caso del calcio, actúa en la germinación del grano de polen, (Peripolli, 2002) y en el desarrollo del tubo polínico, que no sólo depende de la presencia de calcio en el medio sino que además es orientado quimiotrópicamente por el calcio extracelular, (Guardiola y García, 1990). Los resultados de este experimento coinciden con lo dicho anteriormente.

Por otro lado, Bisbal (1998) citado por Caso (2001) indica que la producción comercial de fresas hidropónicas en Cieneguilla (Lima – Perú) oscila entre 600 – 700 g/planta y Caso (2001) obtuvo una producción de 496.73 g/planta al cultivar fresas en el sistema hidropónico de columnas usando el sustrato de cascarilla de arroz. La producción obtenida en este experimento fue un poco menor debido a un error en el tiempo de plantación, ya que esto se realizó afines de Julio y debió hacerse entre Abril y Junio para aprovechar las bajas temperaturas y así inducir la floración.

4.5.3 Número total de frutos

Los valores promedio del parámetro número total de frutos por planta se muestran en el cuadro N° 9. Los que oscilan entre 33 y 23 frutos/planta para el tratamiento en el que se aplicó 54 ppm B (tratamiento 5) y para el que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (tratamiento 2) respectivamente. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el coeficiente de variabilidad fue de 19.82 %. La prueba estadística de Duncan al 5%, comprobó que el tratamiento en el que se aplicó 54 ppm B fue superior estadísticamente al testigo y a los demás tratamientos evaluados.

Cuadro N° 9: Efectos de la aplicación foliar de Ca y B sobre el rendimiento del cultivo de fresa cv. Chandler

Tratamiento	Producción (g/planta)	Rendimiento (Kg/m ²)	Número total de frutos/planta	Peso promedio del fruto (g)
Control	413.37 ab	7.193 ab	30.00 abc	14.043 a
21ppm Ca + 0.17ppm B	340.33 bc	5.922 bc	25.57 bc	13.486 a
100ppm Ca + 54ppm B	330.44 c	5.750 c	23.29 c	14.171 a
200ppm Ca + 108ppm B	361.76 abc	6.295 abc	27.57 abc	13.271 a
100ppm Ca + 0ppm B	430.20 a	7.485 a	32.00 ab	13.429 a
0ppm Ca + 54ppm B	435.01 a	7.569 a	33.43 a	13.043 a
300ppm Ca + 162ppm B	354.81 abc	6.174 abc	28.00 abc	12.771 a

Promedios con diferentes letras son altamente significativos mediante la Prueba de Comparación de Medias de Duncan.
Nivel de significación 0.05

El boro se encarga de la síntesis de los polímeros de la glucosa que determinan el crecimiento del tubo polínico, indispensable para la fecundación de las flores; en el caso de carencia, esto no se da y disminuye siendo así que las plantas logran pocos frutos o éstos alcanzan escaso tamaño por carecer de semillas, (Robles, 1997b). Los elementos como el B, Ca y Zn tienen efecto directo en la calidad de la fruta y las plantas deficientes muestran una pobre germinación del polen y reducen el cuajado de los frutos y el tamaño de los frutos, (Nestby, 2002). Por ésta razón, el tratamiento en el que se aplicó solo B obtuvo mayor número de los frutos por planta que los demás tratamientos.

El tratamiento T₄ (100 ppm Ca) y T₁ (fertilizante foliar orgánico) fueron los que mostraron mayor resistencia al ataque del moho gris en la fruta.

4.5.4 Peso promedio del fruto (g)

Los tratamientos no afectaron este parámetro, ya que de acuerdo a la prueba estadística de Duncan al 5%, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (ver cuadro N° 9). Siendo el coeficiente de variabilidad de 11.39%. Sin embargo, de los promedios obtenidos el mayor peso de fruto lo obtiene el tratamiento T₂ en el que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (14.17 g/fruto) y el menor peso lo obtiene el tratamiento T₆ en el que se aplicó 300 ppm Ca + 162 ppm B (12.77 g/fruto). Ello quizás se deba a que el tratamiento T₂ presentó menor número de frutos con respecto a los demás tratamientos de modo que los compuestos a base de carbono (azúcares) formados en las hojas a través de la fotosíntesis, se movilizaron a los frutos para su desarrollo y a menor número de fruto mayor distribución de azúcares. Por otro lado, en general, todos los tratamientos obtuvieron un buen peso y ello es muy importante ya que mayores precios alcanzan los frutos de mayor tamaño. Además, si se piensa en la posibilidad de exportación en fresco los tamaños grandes son preferidos con respecto a los pequeños.

V. CONCLUSIONES

- La concentración foliar de Ca disminuye hacia final del período de cultivo (de Diciembre a Febrero). Por otro lado, el contenido de boro en las hojas de fresa tuvo una caída importante en el 2^{do} muestreo (alta producción) pero aumentó al término de la cosecha.
- Los tratamientos en los que se realizó la aplicación foliar de 100 ppm Ca + 54 ppm B (T2), 200 ppm + 108 ppm B (T3) y 300 ppm Ca + 162 ppm B (T6) tuvieron un menor desarrollo vegetativo y un menor rendimiento, producción y número de frutos con respecto a los tratamientos en los que se aplicó 100 ppm Ca (T4) y 54 ppm B (T5).
- La aplicación foliar individual de calcio (T4) o boro (T5) estimuló el crecimiento vegetativo y reproductivo, lográndose buenos rendimientos, producción, número de frutos y peso de fruto.
- El tratamiento con aplicación de fertilizante foliar orgánico (FERTIMAR) tuvo un regular desarrollo vegetativo y el rendimiento fue bajo.
- Se produce una alta concentración de B en las hojas de fresa cv. Chandler en los tratamientos en los que se aplicó 100 ppm Ca + 54 ppm B (T2), 200 ppm + 108 ppm B (T3) y 300 ppm Ca + 162 ppm B (T6) debido a una menor velocidad de crecimiento de la planta.
- En el segundo muestreo (alta producción) y 3^{er} muestreo (final de la cosecha) se observó diferencias en la concentración de Ca siendo el tratamiento 4 en el que se obtiene la mayor concentración de Ca y el tratamiento 5 la de menor concentración.
- El contenido foliar de Ca se encontró en el rango del nivel óptimo. Mientras que el boro alcanzó concentraciones altas para el rango del nivel óptimo pero no llegó a niveles de toxicidad.

- A partir del segundo muestreo para adelante se observó una interacción entre boro y manganeso lo que se debió al alto contenido foliar de B, que afectó al manganeso dando una baja concentración del elemento. También se observó una interacción entre potasio y calcio. La disminución de la concentración de calcio en las hojas de fresa cv. Chandler produjo un alto contenido foliar de potasio. Esto se dio en todos los tratamientos.
- El rendimiento de todos los tratamientos fue superior al rendimiento promedio nacional indicando la factibilidad de la producción de fresa bajo el sistema hidropónico NFT modificado y bajo la fertilización foliar de Ca y B.
- A través de los resultados obtenidos se pudo observar que el calcio es muy importante para el desarrollo vegetativo (raíz y parte aérea) y el boro para las estructuras reproductivas.
- La fertilización foliar en la que se realizó la aplicación de 54 ppm de boro ó 100 ppm de Ca se debe utilizar para obtener un cultivo de fresa de buen rendimiento.
- En los tratamientos en los que se aplicó la combinación de calcio más boro en diferentes dosis, se dio posiblemente una interacción entre Ca y B en la planta debido a una aplicación en la que no se tomó una adecuada proporción entre estos elementos para que no se produzca una interacción entre ellos.
- Los resultados obtenidos difieren mucho de los de autores de estudios similares, ello posiblemente se debió a que la aplicación foliar de nitrato de calcio difiere a la aplicación de cloruro de calcio que puede haber inducido a problemas de salinidad y haber afectado el rendimiento de la fresa en los resultados hallados por estos autores.

VI. RECOMENDACIONES

- La época de siembra del cultivo de fresa cv. Chandler debe de realizarse en los meses de Abril – Junio para aprovechar las bajas temperaturas y así inducir la floración y obtener mayores rendimientos.
- En el sistema hidropónico NFT modificado se debe de controlar la temperatura en la solución nutritiva en la estación de verano debido al efecto que tiene en la absorción de nutrientes.
- La aplicación del fertilizante foliar orgánico en el cultivo de fresa cv. Chandler puede realizarse dos veces por semana.
- Para la aplicación foliar de calcio debe utilizarse nitrato de calcio en vez de cloruro de calcio basado en los resultados obtenidos en el experimento.
- Se debe realizar mayor investigación acerca de las proporciones en las que se debe aplicar foliarmente calcio y boro para que no se produzca una interacción entre ellos.

VII. RESUMEN

Se realizó una investigación sobre los efectos de las aplicaciones foliares de calcio y boro sobre el crecimiento y rendimiento en un cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa*) cultivar Chandler, el que se llevó a cabo en el módulo del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM, Lima-Perú, durante los meses de Julio (transplante) del 2002 y Febrero (última cosecha) del 2003.

Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA) con 7 repeticiones y con los siguientes tratamientos: Tratamiento con fertilizante orgánico (T₁); Tratamiento con 100 ppm Ca + 54 ppm B (T₂); Tratamiento con 200 ppm Ca + 108 ppm B (T₃); Tratamiento con 100 ppm Ca (T₄); Tratamiento con 54 ppm B (T₅); Tratamiento con 300 ppm Ca + 162 ppm B (T₆) y Tratamiento control (T₀). Esto fue aplicado de manera foliar cada semana desde iniciado la fructificación y a partir de 23 de Noviembre de 2002 cada 2 semanas hasta el término del experimento.

El sistema hidropónico empleado fue el sistema NFT modificado, llamado así debido a que la solución nutritiva recircula por el sistema de manera intermitente, cada 15 minutos, las 24 horas del día. Consta de 9 canales de PVC con una densidad de plantación de 29 plantas por canal de las cuales se tomó 7 plantas por tratamiento.

Se evaluó el rendimiento total, producción por planta, número total de frutos, peso promedio de fruto y las variables biométricas. Así, también se realizó análisis foliares que consistió en tres muestreos realizados el 23 de octubre (plena de cosecha) y el 11 de Diciembre del 2002 (alta producción) y el 20 de Febrero del 2003 (término de cosecha).

Los resultados obtenidos mostraron que los tratamientos en los que se aplicó individualmente Ca y B fueron mejor debido a su buen rendimiento, producción, buen número de fruto, peso promedio de fruto y al buen desarrollo vegetativo. De estos tratamientos, en el que se aplicó 100 ppm Ca tuvo un fruto más firme y más resistente a la pudrición por *Botrytis*. Asimismo se observó que a partir del segundo muestreo para adelante, el contenido foliar de Ca fue más alto en el tratamiento 4 que en los demás tratamientos, siendo el tratamiento en el que se aplicó 54 ppm de B el que obtuvo el menor contenido foliar de Ca. Las plantas de fresa en las que se aplicó la combinación

de calcio + boro en diferentes dosis fueron las que obtuvieron los menores rendimientos, producción, número de frutos y menor crecimiento vegetativo. En estos tratamientos se observó la más alta concentración foliar de B así como una posible interacción entre Ca y B en la planta, lo que afectó a estos tratamientos. Finalmente, el tratamiento en el que se aplicó el fertilizante foliar orgánico tuvo un bajo rendimiento y un regular desarrollo vegetativo, pero fue uno de los más resistentes al ataque del moho gris.

Para el período de alta producción y de término de cosecha se observó en el análisis foliar una interacción entre boro y manganeso debido al alto contenido foliar de boro que afectó al Mn dando una baja concentración foliar de este elemento. Así también se dio una interacción entre potasio y calcio. La disminución del contenido de Ca en las hojas de fresa cv. Chandler produjo una alta concentración de potasio. Esto se manifestó en todos los tratamientos.

Los valores obtenidos en la concentración foliar de calcio se encontraron en el nivel óptimo (valores considerados como aquellos en los que no se presentan síntomas de deficiencia), sin embargo, en la concentración foliar de boro fueron altos para el nivel óptimo pero no llegaron a niveles de toxicidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALBERTO, R. 2000. El Calcio en los Mecanismos de Regulación Hormonal de las Plantas. Trabajo Monográfico para optar el Título de Ingeniero Agrónomo-UNALM; Lima-Perú.
2. AREVALO, A. 1997. Influencia de Diversas Coberturas de Suelo (mulching) en el Rendimiento y Calidad de la Fresa (*Fragaria ananassa*) cv Chandler. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo- UNALM; Lima-Perú.
3. ALMALIOTIS, D.; VELEMIS, D.; BLADENOPOULOU, S. y KARAPETSAS, N. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Hort.* 567: 447-450.
4. BRANZANTI, E. 1985. La Fresa. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid- España.
5. BLATT, C. 1976. Phosphorus and boron interaction on growth of strawberries. *HortScience.* 11(6): 597-599.
6. BENNETT, W. 1993. Nutrient Deficiencies y Toxicities in Crop Plants. The American Phytopathological Society St. Paul. Minnesota. Printed in the United States of America on Acid – Free Paper. APS Press.
7. BECERRA, M. 2001. Fertilización Foliar y Edáfica en Diferentes Frecuencias de Aplicación en Maíz (*Zea mays* L.). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo- UNALM. Lima-Perú.
8. BROWN, P. y HU, H. 1999. Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. *Informaciones Agronómicas.* Nº 36: 6, 7, 8,13.
9. BORAX. 2004. Functions of boron in plant nutrition. United State of America Disponible en: [www. Borax.com/agriculture](http://www.Borax.com/agriculture).
10. CLARK, R. 1991. Respuesta de las plantas a la toxicidad y deficiencia de elementos minerales. En: CHRISTIANSEN, M. y LEWIS, C. Mejoramiento de Plantas en Ambientes Poco Favorables. Editorial Limusa. México. 91-167p.
11. CHEOUR, F.; WILLEMOT, C.; ARUL, J. MAKHLOUF, J. y DESJARDINS, Y. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl_2 . *HortScience.* 26(9): 1186-1188.
12. CERDA, A. 1993. Solución nutritiva. Principios básicos. Comportamiento e interacción de los distintos elementos. En: CANOVAS, F. y DIAZ, J. Cultivos Sin Suelo. Curso Superior de Especialización. Centro de Investigación y Desarrollo Hortícola de C.I.D.H. La Mojonera (Almería). España.

13. CARRASCO, G. 1996. La técnica de la solución nutritiva recirculante. En: CIHNM-UNALM. Hidroponía una Esperanza para Latinoamérica. Curso-taller Internacional de Hidroponía. Lima-Perú.
14. CAMPBELL, C y MINER, S. 2004. Reference Sufficiency Ranges Fruit and Nut Crops: Strawberry, Annual Hill Culture. Department of Agriculture and Consumer Services. United State of America. Disponible: www.agr.state.nc.us.
15. CALZADA, J. 1982. Métodos Estadísticos Para la Investigación. Quinta edición. Editorial Milagros. Lima-Perú.
16. CASTILLO, C. 1993. Curvas de Asimilación de Nutrientes en el Cultivo de Fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Chandler Bajo Diferentes Modalidades de Manejo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo-UNALM; Lima-Perú.
17. CALMET, A. 1999. Efecto de Aplicaciones de Calcio, Boro y Azufre Foliare en Pre - cosecha en Dos Cultivares de Fresa (*Fragaria x ananassa*). Tesis para optar el grado de Magíster en Producción Agrícola- UNALM; Lima-Perú.
18. CASO, C. 2001. Evaluación de Sustratos Sobre el Crecimiento de Fresas Hidropónicas. Tesis para optar el Título de Biólogo- UNALM; Lima-Perú.
19. DOMINGUEZ, A. 1997. Tratado de Fertilización. Tercera edición. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid- España.
20. GUARDIOLA, J y GARCIA, A. 1990. Fisiología Vegetal. Nutrición y Transporte. Editorial Síntesis. España.
21. GASCHO, G. 1994. Late-season fertilization of soybeans with nitrogen and boron. *Better Crops*. Vol.78, Nº 3:18-19.
22. GUPTA, U. 1979. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*. Vol. 31: 273-303.
23. GIL, F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Relaciones Hídricas. Nutrición Mineral. Transporte. Metabolismo. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid-España.
24. GARG, O.; SHARMA, A. y KONA, R. 1979. Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oriza sativa* L. var. Jaya). *Plant and Soil*. 52: 591-594
25. JONES, J. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing INC. Printed in the United State of America.
26. KESSEL, C. 2003. Strawberry Diagnostic Workshops: Nutrition. Ministry of Agriculture and Food. Ontario-Canada. Disponible en: www.omafra.gov.on.ca.

27. LIETEN, F. y MISOTTEN, C. 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae*. N° 348: 299-306.
28. LIETEN, F. 1995. Boron nutrition of strawberries grown on peat bags. *Advances in Strawberry Research*. Vol. 14: 36-41.
29. LIETEN, P. 2002a. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Hort*. 567: 451-454 p.
30. LIETEN, P. 2002b. Leaf and Flower Tip Burn in Strawberries. National Research Centre for Strawberries. Meerle-Belgium.
31. LARA, A. 1999. Manejo de la Solución Nutritiva en la Producción de Tomate en Hidroponía. Universidad Autónoma de Zacatecas. México. V17 (3):221-229.
32. LEWANDOWSKI, M. 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality "Elsanta" strawberry (abstract). *Journal of Plant Nutrition*. V 26(3): 671.
33. MARTINEZ, V. 1993. Dinámica de absorción: factores de influencia sobre las concentraciones de absorción iónica de los elementos. En: CANOVAS, F. y DIAZ, J. *Cultivos Sin Suelo. Curso Superior de Especialización*. Centro de Investigación y Desarrollo Hortícola de C.I.D.H. La Mojonera. España.
34. MUCKLE, M. 1993. *Hydroponic Nutrients. Easy Ways to Make your Own*. Third Edition. Published by Growers Press INC. Printed in Canada.
35. MALAVOLTA, E. 1989. *Avaliacao do Estado Nutricional das Plantas: Principios e Aplicacoes*. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Impresso no Brasil.
36. MAAS, J. 1992. *Compendium of Strawberry Diseases*. Third printing. Published by American Phytopathological Society. Printed in the United State of America.
37. MAKUS, D. y MORRIS, J. 1988. Effect of supplemental calcium on postharvest strawberry fruit quality. *Proc. Arkansas State Hort. Soc.* 108: 52-57.
38. MAKUS, D. y MORRIS, J. 1989. Influence of soil and foliar applied calcium on strawberry fruit nutrients and post-harvest quality. *Acta Hort*. 265:443-446.
39. MAKUS, D. y MORRIS, J. 1998. Preharvest calcium applications have little effect on mineral distribution in ripe strawberry fruit. *HortScience*. 33(1): 64-66.
40. MAROTO, J. y LOPEZ, S. 1988. *Producción de Fresas y Fresones*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
41. NAVARRO, S y NAVARRO, G. 2000. *Química Agrícola. El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida*. Ediciones Mundi-Prensa. España.

42. NESTBY, R.; LIETEN, F.; PIVOT, D.; RAYNAL, C.; TAGLIAVINI, M.; y EVENHUIS, B. 2003. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs. A review. *Acta Hort.* 649: 201-206
43. NESTBY, R. 2002. Accumulation of Nutrients in Strawberry Fruits and their Effect on Fruit Quality. A brief review. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(2), 290-295
44. NOYA, N. 1974. Influencia del pH y del Calcio Sobre los Efectos Tóxicos del Boro en el Cultivo de Maíz. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo-UNALM; Lima-Perú.
45. NAZARIO, J. 1998. Efecto de la Aplicación de Materia Orgánica y Enmienda Calcica sobre el contenido de Boro en un Suelo de Costa Sur. Tesis para optar el grado de Magíster Scientae. UNALM; Lima-Perú.
46. OLIVERA, J. 2003. El Cultivo de la Fresa en el Perú. Publicado por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Huaral-Perú.
47. PAHUACHO, B. 2000. Fertilización foliar con Biofol CaB (calcio, boro, ac. Orgánicos y carboxílicos) en algodón (*Gossypium barbadense L.*) var. Tanguis UNA n° 1, para la disminución del shedding y el secado de botones. *Agroenfoque*. Vol. 15, N° 14: 28-29.
48. PERALTA, J. 1994. Efecto de la Densidad de Siembra y Niveles de Fertilización Nitrogenada en el Rendimiento y Calidad de Fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Chandler. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo-UNALM; Lima-Perú.
49. PERIPOLLI, G.; MOREIRA, P. y POSSENTI, J. 2002. Aplicacao foliar de calcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciencia Rural*. V.32, N° 1.
50. ROMHELD, V. y EL-FOULY, M. 2002. Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. *Informaciones Agronómicas*. N° 48: 10-14.
51. ROBLES, F. 1997a. La nutrición de las plantas. Quinta parte: papel de los nutrientes intermedios. *Boletín Informativo de la Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha (FONAGRO)*. N° 28: 4 – 5.
52. ROBLES, F. 1997b. La nutrición de las plantas. Sexta parte: papel de los elementos menores. *FONAGRO*. N° 29:4 -5.
53. ROBLES, F. 1999. ¿Por que se enferman las plantas? *Boletín Informativo de la Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha (Fonagro)*. N° 50: 1, 3,7.

54. RODRÍGUEZ, A.; CHANG, M.; HOYOS, M. y FALCÓN, F. 2004. Manual Práctico de Hidroponía. CIHNM-FDA-UNALM. Lima-Perú.
55. ROPER, T. and COMBS, S. 1995. Mineral Nutrition of Fruit Crops. University of Wisconsin – Madison. United State of American.
56. RAMIREZ, J. 1998. Respuesta del cafeto a la aplicación de dosis de boro al suelo en dos y tres épocas, en Andisoles de Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 22(1): 19-26.
57. STOLLER, J. 1994. La nutrición de calcio y boro en los cultivos. *Revista del Agro (Fundegro)*. Año 3, N° 41. El Comercio. Lima-Perú.
58. STOLLER, J. 1997. El lenguaje de las plantas. *Boletín Informativo de la Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha (FONAGRO)*. N° 32: 3,7.
59. SABORIO, D.; SAENZ, V.; ARAUZ, L. y BERTSCH, F. 2000. Efecto del calcio en aplicaciones precosecha y poscosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*). *Agronomía Costarricense*. 24(2): 77-88.
60. SAROOSHI, R. y CRESSWELL, G. 1994. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34:529-535.
61. SOSA, D. 1999. El Boro en los Frutales del Genero Prunus, Pyrus y Malus.
62. TAIZ, L. y ZEIGER, E. 1998. *Plant Physiology*. Second Edition. University of California, Santa Cruz. Associates, INC., Publishers Sunderland, Massachusetts.
63. TAGLIAVINIL, M.; BALDIL, E.; NESTBY, R.; RAYNAL, C.; LIETEN, P.; SALO, T.; PIVOT, D.; LUCCHI, P.; BARUZZI, G. y FAEDI, W. 2002. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Hort*. 649:197-200
64. TORRES, M y BRU, J. 1997. Boro Micronutriente Agrícola. Borax-España. 84p
65. URRESTARAZA, M. 2000. *Manual de Cultivo Sin Suelo*. Grupo Mundi-Prensa. España.
66. VEJARANO, A. 1979. *Nutrición Mineral de las Plantas*. UNALM-Departamento de Biología. Lima-Perú.
67. VELARDE, O. 2000. *Importancia y Manejo del Calcio en la Nutrición de Cultivos Hortícola*. Monografía para optar el Título de Ingeniero Agrónomo-UNALM; Lima-Perú.
68. YAMADA, T. 2000. Boro: se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas. *Informaciones Agronómicas*. N° 41: 8-13.

ANEXOS

Anexo 1

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL PESO SECO DE LA PARTE AÉREA (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	259.98	43.33	2.18	0.1081	ns
Error	14	278.59	19.90			
Total	20	538.57				

Coefficiente de Variación = 19.71 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	27,267	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	26,767	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	25,933	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	20,400	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	19,633	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	19,467	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	19,000	a	1

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 2

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL PESO FRESCO DE LA PARTE AÉREA (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	8505.23	1417.54	3.08	0.0388	*
Error	14	6443.60	460.26			
Total	20	14948.83				

Coefficiente de Variación = 21.48 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	0ppm Ca + 0ppm B	130.33	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	128.27	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	104.47	abc	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	89.27	bc	4
6	300ppm Ca + 162ppm B	86.00	c	5
3	200ppm Ca + 108ppm B	83.77	c	5
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	77.17	c	5

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 3

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL ÁREA FOLIAR (dm²/planta)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	2183743.53	363957.26	1.90	0.1503	ns
Error	14	2675454.45	191103.89			
Total	20	4859197.98				

Coefficiente de Variación = 21.57 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	0ppm Ca + 54ppm B	2687.3	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	2263.7	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	2021.4	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	1958.2	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	1813.6	b	3
3	200ppm Ca + 108ppm B	1724.7	b	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	1720.0	b	3

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 4

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL PESO SECO DE RAÍZ (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	28.77	4,795	1.12	0.4021	ns
Error	14	60.21	4,300			
Total	20	88.98				

Coefficiente de Variación = 23.50 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	10,467	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	10,367	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	9,033	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	9,033	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	7,867	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	7,533	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	7,467	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 5

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL PESO FRESCO DE RAÍZ (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F.cal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	3962.11	660.35	2.42	0.0812	ns
Error	14	3819.93	272.85			
Total	20	7782.04				

Coefficiente de Variación = 19.09 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	101.03	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	100.60	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	95.07	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	92.30	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	81.03	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	74.03	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	61.63	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 6

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL PESO FRESCO INICIAL DE LA PLANTA DE FRESA (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	4566.87	761.14	3.44	0.0074	*
Error	42	9280.15	220.96			
Total	48	13847.02				

Coefficiente de Variación = 18.69 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	0ppm Ca + 0ppm B	96,957	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	83,886	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	81,186	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	80,643	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	76,329	bc	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	75,571	bc	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	62,214	c	4

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 7

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL PESO FRESCO FINAL DE LA PLANTA DE FRESA (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	27803.40	4633.90	1.03	0.4214	ns
Error	42	189518.01	4512.33			
Total	48	217321.42				

Coefficiente de Variación = 31.28 %

N° de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	Oppm Ca + 54ppm B	248.90	a	1
4	100ppm Ca + Oppm B	244.29	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	219.00	a	1
0	Oppm Ca + Oppm B	212.24	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	208.17	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	193.13	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	177.36	a	1

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 8

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL RENDIMIENTO (Kg/m²)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	2469.57	411.59	2.93	0.0176	*
Error	42	5895.61	140.37			
Total	48	8365.18				

Coefficiente de Variación = 17.88 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	0ppm Ca + 54ppm B	7,569	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	7,485	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	7,193	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	6,295	abc	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	6,174	abc	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	5,922	bc	4
2	100ppm Ca + 54ppm B	5,750	c	5

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 9

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL NÚMERO TOTAL DE FRUTOS

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	529.55	88.26	2.76	0.0238	*
Error	42	1344.57	32.01			
Total	48	1874.12				

Coefficiente de Variación = 19.82 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	0ppm Ca + 54ppm B	33,429	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	32,000	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	30,000	abc	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	28,000	abc	3
3	200ppm Ca + 108ppm B	27,571	abc	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	25,571	bc	4
2	100ppm Ca + 54ppm B	23,286	c	5

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 10

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL PESO PROMEDIO DEL FRUTO (g)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	10.72	1.79	0.76	0.6054	ns
Error	42	98.74	2.35			
Total	48	109.46				

Coefficiente de Variación = 11.39 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	14.17	a	1
0	Oppm Ca + Oppm B	14.04	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	13.49	a	1
4	100ppm Ca + Oppm B	13.43	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	13.27	a	1
5	Oppm Ca + 54ppm B	13.04	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	12.77	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 11

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LA PRODUCCIÓN TOTAL POR PLANTA (g/planta)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	81564.68	13594.11	2.93	0.0176	*
Error	42	194713.02	4636.02			
Total	48	276277.70				

Coefficiente de Variación = 17.88 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	0ppm Ca + 54ppm B	435.01	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	430.20	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	413.37	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	361.76	abc	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	354.81	abc	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	340.33	bc	4
2	100ppm Ca + 54ppm B	330.44	c	5

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 12

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	1.43	0.23889683	3.00	0.0422	*
Error	14	1.11	0.07958571			
Total	20	2.55				

Coefficiente de Variación = 11.37 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	2.83	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	2.79	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	2.67	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	2.43	abc	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	2.28	bc	4
6	300ppm Ca + 162ppm B	2.25	bc	4
5	0ppm Ca + 54ppm B	2.11	c	5

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 13

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.01119048	0.00186508	0.26	0.9470	ns
Error	14	0.10066667	0.00719048			
Total	20	0.11185714				

Coefficiente de Variación = 3.44 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	2.50	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	2.49	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	2.48	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	2.47	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	2.46	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	2.44	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	2.44	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 14

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.01185714	0.00197619	0.14	0.9877	ns
Error	14	0.19400000	0.01385714			
Total	20	0.20585714				

Coefficiente de Variación = 16.72 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	Oppm Ca + Oppm B	1.78	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	1.78	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	1.76	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	1.75	a	1
4	100ppm Ca + Oppm B	1.74	a	1
5	Oppm Ca + 54ppm B	1.74	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	1.71	a	1

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 15

ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE FÓSFORO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00996190	0.00166032	1.86	0.1579	ns
Error	14	0.01246667	0.00089048			
Total	20	0.02242857				

Coefficiente de Variación = 18.13 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.400	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.380	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.373	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.370	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.367	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.357	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.323	b	3

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 16

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE FÓSFORO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00216190	0.00036032	0.45	0.8349	ns
Error	14	0.01126667	0.00080476			
Total	20	0.01342857				

Coefficiente de Variación = 17.61 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.38667	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.38333	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.38000	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.37333	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.36667	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.36000	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.36000	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 17

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE FÓSFORO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00960000	0.00160000	2.32	0.0916	ns
Error	14	0.00966667	0.00069048			
Total	20	0.01926667				

Coefficiente de Variación = 17.17 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.41000	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.38000	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.37333	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.35667	b	3
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.35333	b	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.35000	b	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.34333	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 18

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE POTASIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.14698095	0.02449683	2.76	0.0550	ns
Error	14	0.12420000	0.00887143			
Total	20	0.27118095				

Coefficiente de Variación = 13.73 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	2.71	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	2.56	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	2.55	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	2.48	b	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	2.47	b	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	2.46	b	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	2.46	b	3

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 19

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE POTASIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.75582857	0.12597143	4.21	0.0126	*
Error	14	0.41920000	0.02994286			
Total	20	1,175				

Coefficiente de Variación = 16.31 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	3.12	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	2.87	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	2.76	bc	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	2.73	bc	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	2.65	bc	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	2.55	bc	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	2.52	c	4

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 20

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE POTASIO EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.47531429	0.07921905	2.61	0.0656	ns
Error	14	0.42566667	0.03040476			
Total	20	0.90098095				

Coefficiente de Variación = 16.51 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	2.79	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	2.78	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	2.77	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	2.76	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	2.73	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	2.58	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	2.35	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 21

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE CALCIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.02760000	0.00460000	0.85	0.5548	ns
Error	14	0.07600000	0.00542857			
Total	20	0.10360000				

Coefficiente de Variación = 15.58 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	0ppm Ca + 0ppm B	1.36	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	1.36	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	1.34	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	1.33	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	1.31	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	1.29	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	1.25	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 22

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE CALCIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.03416190	0.00569365	1.64	0.2097	ns
Error	14	0.04873333	0.00348095			
Total	20	0.08289524				

Coefficiente de Variación = 15.09 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + Oppm B	1.22	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	1.19	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	1.18	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	1.18	ab	2
0	Oppm Ca + Oppm B	1.15	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	1.11	ab	2
5	Oppm Ca + 54ppm B	1.09	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 23

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE CALCIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F.cal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.17842857	0.02973810	8.35	0.0006	*
Error	14	0.04986667	0.00356190			
Total	20	0.22829524				

Coefficiente de Variación = 15.79 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	1.23	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	1.09	b	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.99	bc	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.99	bc	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.98	bc	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.97	c	4
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.95	c	4

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 24

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE MAGNESIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00385714	0.00064286	1.53	0.2381	ns
Error	14	0.00586667	0.00041905			
Total	20	0.00972381				

Coefficiente de Variación = 16.24 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.35000	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.34000	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.33000	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.32667	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.32333	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.32333	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.30333	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 25

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE MAGNESIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.04599048	0.00766508	2.18	0.1080	ns
Error	14	0.04926667	0.00351905			
Total	20	0.09525714				

Coefficiente de Variación = 15.97 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.46000	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.39667	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.39333	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.37333	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.33000	b	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.32667	b	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.32000	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 26

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE MAGNESIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00592381	0.00098730	0.40	0.8642	ns
Error	14	0.03420000	0.00244286			
Total	20	0.04012381				

Coefficiente de Variación = 13.07 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.40333	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.39333	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.39333	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.37000	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.36667	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.36333	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.35667	a	1

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 27

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE AZUFRE EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00658095	0.00109683	2.88	0.0483	*
Error	14	0.00533333	0.00038095			
Total	20	0.01191429				

Coefficiente de Variación = 13.53 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.16000	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.15667	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.15667	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.15333	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.15000	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.11667	b	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.11667	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 28

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE AZUFRE EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00336190	0.00056032	2.50	0.0737	ns
Error	14	0.00313333	0.00022381			
Total	20	0.00649524				

Coefficiente de Variación = 19.13 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.18667	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.17333	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.17000	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.16000	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.15667	b	3
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.15333	b	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.14667	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 29

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE AZUFRE EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00489524	0.00081587	0.34	0.9018	ns
Error	14	0.03320000	0.00237143			
Total	20	0.03809524				

Coefficiente de Variación = 24.41 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.22333	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.21000	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.20667	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.20000	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.20000	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.18000	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.17667	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 30

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	15.24	2.54	0.47	0.8180	ns
Error	14	75.33	5.38			
Total	20	90.57				

Coefficiente de Variación = 17.96 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	30,667	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	29,667	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	29,667	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	29,000	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	28,667	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	28,333	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	28,000	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 31

ANALISIS DE VARIANCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	63.62	10.60	3.14	0.0366	*
Error	14	47.33	3.38			
Total	20	110.95				

Coefficiente de Variación = 16.82 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
4	100ppm Ca + 0ppm B	30,333	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	28,000	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	27,333	abc	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	26,333	bc	4
0	0ppm Ca + 0ppm B	26,333	bc	4
6	300ppm Ca + 162ppm B	26,000	bc	4
2	100ppm Ca + 54ppm B	24,333	c	5

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 32

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	9.90	1.65	0.42	0.8552	ns
Error	14	55.33	3.95			
Total	20	65.24				

Coefficiente de Variación = 19.71 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	22,000	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	20,667	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	20,333	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	20,333	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	20,333	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	20,000	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	19,667	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 33

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	30.29	5.05	1.51	0.2441	ns
Error	14	46.67	3.33			
Total	20	76.95				

Coefficiente de Variación = 36.17 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	6,667	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	6,333	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	6,000	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	5,000	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	4,000	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	3,667	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	3,667	a	1

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 34

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	13.62	2.27	2.38	0.0847	ns
Error	14	13.33	0.95			
Total	20	26.95				

Coefficiente de Variación = 24.11 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	Oppm Ca + Oppm B	5.67	a	1
5	Oppm Ca + 54ppm B	4.33	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	4.33	ab	2
4	100ppm Ca + Oppm B	4.00	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	3.67	b	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	3.33	b	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	3.00	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 35

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	61.81	10.30	3.28	0.0315	*
Error	14	44.00	3.14			
Total	20	105.81				

Coefficiente de Variación = 33.84 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	8,333	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	6,667	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	5,667	abc	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	4,667	bc	4
3	200ppm Ca + 108ppm B	4,667	bc	4
4	100ppm Ca + 0ppm B	4,000	bc	4
6	300ppm Ca + 162ppm B	2,667	c	5

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 36

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	1244.57	207.43	3.73	0.0199	*
Error	14	778.67	55.62			
Total	20	2023.24				

Coefficiente de Variación = 16.03 %

N° de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	63,333	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	48,333	b	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	47,000	b	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	45,333	b	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	44,000	b	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	40,000	b	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	37,667	b	2

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 37

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	74.95	12.49	2.13	0.1140	ns
Error	14	82.00	5.86			
Total	20	156.95				

Coefficiente de Variación = 18.24 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	33,000	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	31,333	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	29,333	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	28,333	b	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	28,333	b	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	27,667	b	3
4	100ppm Ca + 0ppm B	27,667	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
 Nivel de Significación = 0,05

Anexo 38

ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	32.29	538,095,238	2.22	0.1032	ns
Error	14	34.00	242,857,143			
Total	20	66.29				

Coefficiente de Variación = 10.91 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
5	Oppm Ca + 54ppm B	16,333	a	1
0	Oppm Ca + Oppm B	15,333	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	14,667	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	14,667	ab	2
4	100ppm Ca + Oppm B	13,333	b	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	13,000	b	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	12,667	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 39

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE HIERRO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F.cal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	14415.24	2402.54	5.08	0.0058	*
Error	14	6627.33	473.38			
Total	20	21042.57				

Coefficiente de Variación = 12.89 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	202.00	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	186.00	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	176.33	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	175.67	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	174.67	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	153.67	b	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	113.67	c	4

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 40

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE HIERRO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	11953.24	1992.21	6.35	0.0021	*
Error	14	4390.00	313.57			
Total	20	16343.24				

Coefficiente de Variación = 11.24 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	184.67	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	183.00	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	172.00	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	162.00	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	152.33	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	132.67	bc	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	116.00	c	4

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 41

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE HIERRO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	25718.57	4286.43	7.50	0.0010	*
Error	14	8000.67	571.48			
Total	20	33719.24				

Coefficiente de Variación = 12.75 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	255.00	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	206.00	b	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	201.33	bc	3
4	100ppm Ca + 0ppm B	187.33	bcd	4
3	200ppm Ca + 108ppm B	160.67	cd	5
6	300ppm Ca + 162ppm B	159.00	cd	5
5	0ppm Ca + 54ppm B	143.33	d	6

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 42

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE BORO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	6038.95	1006.49	2.27	0.0971	ns
Error	14	6215.33	443.95			
Total	20	12254.29				

Coefficiente de Variación = 17.17 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	157.67	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	131.00	ab	2
2	100ppm Ca + 54ppm B	129.67	ab	2
5	0ppm Ca + 54ppm B	113.67	b	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	113.33	b	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	107.00	b	3
4	100ppm Ca + 0ppm B	106.67	b	3

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 43

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE BORO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	2,883,333,333	480,555,556	2.99	0.0426	*
Error	14	2,247,333,333	160,523,810			
Total	20	5,130,666,667				

Coefficiente de Variación = 14.96 %

N° de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
3	200ppm Ca + 108ppm B	96.00	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	95.67	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	94.00	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	92.67	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	76.33	ab	2
0	0ppm Ca + 0ppm B	69.33	b	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	68.67	b	3

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 44

ANALISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE BORO EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	4584.00	764.00	3.46	0.0261	*
Error	14	3092.67	220.90			
Total	20	7676.67				

Coefficiente de Variación = 14.91 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	131.00	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	110.67	ab	2
4	100ppm Ca + 0ppm B	98.00	b	3
3	200ppm Ca + 108ppm B	91.67	b	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	90.00	b	3
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	88.67	b	3
6	300ppm Ca + 162ppm B	87.67	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 45

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE SODIO EN LAS HOJAS DE FRESA EN EL PERÍODO DE COSECHA (23/10/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00044762	0.00007460	3.92	0.0166	*
Error	14	0.00026667	0.00001905			
Total	20	0.00071429				

Coefficiente de Variación = 12.73 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.040000	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.040000	a	1
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.036667	ab	2
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.033333	abc	3
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.033333	abc	3
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.030000	bc	4
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.026667	c	5

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05

Anexo 46

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE SODIO EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE ALTA PRODUCCIÓN (11/12/02)

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00039048	0.00006508	1.71	0.1915	ns
Error	14	0.00053333	0.00003810			
Total	20	0.00092381				

Coefficiente de Variación = 24.93 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.030000	a	1
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.030000	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.026667	a	1
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.026667	a	1
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.020000	a	1
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.020000	a	1
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.020000	a	1

Número de Grados de Libertad = 6

Nivel de Significación = 0,05

Anexo 47

**ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SODIO EN LAS HOJAS DE FRESA
EN EL PERÍODO DE TÉRMINO DE COSECHA (20/02/03)**

Tabla de análisis de variancia

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal.	Prob.	Significación
Tratamiento	6	0.00164762	0.00027460	2.31	0.0927	ns
Error	14	0.00166667	0.00011905			
Total	20	0.00331429				

Coefficiente de Variación = 24.64 %

Nº de tratamiento	Tratamiento	Promedio	Duncan	Orden de mérito
0	0ppm Ca + 0ppm B	0.063333	a	1
1	21ppm Ca + 0.17ppm B	0.050000	ab	2
3	200ppm Ca + 108ppm B	0.043333	ab	2
6	300ppm Ca + 162ppm B	0.040000	b	3
5	0ppm Ca + 54ppm B	0.040000	b	3
4	100ppm Ca + 0ppm B	0.036667	b	3
2	100ppm Ca + 54ppm B	0.036667	b	3

Número de Grados de Libertad = 6
Nivel de Significación = 0,05