



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

**DEMANDA NUTRIMENTAL DE CUATRO VARIEDADES DE
FRESA (*Fragaria X annanasa*), CULTIVADAS EN LA
REGIÓN DE ZAMORA MICHOACÁN.**

MARTIN AGUILAR TLATELPA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

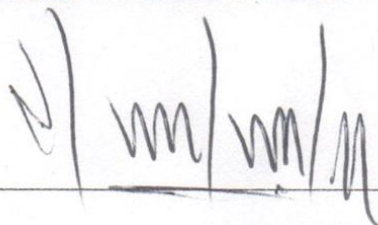
La presente tesis titulada: **DEMANDA NUTRIMENTAL DE CUATRO VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria x annanasa*), CULTIVADAS EN LA REGIÓN DE ZAMORA MICHOACÁN**, realizada por el alumno: **Martin Aguilar Tlatelpa**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

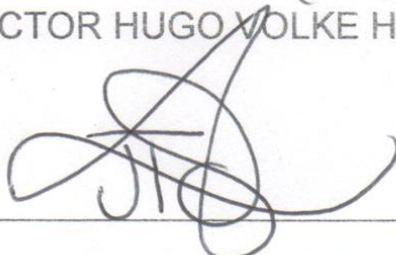
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. VICTOR HUGO VOLKE HALLER

ASESOR:



DR. PROMETEO SANCHEZ GARCIA

ASESOR:



DR. MARIO PEREZ GRAJALES

Montecillo, Texcoco, México, abril de 2011

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por darme la vida y su acertada formación que me permite disfrutar de todos los logros presentes en la vida.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en el Instituto de Recursos Naturales, en especial al Programa de Edafología.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado durante mis estudios a nivel maestría.

Al Dr. Victor Hugo Volke Haller, por todo el tiempo dedicado a la planeación y desarrollo de este trabajo de investigación, en especial por todo el apoyo en las revisiones del presente escrito.

Al Dr. Prometeo Sánchez García, por todo su apoyo desinteresado y tiempo prestado para la realización del presente trabajo.

A todos los profesores que mediante sus cursos y asesorías contribuyeron a mi formación profesional.

A todas aquellos compañeros que hicieron de mi paso por el Colegio de Postgraduados una gran experiencia.

DEDICATORIA

A mis padres los profesores

Gregorio Aguilar y Mireya Tlatelpa

por enseñarme el camino a seguir y por todo su apoyo incondicional.

A mi familia

Marja Liza y Liza Mirella

Por su compañía y motivación de cada día

DEMANDA NUTRIMENTAL DE CUATRO VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria x annanasa*), CULTIVADAS EN LA REGIÓN DE ZAMORA MICHOACÁN

Martin Aguilar Tlatelpa, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la demanda nutrimental de las variedades de fresa Albión, Festival, Jacona y Zamorana, durante su ciclo de desarrollo, cultivadas bajo condiciones de túnel de plástico, en sustrato de fibra de coco y fertirriego, en la zona de Zamora, Michoacán. Se muestreó parte aérea mas corona, para determinar materia seca, concentración nutrimental y contenido nutrimental, durante un periodo de 165 días después del trasplante, con muestreos cada 15 días. En la acumulación de materia seca se observaron algunas diferencias entre variedades a partir del día 90, con mayor contenido de biomasa aérea más corona para Jacona y Festival, menores para Albión e intermedias para Zamorana. La concentración nutrimental presentó variaciones en el tiempo, aunque sin mostrar tendencias claras, excepto para P, que tendió a incrementarse en las variedades Albion, Festival y Zamorana, para K que mostró un mayor valor a los 140 días en las variedades Albion, Jacona y Zamorana, para S que mostro una disminución hasta los 60 ddt en las variedades Albion y Festival, para Fe y Mn que presentaron una disminución hasta los 30 ddt en las cuatro variedades, para B que presentó un incremento después de una disminución inicial hasta los 30 ddt en las cuatro variedades, para zinc que mostró cierta disminución en las cuatro variedades y para Na que presentó una disminución hasta los 30 a 35 ddt en las cuatro variedades. El contenido nutrimental siguió un comportamiento similar a la acumulación de biomasa aérea más corona, con las diferencias debidas a las variaciones en tendencias de la concentración de algunos nutrimentos en el tiempo.

Palabras claves: *Fragaria x annanasa*, fenología, concentración, contenido nutrimental, nutrición.

**NUTRIENT DEMAND OF FOUR STRAWBERRY VARIETIES (*Fragaria x annasa*),
CULTIVATED IN ZAMORA MICHOACAN**

Martin Aguilar Tlatelpa, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

In this thesis presents the evaluation of nutrient demand of the varieties of strawberries Albion, Festival, Jacona and Zamorana, in their growth cycle; growing in plastic tunnel, in coconut fiber substrate and fertigation, in Zamora, Michoacan, Mexico. Was sampled of the full plant canopy and crown, to measure dry matter, nutrient concentration and nutrient content in a period of 165 days after transplanting, sampling every 15 days. In dry matter accumulation there were some differences between varieties from day 90, with more content of the full plant canopy and crown for Jacona and Festival, minor for Albion and intermediate in Zamorana. The nutrient concentration had variations in time, however showed no definite trends, except for P, was trend to increased in the varieties Albion, Festival and Zamorana, for K increased the value at the 140 days after transplanting in varieties Albion, Jacona y Zamorana, for S showed a decrease at 60 days in the varieties Albion and Festival, for Fe and Mg showed a decrease at 30 days in the four varieties, for B showed a increase after a decrease until the 30 days in the four varieties, for Zn showed a decrease in the four varieties and for Na had a decrease in the 30 to 35 days in the four varieties. The nutrients contents followed a similar trend to the accumulation of aboveground biomass, with the differences of the variations in the trends of the concentrations of some nutrients in the time.

Index words: *Fragaria x annanasa, phenology, concentration, nutrient content, nutrition.*

DEMANDA NUTRIMENTAL DE CUATRO VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria X annasa*), CULTIVADAS EN LA REGIÓN DE ZAMORA MICHOACÁN.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ILUSTRACIONES	xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 General	4
2.2 Particulares	4
III. HIPOTESIS	5
3.1 General	5
3.2 Particulares	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 El cultivo de la fresa en México, Michoacán y Zamora.....	6
4.2 Sistemas de producción de fresa en Zamora.....	10
4.2.1. Sistema tradicional	10
4.2.2. Sistema de tecnología intermedia	12
4.2.3. Sistema de tecnología avanzada.....	12
4.3 Fenología de la planta de fresa.....	13
4.3.1 Fases fenológicas del cultivo de fresa.....	15
4.4 Nutrición de la fresa	18

4.4.1 Nitrógeno	18
4.4.2 Fósforo	21
4.4.3 Potasio	22
4.4.4 Calcio	23
4.4.5 Azufre	24
4.4.6 Magnesio	24
4.4.7 Boro	25
4.4.8 Hierro	26
4.4.9 Manganeso	27
4.4.10 Cobre	28
4.4.11 Molibdeno	28
4.4.12 Zinc	29
4.1.13 Sodio	30
4.4.14 Silicio	30
4.4.15 Fertirriego	31
V. MATERIALES Y METODOS	35
5.1 Ubicación del sitio experimental	35
5.2 El experimento	36
5.3 Variables a evaluar	37
5.4 Análisis de la información	38
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1 Fenología del cultivo de fresa	39
6.2 Producción de materia seca en biomasa aérea más corona	44
6.3 Concentración nutrimental en parte aérea más corona en cuatro variedades de fresa	47

6.3.1 Nitrógeno	47
6.3.2 Fósforo	50
6.3.3 Potasio.....	52
6.3.4 Calcio.....	53
6.3.5 Magnesio	55
6.3.6 Azufre	57
6.3.7 Hierro.....	59
6.3.8 Boro.....	61
6.3.9 Zinc.....	63
6.3.10 Manganeso.....	65
6.3.11 Sodio	68
6.4 Concentración nutrimental por órganos	70
6.4.1 Nitrógeno	70
6.4.2 Fósforo	73
6.4.3 Potasio.....	76
6.4.4 Calcio.....	78
6.4.5 Magnesio	80
6.4.6 Azufre	83
6.4.7 Hierro.....	85
6.4.8 Boro.....	87
6.4.9 Zinc.....	89
6.4.10 Manganeso.....	91
6.4.11 Sodio	93
6.5 Contenido nutrimental	95
6.5.1 Nitrógeno	95

6.5.2 Fósforo	98
6.5.3 Potasio.....	100
6.5.4 Calcio.....	103
6.5.5 Magnesio	106
6.5.6 Azufre	109
6.5.7 Hierro.....	112
6.5.8 Boro.....	114
6.5.9 Zinc.....	117
6.5.10 Manganeseo.....	119
6.5.11 Sodio	122
6.5.12 Consumo de nutrientes al final del ciclo de cultivo	125
6.5.13 Consumo de nutrimentos en cada etapa fenológica.....	126
VII. CONCLUSIONES	128
7.1 Acumulación de materia seca en biomasa aérea mas corona	128
7.2 Concentración nutrimental en planta y órganos	128
7.3 Consumo nutrimental en fresa.	129
7.4 Concentración, en planta, órganos y consumo nutrimental en cada elemento evaluado	129
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	136
IX. ANEXO.....	139

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades de fresa introducidas en el Valle de Zamora, Michoacán.....	8
Cuadro 2. Tipología de productores de fresa en el Valle de Zamora, Michoacán.....	11
Cuadro 3. Solución nutritiva recomendada en Israel para fresa en cultivo sin suelo.....	33
Cuadro 4. Solución fertilizante ideal para el cultivo de fresa.....	34
Cuadro 5. Acumulación de materia seca expresada en gramos por planta en cuatro variedades de fresa.....	45
Cuadro 6. Consumo de nutrimentos en planta completa por etapa fenológica en fresa para las variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana considerando una densidad de 50 000 pl.ha ⁻¹ y un rendimiento de 50 t.ha ⁻¹	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materia seca acumulada en cuatro variedades de fresa	46
Figura 2. Concentración de nitrógeno en planta, durante el ciclo de cultivo	49
Figura 3. Concentración de fosforo en planta, durante el ciclo de cultivo	51
Figura 4. Concentración potasio en planta, durante el ciclo de cultivo.....	53
Figura 5. Concentración calcio en planta, durante el ciclo de cultivo	55
Figura 6. Concentración magnesio en planta, durante el ciclo de cultivo	57
Figura 7. Concentración azufre en planta, durante el ciclo de cultivo	59
Figura 8. Concentración hierro en planta, durante el ciclo de cultivo	61
Figura 9. Concentración boro en planta, durante el ciclo de cultivo	63
Figura 10 Concentración zinc en planta, durante el ciclo de cultivo	65
Figura 11. Concentración manganeso en planta, durante el ciclo de cultivo.....	67
Figura 12. Concentración sodio en planta, durante el ciclo de cultivo.....	69
Figura 13. Concentración de nitrógeno en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	72
Figura 14. Concentración de fosforo en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	75
Figura 15. Concentración de potasio en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	77
Figura 16. Concentración de calcio en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	79

Figura 17. Concentración de magnesio en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	82
Figura 18. Concentración de Calcio en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	84
Figura 19. Concentración de hierro en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	86
Figura 20. Concentración de boro en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	88
Figura 21. Concentración de zinc en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	90
Figura 22. Concentración de manganeso en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	92
Figura 23. Concentración de sodio en órganos en cuatro variedades de fresa, en los muestreos 10 y 11	94
Figura 24. Consumo de nitrógeno, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	97
Figura 25. Consumo de fósforo, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	100
Figura 26. Consumo de potasio durante el ciclo de crecimiento de cuatro variedades de fresa	103
Figura 27. Consumo de calcio, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	106

Figura 28. Consumo de magnesio, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	109
Figura 29. Consumo de azufre, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	111
Figura 30. Consumo de hierro, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	114
Figura 31. Consumo de boro, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	116
Figura 32. Consumo de zinc, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	119
Figura 33. Consumo de manganeso, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	121
Figura 35. Consumo de sodio, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa	124

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Etapas fenológicas del cultivo de la fresa.	17
Ilustración 2. Ubicación del sitio del experimento.....	35
Ilustración 3. Etapas fenológicas de fresa variedad Albion, en cada muestreo realizado.....	40
Ilustración 4. Etapas fenológicas de fresa variedad Festival, en cada muestreo realizado.....	41
Ilustración 5. Etapas fenológicas de fresa variedad Jacona, en cada muestreo realizado.....	42
Ilustración 6. Etapas fenológicas de fresa variedad Zamorana, en cada muestreo realizado.....	43

I. INTRODUCCION

La fresa se cultiva en 11 estados del país, de los cuales los que concentran la mayor superficie son: Michoacán, Guanajuato y Baja California, que representan el 95% tanto de la superficie sembrada como de la producción. Si bien la fresa ocupa menos del 1% de la superficie total dedicada a la agricultura, tiene un papel importante a nivel regional en dos aspectos: a) el número de empleos que genera en la época de cosecha, considerando que el número de mano de obra alcanza los 1185 jornales.ha⁻¹, considerando las etapas de vivero, plantación comercial e industrialización (Vega, 2007) y de las diversas actividades que se dan en las empacadoras; b) las grandes inversiones en insumos que se canalizan para la producción. (Plan Rector Sistema-Producto Fresa, 2004).

Michoacán es el primer estado productor de fresa en el país, observando en el año 2009, abarcó una superficie de 3561 ha, que correspondió al 55% de la superficie total del país, y aportó una producción de 114 784 t, equivalente al 52% de la cosecha nacional, con un valor de 668 millones de pesos, estimados a partir de un precio medio de \$ 5 820 pesos.t⁻¹ (SIAP, 2009); en el estado se distinguen tres regiones productoras de fresa: el Valle de Zamora, la región de Panindicuario y el Valle de Maravatio.

El Valle de Zamora es considerado como la mayor zona productora de todo el país, con una superficie de 2 353 ha y una producción de 94 062 t, la que a un precio medio de \$ 5 734 pesos.t⁻¹, representó un ingreso de \$ 539 millones de pesos (SIAP, 2009). En términos de nivel tecnológico, en el valle de Zamora existen tres sistemas de producción de fresa, que son: tradicional, intermedio y avanzado. En el sistema tradicional, los rendimientos van de 18 a 22 t.ha⁻¹, emplean formas de cultivo tradicionales, utilizan pocos insumos e invierten poco capital, riegan mediante riego rodado, desinfectan por medio de inundación, el producto se destina al mercado regional. En el sistema intermedio, los rendimientos son del orden de 40 t.ha⁻¹, utilizan acolchado de plástico, usan sistemas de riego por goteo, desinfectan por inundación, por lo general su producción está dirigida a las acopiadoras, aunque algunos venden su producción a través de comisionistas, siendo este el sistema de producción predominante; en el sistema avanzado, se tienen rendimientos del orden de 50 t.ha⁻¹,

emplean tecnologías modernas, cultivan bajo túneles de plástico, usan acolchado de plástico, utilizan riego por goteo y fertirriego, tienen contrato de venta con empresas extranjeras (Vega, 2007; Lundy, 2007).

El uso de tecnologías mejoradas en el Valle de Zamora se inició en 1991 con la introducción del acolchado de plástico, el cual incrementa el rendimiento, la limpieza, sanidad y calidad de la fruta, genera precocidad en la planta, controla malezas, permite el fertirriego, con el cual se logra una mayor eficiencia de riego y del fertilizante que se aplica directamente en la zona radical; sin embargo fue hasta 1998 cuando comenzó el uso de los túneles de plástico para proteger al cultivo de las lluvias tardías o de las bajas temperaturas, y en el 2002 se inició el cultivo semi hidropónico por parte de productores innovadores, lo que continúa hasta la fecha en mayores extensiones (Vega, 2007). En los últimos años el cultivo de fresa ha dado un giro en las técnicas de producción, introduciendo la hidroponía y el cultivo en sustrato, con la finalidad de evitar los patógenos propios del suelo que limitan el desarrollo del material vegetal y ampliar la superficie cultivada; sin embargo, para lograr la eficiencia de estas técnicas productivas, se requiere de experimentación con el fin de afinar detalles que en el cultivo en suelo son imperceptibles.

De los factores que afectan la producción del cultivo, uno de gran importancia es la nutrición, en cuanto a fuentes de fertilizantes, oportunidad y cantidades aplicadas. Ella depende de la variedad en relación con el rendimiento y requerimientos nutrimentales, de la eficiencia de la fertilización que tiene que ver con el método de cultivo ya sea en suelo o sustrato, siendo este último más eficiente que el primero, y en alguna medida del aporte de nutrimentos del medio de cultivo, suelo o sustrato. Los requerimientos nutrimentales, están relacionados con la demanda por la planta, lo que a su vez dependerá de la producción de materia seca y la concentración nutrimental, aspectos que difieren entre variedades. Por otro lado, en un cultivo con altas demandas nutrimentales, manejado bajo condiciones de cultivo en sustrato, son importantes las relaciones iónicas, en términos de que concentraciones elevadas de algún elemento causan desbalances nutrimentales que afectan el desarrollo de la planta. A su vez, la aplicación adecuada de nutrimentos es importante en la producción sustentable de un

cultivo (Tagliavini *et al.* 1996), y en el cuidado del ambiente. Para establecer cualquier programa de fertilización es necesario considerar la demanda nutrimental de un cultivo durante su ciclo de producción, la que se determina considerando la absorción de nutrimentos y de producción de biomasa (Molina *et al.* 1993).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la demanda nutrimental durante el ciclo de producción de las variedades de fresa Albion, Festival, Jacona y Zamorana, cultivadas en sustrato de fibra de coco y fertirriego, bajo túnel de plástico, en el Valle de Zamora, Michoacán.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Determinar la demanda nutrimental durante el ciclo de cultivo, de las variedades de fresa Albion, Festival, Jacona y Zamorana, cultivadas en sustrato de fibra de coco con fertirriego en el Valle de Zamora Michoacán.

2.2 Particulares

- Obtener la curva de acumulación de biomasa aérea más corona durante el ciclo de cultivo.
- Determinar la concentración nutrimental en parte aérea más corona durante el ciclo de cultivo.
- Obtener la curva de contenido nutrimental de la parte aérea más corona, durante el ciclo de cultivo.
- Definir el consumo de nutrimentos en el cultivo de fresa por etapa fenológica.

III. HIPOTESIS

3.1 General

- La demanda nutrimental durante el ciclo de cultivo difiere entre las variedades de fresa Albión, Festival, Jacona y Zamorana, dependiendo de la concentración de nutrimentos en cada variedad y de la producción de biomasa aérea más corona.

3.2 Particulares

- Existen diferencias entre variedades, en producción de biomasa aérea más corona, en concentración nutrimental y en contenido nutrimental de parte aérea más corona.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El cultivo de la fresa en México, Michoacán y Zamora

El cultivo de la fresa en México se inició a mediados del siglo XIX en el estado de Guanajuato. Inicialmente la producción se concentró en cubrir las necesidades del mercado nacional y fue hasta el año de 1950 cuando aumentó su importancia, gracias a las exportaciones hacia los Estados Unidos de América; esto hizo que el cultivo se extendiera a varios estados del país, como Baja California Sur y Baja California Norte, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Sinaloa (SIAP, 2010), conjuntamente con la instalación creciente de congeladoras y empacadoras dentro de las regiones freseras, (Barreiro, 1998).

El estado de Michoacán ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción de fresa ya que genera 52.4% de la producción en México. En el ciclo agrícola 2009 la superficie plantada fue de 3561 ha, con una producción de 114 784 t, el rendimiento medio estimado fue de 32.2 t.ha⁻¹; los distritos productores de fresa fueron: La Piedad, con una superficie de 259 ha, Morelia, con 4 ha, Sahuayo, con 40 ha, Zamora, con 2 353 ha y Zitácuaro, con 905 ha y el volumen de producción fue en La Piedad de 4 890 t, en Morelia de 92 t, en Sahuayo de 799 t, en Zamora de 94 062 t y en Zitácuaro de 14 941 t; el rendimiento de fruto varía de 17 t.ha⁻¹ en Zitácuaro hasta 40 t.ha⁻¹ en Zamora; el precio medio fue de 5 820 \$.t⁻¹, el mayor precio se presentó en La Piedad con 7 129 \$.t⁻¹ y el menor en Zamora con 5 734 \$.t⁻¹ (SIAP, 2010).

El Valle de Zamora en el estado de Michoacán es una zona productora de fresa de la cual se benefician no solo los agricultores y técnicos agrícolas, sino también numerosas familias cuya principal actividad es el jornal. Según Vega (2007), las primeras plantas de fresa que llegaron a Zamora fueron llevadas por comerciantes de la zona, provenientes de Tizapán el Alto Jalisco, donde en 1928 un religioso importó desde España plantas de fresa, mismas que con el tiempo se propagaron por la región. Sin embargo, fue hasta el año de 1938 cuando se hicieron plantaciones en Zamora, y siete años después en Jacona. En 1940, empresas de los Estados Unidos de Norteamérica introdujeron el cultivo comercial de la fresa en Guanajuato; en 1960, se desplazaron hacia el Valle de Zamora, Michoacán y 24 años después se trasladaron a

Baja California. Durante el transcurso de los años se han probado un gran número de variedades que se propagan en viveros especializados. Anualmente en el Valle de Zamora se establecen 500 ha de viveros de planta de fresa y alrededor de 2 000 ha de plantaciones comerciales, con un rendimiento promedio de 18 a 22 t.ha⁻¹ y superior a las 50 t.ha⁻¹ con tecnología de acolchado, riego por goteo y fertirrigación; esta actividad requiere de gran cantidad de mano de obra alrededor de 1 185 jornales.ha⁻¹ considerando vivero, plantación comercial e industrialización (Vega, 2007).

Actualmente, aunque la fresa ocupa un porcentaje muy pequeño de la superficie total dedicada a la agricultura en el país, guarda un papel económico importante, tanto a nivel regional como nacional. En el regional se pueden mencionar, en primer lugar, el gran número de empleos que genera en la época de cosecha y las diversas actividades que se generan en las empacadoras; en segundo lugar están las grandes inversiones que se canalizan para la producción, sobre todo si se considera que el cultivo de este producto es una de las actividades más costosas, pero igualmente de los que más reditúan (Barreiro, 1998).

En el Valle de Zamora se han cultivado alrededor de 48 variedades de fresa, de las cuales las más importantes fueron: **Klondike** o fresa corriente, una de las variedades con la que se inició el cultivo en 1938; **Florida 90** también conocida como **San Agustín**, variedad norteamericana introducida en 1960, denominada “fresa fina”; **Solana** y **Lanssen** introducidas en 1962, tenían problemas de consistencia de fruto y solo duraron 2 años; **Fresno** entró en 1965 y **Tioga** en 1966, producían fresas de elevada calidad y eran procedentes de Estados Unidos (Vega, 2007); las variedades más reconocidas fueron **Camarrosa**, **Driscoll's**, **Camarena** introducidas en 2005 y la **Camino Real**, introducida en el 2006; también se introdujeron variedades como la **Albión de tamaño gigante** y color morada, además de la **Diamante**; las variedades mexicanas **CP-Jacona** y **CP-Zamorana** se introdujeron en el año 2007, resultado del mejoramiento genético realizado por el Colegio de Postgraduados (Boucher *et al.* 2007). Como complemento a la descripción anterior se presenta el Cuadro 1, el cual contiene una cronología de las variedades introducidas en el Valle de Zamora.

Cuadro 1. Variedades de fresa introducidas en el Valle de Zamora, Michoacán.

Variedades	Año.
Klodike	1938
Florida 90	1960
Solana, Lassen	1962
Fresno	1965
Tioga, Torrey	1966
Aiko	1980
Douglas	1981
Brighton, Tuft, Sweet Charlie, Pajaro	1982
Chandler, Vista, Parker, Santana	1984
Oso Grande, Selva, Ferm, Muir	1987
Seascape	1989
Sequoia, tristar (Experimentalmente)	1990
Laguna, Camarosa, Diamante	1994
Gaviota, Aromas, Pacific, Capitola, Irvine	1996
Colima, Ventana	2001
Camino Real	2002
Festival, Whitney, Carisma, Andana	2003
Earlibrite, Tesoro	2004
Albion, Carmine, Cegnidarem, Galexia, Sabrosa	2005
CP Zamorana y CP Jacona	2007

Fuente: Vega, 2007

El sistema-producto de fresa incluye a los productores, proveedores de insumos y los canales de comercialización. Los proveedores de insumos abastecen a los productores de implementos tecnológicos, fertilizantes, plaguicidas y de planta, mismas que provienen de los Estados Unidos de Norte América o son producidas bajo licencia en el país.

Los canales de comercialización de la fresa en el Valle de Zamora son complejos; se organizan de acuerdo al mercado destino, el uso final del producto y de las temporadas por región productiva; la fresa se comercializa de forma distinta según su estado, que puede ser fresco o procesado (Boucher *et al.* 2007); los productores pueden agruparse y ofrecer directamente su producto a la central de abastos de la Ciudad de México, donde pagan comisiones por las ventas o dependen de un acopiador; en otros casos los comerciantes de la central de abastos conocen a sus proveedores, estableciendo una relación sólida de confianza, los pagos se efectúan de tres días a una semana después de la entrega y se pacta el precio por adelantado; otra forma de comercializar el producto consta de una relación de contrato en la que el comerciante provee de insumos y capital a los productores, asegurando así el abastecimiento de fresas, esta forma de comercialización se realiza sobre todo en productores tecnificados.

Según Lundy (2007), los productores de fresa, compradores y comercializadores de fruta fresca, canalizan el producto a tres mercados principales en el Valle de Zamora, que son: exportación hacia Estados Unidos, por empresas como Driscoll, Sun-Up, Wilpick y Frigorífico de Colima; al mercado nacional formal representado por Grupo Gaitan y Carlos Gutiérrez, donde el primero provee de producto al segundo; y al mercado nacional informal que se establece en “el Crucero”, donde se abastece a los mercados locales y regionales; otro destino de la fruta fresca son los procesadores de fresa y comercializadores del producto procesado. En total en Zamora existen de 36 a 40 empresas relacionadas con la transformación de fresa. El mercado exterior de la fresa lo constituyen principalmente los países altamente desarrollados, por su preferencia hacia este producto, sin embargo ellos producen grandes volúmenes de fresa siendo auto suficientes, con excepción de la temporada fría situada de diciembre a abril, época en la que importan el producto de otros países como México (Vega, 2007).

4.2 Sistemas de producción de fresa en Zamora

Los sistemas de producción del cultivo de la fresa en el Valle de Zamora tienen relación con el tipo de productor, del cual se observan tres categorías: pequeña, mediana y gran escala; cada una con características propias en cuanto al nivel de tecnología y monto de inversión (Lundy, 2007). En el Cuadro 2, se aprecia la tipología de productores en el valle de Zamora y sus principales diferencias; con cada tipología de productor corresponde un sistema de producción, por tanto existen tres tipos, estos son: tradicional, intermedio y avanzado, cada uno presenta características propias como se describe a continuación (Lundy, 2007).

4.2.1. Sistema tradicional

Emplean formas de cultivo tradicionales, utilizan pocos insumos e invierten poco capital; poseen minifundios (1 ha a 4 ha), tienen bajos rendimientos y deficiente calidad del producto. La comercialización se realiza en asociación con otros productores, en mercados de proximidad (locales) o enviando el producto a la central de abastos de la Ciudad de México; estos productores se concentran en Michoacán (a excepción de Zamora), en el Estado de México (Ixtapan de la Sal) y algunos en Irapuato (Guanajuato), siembran en campo abierto, con riego rodado usando agua de pozo o de río, desinfectan por medio de inundación y solarización durante dos meses, el costo aproximado de inversión es de \$90 000 a \$180 000, el rendimiento varía de 20 a 30 t.ha⁻¹, tiene un costo de producción de 4.50 a 7.90 \$.kg⁻¹, presenta problemas de inocuidad, tiene un ciclo de producción de noviembre a la llegada de las lluvias (mayo y junio) (Lundy, 2007).

Cuadro 2. Tipología de productores de fresa en el Valle de Zamora, Michoacán

Concepto	Escala pequeña	Escala media	Gran escala
Área cultivada (Ha)	0.33 a 2 ha.	2 a 5 ha	Más de 5 ha
Porcentaje del total de productores	35	60	5
porcentaje del volumen total de fresa producida	30	50	20
Tecnología empleada	100 % tradicional	Tradicional 80 % y media 20 %	Tradicional 2 %, media 13% y alta 85%
Mano de obra utilizada	Familiar y no familiar en cosecha	Familiar y no familiar para producción y cosecha	Mano de obra contratada
Importancia del cultivo como medio de vida	Dependen en gran medida de la fresa	Cuentan con otras fuentes de ingreso no agrícola	No dependen de la fresa son grandes propietarios con diversas inversiones productivas.
Residencia	En el campo	En el campo o centros poblados	Centros poblados
Inocuidad del cultivo	Baja. Si carecen de pozo, riegan con agua contaminada. no aplican BPA.	Baja. Ante la usencia de pozo, riegan con agua contaminada algunos aplican BPA.	Alta tienen pozos para riego y aplican BPA en sus campos de producción
tendencia del grupo dentro del sistema	Baja participación en producción total	Estable	Creciendo y aportando mayor producción

BPA = buenas prácticas agrícolas

Fuente: Lundy, 2007.

4.2.2. Sistema de tecnología intermedia

Poseen superficies de tamaño mediano (entre 4 ha y 10 ha); utilizan métodos tecnificados en la producción, tales como pozos profundos, sistema de acolchado o formato de plástico para proteger el cultivo; algunos emplean sistemas de pre-enfriado. Generalmente, establecen acuerdos de entrega de producción con las acopiadoras, aunque algunos venden su producción a través de comisionistas. En esta categoría, figuran algunos productores de Zamora (Michoacán) e Irapuato (Guanajuato); siembran en campo abierto con acolchado en plástico, riego por goteo con agua de pozo o de río a veces fertirriego, la desinfección del terreno se realiza al igual que la tecnología tradicional mediante inundación y solarización durante dos meses, alcanzan un costo de inversión de \$130 000 a \$208 874, tienen un rendimiento por hectárea de 40 t, un costo de producción de 3.25 a 5.22 \$.kg⁻¹, este tipo de tecnología genera fruto con mayor calidad en consistencia, presenta problemas de inocuidad con agua de río, su ciclo de producción va del 1 de noviembre a las llegadas de la lluvia (mayo o junio) (Lundy, 2007).

4.2.3. Sistema de tecnología avanzada

Emplean tecnologías modernas y tienen contratos con empresas norteamericanas, quienes aportan el capital, las inversiones, tecnologías, plántulas, insumos, empaques y se les entrega la totalidad de la producción, a excepción de la fresa de “descarte” (que no cumple con los estándares de calidad) que puede ser comercializada en el mercado interno. Productores con este nivel de tecnología se ubican en Michoacán, principalmente en el Valle de Zamora y Baja California; se cultiva bajo macro túneles con acolchado de plástico, riego por goteo con agua de pozo y fertirriego, como método para desinfectar el suelo utilizan bromuro de metilo, su costo de inversión asciende a montos que van de \$408 607 a \$450 000, el rendimiento alcanzado llega de 60 t hasta 90 t, el costo de producción es de 4.54 a 7.50 \$.kg⁻¹, este método de producción

presenta excelente calidad e inocuidad, con un ciclo productivo que va desde noviembre hasta finales de septiembre del siguiente año (Lundy, 2007).

4.3 Fenología de la planta de fresa.

La fenología es la ciencia que trata de los fenómenos biológicos periódicos de las plantas, como la brotación, floración, maduración del fruto, etc., relacionados con el clima y especialmente con los cambios estacionales a los que se encuentran sometidas las plantas. Desde el punto de vista agronómico su conocimiento permite extraer consecuencias con respecto a un microclima determinado y viceversa, de esta manera prever la respuesta de la planta. Desde el punto de vista económico estos datos convenientemente tratados, sirven para prevenir la aparición de una plaga, la necesidad de fertilizar, la aplicación de un producto hormonal etc. A pesar de los aspectos anteriores, hasta principios de los años 90 no existía una codificación homogénea para describir la fenología de las plantas cultivadas, y se estableció un sistema numérico, mismo que, mediante la asignación de dígitos identifica de modo uniforme los estadios de desarrollo de todas las plantas y facilita su información (Enz y Dachler, 1998).

La escala extendida BBCH (Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemical) es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Es el resultado de un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana, el Instituto Federal de Variedades (BSA) de la República Federal de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/ Erfurt, Alemania (IGZ). El código decimal, comprende los estadios de crecimiento principales y secundarios y está basado en el código desarrollado por Zadoks (1974) *in* Enz y Dachler (1998), con la intención de darle un mayor uso a las claves fenológicas.

Los principios básicos de la escala BBCH se describen a continuación (Enz y Dachler, 1998):

- ✓ La escala general es la base para todas las especies, elaborándose las escalas individuales a partir de ellas. La escala general puede ser aplicada a aquellas especies para las cuales no existe una escala individual.
- ✓ El mismo estadio fenológico de las diversas especies deberá tener el mismo código.
- ✓ Para cada código, la descripción es conocida, y para algunos importantes estadios, se incluyen dibujos.
- ✓ Para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo, se utilizaron características externas claramente reconocibles.
- ✓ Solo se tomara en consideración el desarrollo del tallo principal.
- ✓ La evaluación se hace individualmente con base en algunas plantas representativas del conjunto de la especie.
- ✓ Para indicar los tamaños específicos de las especies y/o variedades durante su desarrollo, se usan los tamaños relativos en relación con los tamaños finales a esperar.

Los estadios secundarios corresponden al respectivo número ordinal o valor porcentual. Por ejemplo el estadio 3 puede representar: la tercera hoja verdadera, tercer brote, tercer nudo, 30% de las flores abiertas.

La escala general BBCH y el código para cada estadio se mencionan a continuación:

0 Germinación, brotación, desarrollo de la yema; **1** Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal); **2** Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento); **3** Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo, de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal); **4** Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento; **5** Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento; **6** Floración (tallo principal); **7** Desarrollo del fruto; **8** Coloración o maduración de frutos y semillas; **9** Senescencia, comienzo de la dormancia.

Tratamientos de post-cosecha o almacenamiento se incluyen bajo el código **99**; Tratamiento de la semilla anteriores a la siembra se ubican bajo el código **00**.

4.3.1 Fases fenológicas del cultivo de fresa

En la ilustración 1, se presentan las etapas más importantes en el desarrollo de la fresa, descritas a continuación.

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)

Código Descripción

Estadio principal 0. Brotación

- 00 Letargo: las hojas postradas y muertas parcialmente
- 03 La yema principal comienza a crecer

Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas

- 10 Primeras hojas emergen de la yema principal
- 11 Primera hoja, desplegada
- 12 2 hojas, desplegadas
- 13 3 hojas, desplegadas
- 1. Los estadios continúan hasta.
- 19 9 o más hojas, desplegadas

Estadio principal 4. Desarrollo de las partes vegetativas cosechables

- 41 Comienzo de la formación de estolón: estolones, visibles (alrededor de 2 cm de longitud)
- 42 Primer hijo de la planta, visible
- 43 Comienzo del desarrollo radicular en el primer hijo de la planta
- 45 Primer hijo de la planta, con raíces (madura para ser trasplantada)
- 49 Varios hijos de la planta, con raíces (maduras para ser trasplantadas); formación de plantas hijas en forma continua.

Estadio principal 5. Aparición del órgano floral

- 55 Los primordios florales aparecen en la base de la roseta foliar
- 56 Inflorescencia alargándose
- 57 Primeras yemas florales salidas (cerradas todavía)
- 58 Estadio precoz de globo: primeras flores, con pétalos formando una bola hueca
- 59 Estadio de globo: la mayoría de las flores, con pétalos formando una bola hueca

Estadio principal 6. Floración

- 60 Primeras flores, abiertas (primarias o flores A, ver Ilustración 1)
- 61 Comienzo de la floración: alrededor de 10 % de las flores abiertas
- 65 Plena floración: flores secundarias (tipo B) y terciarias (tipo C), abiertas; caen los primeros pétalos
- 67 Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos caídos

Estadio principal 7. Formación del fruto

- 71 Receptáculo sobresaliendo de la corona de sépalos
- 73 Semillas, claramente visibles en el tejido del receptáculo

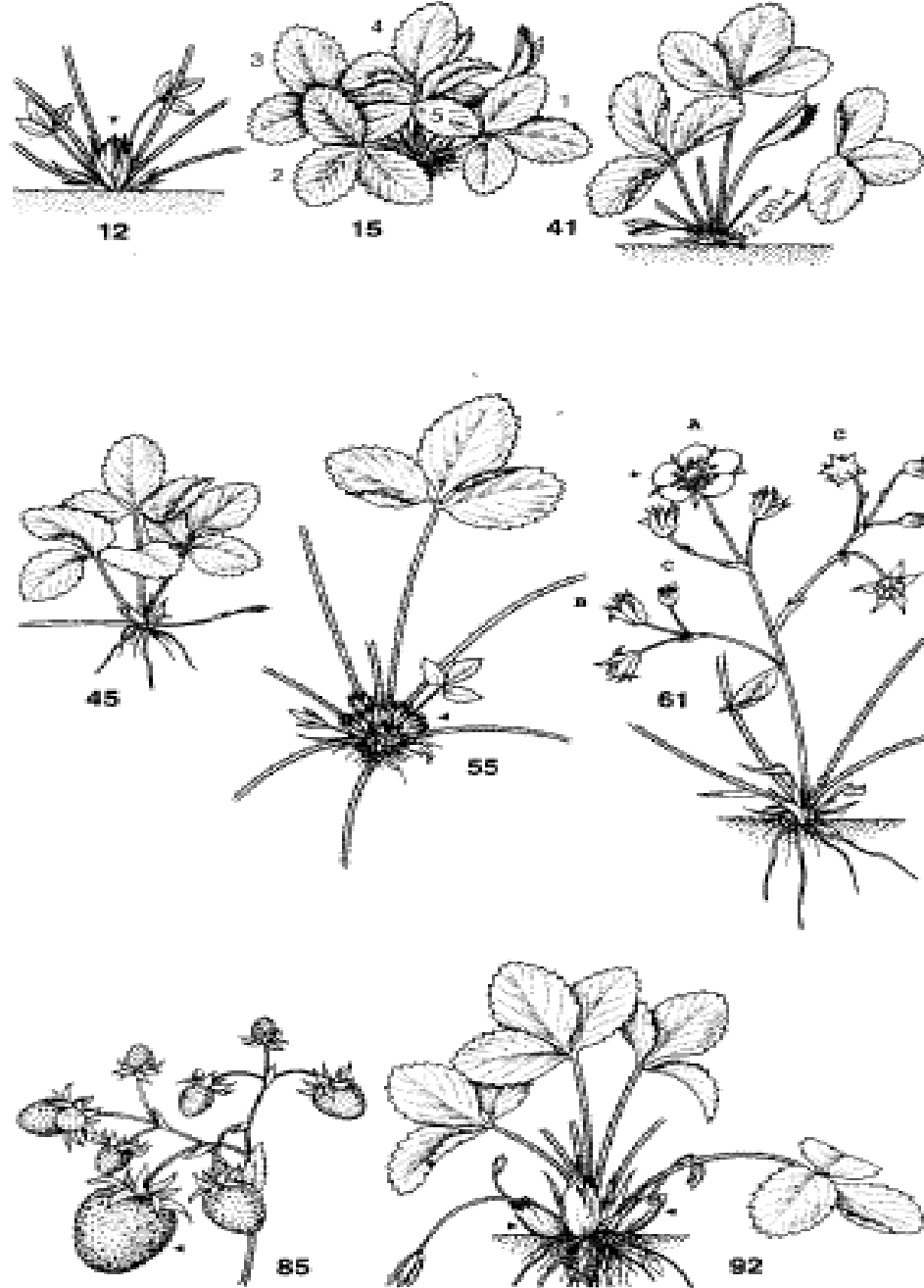
Estadio principal 8. Maduración del fruto

- 81 Comienzo de la maduración: la mayoría de los frutos blancos
- 85 Los primeros frutos comienzan a adquirir el color varietal típico
- 87 Cosecha principal: la mayoría de los frutos coloreados
- 89 Segunda cosecha: más frutos coloreados

Estadio principal 9. Senescencia y comienzo del reposo vegetativo

- 91 Comienzo de la formación de los botones axilares
- 92 Hojas nuevas con limbo más pequeño y pedúnculo corto, visibles
- 93 Hojas viejas, muriéndose; hojas jóvenes, curvándose; hojas viejas, del color varietal típico
- 97 Hojas viejas, muertas

Fresa (*Fragaria x ananassa* DUCH.)



© 1994: BBA y MA

Ilustración 1: Etapas fenológicas del cultivo de la fresa.

4.4 Nutrición de la fresa

La fresa puede desarrollarse en varios tipos de suelos, desde arenosos hasta pesados, el pH óptimo de producción varía de 6.0 a 6.5; los mejores rendimientos se pueden obtener cuando las plantas crecen en suelos profundos, fértiles, con un alto contenido de materia orgánica y buen drenaje. Como todas las plantas, requieren niveles adecuados de los macros y micro elementos (nutrientes esenciales), sin embargo existen grandes diferencias en el comportamiento nutricional en cada variedad de fresa, además el ambiente (clima) juega un papel primordial en la expresión de los síntomas (Hancock, 1999). Para tener una buena respuesta a la aplicación de fertilizantes en la fresa se deben cuidar algunos aspectos como: usar variedades bien adaptadas a las condiciones climáticas de la zona de siembra, que las plantas estén libres de enfermedades, una selección adecuada del suelo donde se cultiva, buen control de malezas, un buen método de riego, para tener una optima respuesta a la aplicación de fertilizantes. La fresa responde a altas cantidades de materia orgánica en el suelo, lo que se puede lograr incorporando paja o abono verde antes de iniciar la plantación. La dosis de fertilización debe ser basada en un análisis de suelo realizado después de la última cosecha o antes de iniciar la siembra del cultivo (*Hart et al., 2000*)

4.4.1 Nitrógeno

El nitrógeno forma parte esencial de los aminoácidos, mismos que por uniones peptídicas forman los péptidos y las proteínas, además tienen una gran importancia en la síntesis enzimática y en todo el metabolismo; también forma parte de moléculas como las purinas y las pirimidinas de los ácidos nucleídos, en porfirinas de la clorofila y en los citocromos que son esenciales para la fotosíntesis y la respiración (Alcántar y Trejo, 2007).

Según varios autores la firmeza del fruto de fresa puede reducirse y su tamaño se incrementa debido a una excesiva fertilización nitrogenada (Shoemaker y Greve, 1930; Overholser y Claypool, 1932; Miner *et al.* 1997; Neuweiler, 1997; citados por Nestby *et*

al. 2004); otros autores han encontrado que la fertilización nitrogenada puede inducir malformación de frutos, además de reducción o nula influencia en el tamaño de fruto (Kongsrud, 1988; Yoshida *et al.* 1991; Gariglio *et al.* 2000; Kopanski y Kaweci, 1994, citados por Nestby *et al.* 2004). Según Monroy (2001), en la etapa vegetativa a partir del trasplante y hasta los 91 días, se observó una acumulación similar de materia fresca, seca y nitrógeno derivado del fertilizante expresado en porcentaje, (aproximadamente 22%) en hojas, raíz mas estolones; en la etapa que comprende de los 118 a los 157 días después del trasplante la acumulación de nitrógeno expresado en porcentaje fue dos veces mayor en las hojas que en la raíz más hojas; lo anterior se reflejó en una mayor eficiencia del nitrógeno-fertilizante; los órganos de mayor demanda de nitrógeno son las hojas y la raíz más estolones, los que pueden considerarse como indicadores de respuesta a la fertilización nitrogenada en la formulación de programas de nutrición.

La planta de fresa incrementa muy poco la absorción de nitrógeno a dosis mayores de $168 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, e inclusive la asimilación de fósforo y potasio, nutrimentos relacionados con la calidad de fruto se relacionan inversamente con la fertilización nitrogenada (Monroy *et al.* 2001); por otra parte Muramoto *et al.* (2005), monitoreando la dinámica de nitrógeno del suelo en un cultivo de fresa orgánica durante tres años seguidos, midió la tasa de absorción y pérdida del elemento y determino que la fresa requiere alrededor de 120 kg ha^{-1} de nitrógeno en un ciclo de cultivo de siete meses.

Un aspecto importante a considerar en la fertilización nitrogenada es la relación amonio-nitrato, según un experimento conducido por Tabatabaei *et al.* (2006), donde probó diferentes relaciones amonio-nitrato, en los cultivares Camarosa y Selva, encontró que el área foliar y la materia seca de ambos cultivares bajó cuando se incrementó la tasa de amonio en la solución nutritiva en cultivo en sustrato, sin embargo cuando se excluye por completo el amonio de la solución nutritiva también disminuye el crecimiento de la planta; encontró que el numero de flores y frutos no se ve afectado por la relación amonio-nitrato, sin embargo el rendimiento en términos de peso fresco de fruto por planta se incremento significativamente en la relación $25(\text{NH}_4) : 75 (\text{NO}_3)$,

en ambos cultivares, lo anterior como resultado del incremento del tamaño, longitud y peso fresco de los frutos.

Cárdenas-Navarro *et al.*(2006), en su estudio encontraron que la formulación de diferentes relaciones de amonio-nitrato en la solución nutritiva no afectó el crecimiento de la planta madre, sin embargo el número de frutos incrementó con el aumento de amonio en la solución; por otra parte el número de plantas hijas no se vio afectado por la diferentes relaciones amonio–nitrato, que se probó, pero la materia seca y la fertilidad de estas se redujo cuando la proporción de amonio se adicionó por encima del 50 %; también observó que la relación carbono-nitrógeno (C/N) en la corona, bajó significativamente cuando la proporción de amonio estuvo arriba de 75%, lo que sugiere afecto la acumulación de carbohidratos, de los tratamientos aplicados y sobre el metabolismo de la planta.

Yoon *et al.* (2009), mencionaron que al adicionar amonio en tasas de 20% en la solución nutritiva a un cultivo en sustrato, resultó en un mejor crecimiento de la planta además de una mejor producción de fruto en comparación con solo adicionar nitrato; sin embargo, un incremento en la proporción de amonio en la solución nutritiva a un 30 %, modifico el pH del sustrato a 3.5, por lo que se observó una reducción en el crecimiento de la planta y en el rendimiento. Cuando la temperatura de la zona radical fue alta, se favoreció un crecimiento excesivo o reducción en la calidad de fruto, gracias a que se indujo una gran absorción de nutrientes, de tal manera que se debe ajustar la proporción amonio-nitrato, en las diferentes etapas fenológicas del cultivo en función de la temperatura del sustrato. Ajustar la relación amonio-nitrato, en la solución nutritiva es la principal herramienta, para balancear la tasa de absorción de aniones y cationes, además de mantener el pH en el rango deseado; como la planta está sujeta a diferentes intensidades de luz según la estación del año, esta condición puede alterar la forma en que la planta absorbe el N, por tanto el ajuste de la relación amonio-nitrato en la solución nutritiva es crucial.

4.4.2 Fósforo

En las plantas superiores el fósforo se localiza en los fosfolípidos, que son derivados del ácido fosfoglicérico y sus principales representantes lectinas y cefalinas, ampliamente distribuidos en la planta. Este grupo de compuestos presentan en su molécula una parte hidrófila y otra lipófila, característica que lo capacita para actuar como eslabones de entre la estructura lipófila de la célula, participan activamente en la formación de membranas, tanto a nivel mitocondrias y cloroplastos, como del plasmalema y entre los organelos. Otro éster fosfórico se encuentra en los ácidos nucleicos, siendo particularmente importante el ácido adenílico monofosfato (adenosina monofosfato ó AMP), sustancia de origen de la adenosina difosfato (ADP) y de la adenosina trifosfato (ATP), quienes a su vez son precursores de las coenzimas nicotinamida-adenina dinucleótido (NAD) y nicotinamida-adenina dinucleotido-fosfato (NADP). El fósforo también forma parte de otros compuestos ricos en energía como: guanina trifosfato (GTP), uridina trifosfato (UTP), y citosina trifosfato (CTP), mismos que funcionan como eslabones comunes uniendo estructuras del pirofosfato con su unión de alta energía. La fotosíntesis, la glucólisis, el ciclo de krebs, la β -oxidación, la oxidación directa de la glucosa y la descomposición de los carbohidratos, son procesos que involucran reacciones de fosforilación. El fósforo también participa en la división celular y en la transferencia de las características hereditarias de los cromosomas como constituyente del ADN y ARN (Alcántar y Trejo, 2007).

En plantas de fresa con deficiencia de fósforo, las flores y frutos tienden a ser más pequeñas de lo normal y los frutos de variedades susceptibles pueden desarrollar ocasionalmente albinismo (Ulrich *et al.*, 1980).

Mahler y Barney (2000), mencionan que el P es importante al establecer plantas de fresa. Cuando el análisis de suelo muestra valores menores a 3.0 mg.kg^{-1} , en una profundidad de 0.3 m, se debe agregar $111.94 \text{ kg.ha}^{-1}$ de fósforo, antes del trasplante. En plantaciones ya establecidas la fresa responde a la fertilización fosfatada cuando este presenta niveles bajos en el suelo.

4.4.3 Potasio

El potasio es absorbido en mayor cantidad por las plantas, por tanto su contenido sobrepasa considerablemente al de los otros cationes. Una parte del potasio total en la planta se presenta como ion libre a nivel de vacuolas y citoplasma, mismo que en conjunto con todos los demás componentes en solución regulan el gradiente osmótico en la célula originando así el turgor de la misma, siendo una de las principales funciones del potasio en la planta. Otras funciones de este elemento en la planta son: acumularse en la superficie de los cloroplastos y que durante el proceso de fotosíntesis penetra en ellos la fosforilación fotosintética como la oxidativa requieren de potasio para realizarse; promueve una eficiente traslocación de fotosintatos desde las hojas, cuando se acumulan los fotosintatos en las hojas la fotosíntesis disminuye, por lo que una rápida exportación de fotosintatos unidos al potasio mantiene una alta tasa fotosintética neta en las hojas; actúa como factor asociado a las enzimas cinasas y oxidorectusas que involucran al ATP o bien al NAD o NADP como coenzimas. Actualmente se conoce que el potasio activa a más de 50 sistemas enzimáticos (Alcántar y Trejo, 2007).

La deficiencia de potasio en la fresa puede causar muerte del cáliz así como marchitamiento del pedicelo y pedúnculos, dando como resultado frutos arrugados; la aplicación de potasio no tiene efecto en la firmeza del fruto, pH, ni en la concentración de sólidos solubles. En plasticultura, al incrementar los niveles de este elemento se reduce el tamaño del fruto. En un sistema hidropónico cerrado, una absorción excesiva de potasio reduce la calidad del fruto por bajo contenido de azúcares, en plantas con deficiencia de potasio, existen fallas al colorear el fruto, además toma textura pulposa y es insípido (Nestby *et al.* 2005).

4.4.4 Calcio

El calcio puede presentarse en las plantas como ion libre o en forma absorbida, se conocen varias sales de calcio que se encuentran en la vacuola o como incrustaciones en la pared celular. En general las necesidades de calcio son bajas en relación con las de potasio y en la célula vegetal se distribuye de mayor a menor concentración en los siguientes organelos: en la vacuola, pared celular, retículo endoplásmico, plasmalema y citoplasma. El calcio participa en el equilibrio electrostático de la célula, contribuye al balance de aniones y cationes, forma compuestos quelatados muy estables (esta última característica es la causante de la elasticidad de la pared celular), la elongación y multiplicación de los tejidos meristemáticos son activados por el calcio (cuando se suspende el suministro del calcio en unas cuantas horas se detiene el crecimiento de la raíz), desempeña funciones estructurales durante la reproducción celular en forma de pectatos de calcio, es importante en la formación de membranas celulares y estructuras lipídicas, es requerido en el mecanismo selectivo de absorción del plasmalema ya que mantiene la integridad de la membrana, son necesarias pequeñas cantidades de calcio para que se realice la mitosis (Alcántar y Trejo, 2007).

Las plantas de fresa con deficiencia de calcio se deforman, no maduran y se mantienen pequeñas (Lineberry y Burkhart, 1943, citados por Nestby *et al.*, 2004). La resistencia del fruto a la punción, el contenido de calcio y de ácido ascórbico de frutos fertilizados con calcio fueron más altos a comparación con frutos provenientes de plantas no fertilizadas (Jeong *et al.*, 2001). Raynal y Carmentran (2001) mencionan que una alta fertilización con calcio bajó la acidez del fruto, además juega un papel importante en la pérdida de calidad visual del fruto después de la cosecha. Es importante mencionar que calcio suplementario restaura los efectos dañinos de una alta salinidad (Kaya *et al.* 2002).

4.4.5 Azufre

La planta absorbe el azufre como sulfato (SO_4^{2-}), es capaz de absorberlo también de forma gaseosa como dióxido de azufre (SO_2). La planta abastece primero sus necesidades de azufre orgánico y el excedente es almacenado en forma de sulfatos y puede posteriormente ser reducido e incorporado a moléculas orgánicas en la medida que sea necesario; este elemento es un constituyente de los aminoácidos: cistina, cisteína y metionina, tiamina, biotina, coenzima A, en consecuencia de las proteínas que contienen a estos si es el caso. El grupo de compuestos que contienen a el anión sulfhidrilo (-SH) en las plantas es el más importante para el azufre, un gran número de enzimas se caracterizan por presentar este grupo en sus sitios activos; las enzimas que contienen azufre en general se asocian con los citocromos y otros transportadores de cadenas redox, pero no todas las estructuras que contienen azufre funcionan de acuerdo a este principio, así la conenzima A es un compuesto del azufre cuya actividad no radica en proceso redox, su importancia radica en la unión del tipo éster que forma con los radicales acetilo, para incorporarlos en procesos como el ciclo de Krebs, en la respiración además de la síntesis y degradación de los ácidos grasos (Alcántar y Trejo, 2007).

4.4.6 Magnesio

El Magnesio es absorbido y acumulado por las plantas en cantidades menores que el calcio o el potasio pero similares al fósforo y el azufre. En la planta forma enlaces de tipo iónico, aunque también tiene un papel importante como elemento puente formando complejos de diferentes estabilidades, participa de forma activa en la regulación del pH celular y del balance anión-cación. La función más importante del magnesio es como elemento constitutivo de la clorofila, también es componente constitutivo de los ribosomas, mantienen la agregación de las subunidades de estos. Es de gran importancia en el metabolismo energético (fotosíntesis, glucolisis, ciclo de Krebs), ya

que es un cofactor de acercamiento de las enzimas que actúan sobre substratos fosforilados (cinasas). El magnesio con frecuencia puede ser sustituido por el manganeso, aunque la eficiencia de este último respecto a las fosfoquinasas y a las fosfotransferasas no es tan grande como la del magnesio. Existe una larga lista de enzimas o de reacciones enzimáticas que son activadas o requieren del magnesio, pero una reacción clave donde participa es en la regulación de la RuBP carboxilasa en el estroma del cloroplasto (Alcántar y Trejo, 2007).

Experimentos conducidos por Lamarre y Lareau (1997), mostraron que aplicaciones de magnesio en fresa incrementa el tamaño de fruto en uno de cada tres años. Según Ulrich *et al.* (1980), los frutos de plantas con deficiencia de magnesio aparentemente son normales, excepto por que presentan un color rojo claro y tendencia al albinismo.

Cuando el análisis de suelo (Mg-soluble), presenta valores menores 0.25 meq/100g, indica la necesidad de aplicar fertilizantes (Mahler y Barney, 2000).

4.4.7 Boro

El requerimiento de boro varía considerablemente entre las especies, siendo común que una concentración que para una especie sea adecuada para otras sea tóxica. La concentración promedio en el tejido vegetal es de alrededor de 20 mg.kg⁻¹, pero puede variar según la especie de 1 a 100 mg.kg⁻¹. Este elemento es absorbido por las plantas en forma de ácido bórico (H₃BO₃) o B(OH)₃ sin disociar a pH cercano a 7 y el boro debe considerarse como un elemento formativo de las estructuras vegetales, su deficiencia no permite la ordenación, diferenciación, desarrollo completo de varios tejidos y del desarrollo de las células del cambium a floema o xilema. El transporte de carbohidratos es el proceso más afectado durante la deficiencia de este elemento; los productos de asimilación formados en las hojas son conducidos en forma deficiente, de tal modo que se presenta un déficit de azúcares en los tejidos meristemáticos de la raíz y conos de crecimiento en la parte superior de la planta, mientras que en las hojas fotosintéticamente activas se acumulan estos productos. Se han observado muchas

funciones, en la fisiología de la planta, como su intervención en la estructura fina de la célula, participación en el desarrollo celular, metabolismo del N, la fecundación, la síntesis de pared celular, la absorción activa de sales, en el metabolismo hormonal, en el metabolismo de los lípidos, en el metabolismo del fósforo y en la fotosíntesis (Alcántar y Trejo, 2007). Varios investigadores coinciden en la influencia de este elemento sobre la germinación del polen y amarre del fruto, (Shkolnik, 1974; Guttridge y Turnbull, 1975; Visser, 1955; Vasil, 1964; Johanson, 1963; Willis, 1945; citados por Nestby *et al.* 2004; Ulrich *et al.* 1980; Lieten, 2000).

Este elemento debe ser suministrado al suelo antes del trasplante, Puede ser toxico para la fresa si se aplica excediendo la dosis recomendada, nunca se debe aplicar boratos o fertilizantes boratados en banda (Hart *et al.* 2000).

4.4.8 Hierro

Una característica importante del hierro que determina sus numerosas funciones fisiológicas, es la capacidad para cambiar de valencia y formar complejos quelatados; este elemento es absorbido por la planta como Fe^{2+} o Fe^{3+} y como quelato, es posible que la planta forme sus propias sustancias quelatantes mismas que atrapan a los iones hierro y los transportan a su interior. Como moléculas transportadoras de hierro han sido identificadas a los ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y flavinas. Del 80 al 90 % del hierro se encuentra fuertemente unido a estructuras orgánicas. Este elemento se presenta en numerosos grupos prostéticos en forma de hemina o de hematina; los citocromos, la citocromo oxidasa, la peroxidasa y la catalasa, son algunas proteínas que lo contienen. Este elemento está capacitado para ganar y entregar electrones en reacciones redox. El hierro es cofactor de más de 130 enzimas que catalizan reacciones bioquímicas únicas e interviene en procesos como la fotosíntesis, respiración, reducción de nitratos y sulfatos. Más del 63 % del Fe se localiza en el follaje formando parte o unido a proteínas (como grupo hemo: citocromos, nitrato y nitrato reductasa, sulfido reductasa, catalasa y peroxidasa; como grupo no hemo: ferredoxina, aconitasa, nitrogenasa, nitrito reductasa, sulfido reductasa, complejo del tilacoide, complejos mitocondriales; en ferretina, como proteína de almacenamiento

para evitar toxicidad). Una deficiencia de Fe en la planta origina que disminuya la concentración de clorofila, además de carotenos y xantofilas, mismas que afectan la actividad de los transportadores de electrones en los fotosistemas (Alcántar y Trejo, 2007).

La deficiencia de este elemento disminuye el rendimiento y tamaño de fruto además provoca aborto de frutos (Lieten, 2000).

4.4.9 Manganeso

La forma predominante del manganeso en la planta es como catión divalente (Mn^{2+}); alrededor de 35 enzimas son activadas por este elemento, aunque hasta ahora solo se han reportado dos enzimas que lo tienen como constituyente, la manganeso proteína del fotosistema II y la superóxido dismutasa, muchas de las enzimas catalizadas por el manganeso catalizan reacciones de oxido-reducción, descarboxilación y rompimientos hidrolíticos; tiene un papel fundamental en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos y en las reacciones de descarboxilación oxidativa o no oxidativas. En la célula la concentración de magnesio es de 50 a 100 veces mayor que la de manganeso, la activación de enzimas por este último *in vivo* solo sería importante en aquellas en la que el manganeso es mucho más efectivo que el magnesio, como la RNA polimerasa del cloroplasto; un caso de absoluto requerimiento del manganeso es en las células del cloroplasto de la vaina del haz en plantas C4. El manganeso también participa en reacciones primarias de evolución del oxígeno, favoreciendo la fotólisis del agua, en la fotosíntesis, en la evolución del oxígeno en el fotosistema II; una deficiencia de manganeso disminuye la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos (Alcántar y Trejo, 2007).

La deficiencia en la fresa no es apreciable, sin embargo esta provoca una disminución en el tamaño del fruto (Ulrich *et al.* 1980).

4.4.10 Cobre

El cobre es absorbido en cantidades muy pequeñas, en la célula se encuentra como ion divalente, fácilmente acepta y transfiere electrones. Su principal función es asociarse con enzimas de la clase oxidoreductasas, en la oxidación terminal de la célula vegetal enzimas con cobre (metaloproteínas) son las que reaccionan directamente con el oxígeno molecular. En los cloroplastos se encuentra cerca del 70 % del cobre total, la concentración del cobre libre es baja ya que el 90 % del contenido total se encuentra en forma de complejos. La plastocianina que es un componente central de la cadena transportadora de electrones del fotosistema I, contiene un átomo de cobre por molécula; en el cloroplasto se encuentra cerca de 3 a 4 moléculas de plastocianina por cada mil moléculas de clorofila (Alcántar y Trejo, 2007).

Este elemento es de menor importancia para las fresas, sin embargo juega un papel importante en la fijación del nitrógeno y la absorción; del calcio además es un constituyente de los cloroplastos, (Bergman, 1993, citado por Nestby *et al.* 2004; Ulrich *et al.* 1980).

4.4.11 Molibdeno

El Mo es absorbido por la planta en forma de molibdato (MoO_4^{2-}) y es relativamente móvil en xilema y floema. A diferencia de otros microelementos el Mo puede ser absorbido en cantidades relativamente altas sin que se presenten síntomas de toxicidad en la planta y puede variar en la materia seca hasta con un factor de 100, a pesar de que el requerimiento por la planta es extremadamente bajo, de alrededor de 1 mg.kg^{-1} de materia seca, solo se han reportado unas cuantas enzimas que requieren Mo como cofactor, es en ellas donde tiene funciones estructurales y catalíticas, participa en funciones de oxido-reducción. Las principales funciones del Mo se encuentran relacionadas con la asimilación del nitrógeno, por lo que el requerimiento de este elemento depende de la forma de abastecimiento de nitrógeno en las plantas (Alcántar y Trejo, 2007).

El contenido de vitamina C y de azúcares en fresa, se incrementan de forma lineal con la aplicación de molibdeno (Cheng, 1994).

4.4.12 Zinc

El Zn es absorbido en cantidades muy pequeñas por las plantas, en forma de catión divalente. El Zn no participa en reacciones de óxido-reducción y su función principal radica en formar complejos tetraédricos con el nitrógeno, oxígeno y azufre, por lo que su papel en las funciones enzimáticas es tanto funcional (catalítico) como estructural. Las Zinc-enzimas tienen funciones catalíticas, cocatalíticas y estructurales, algunos ejemplos de estas últimas son la anhidrasa carbónica, la carboxipeptidasa, algunas superóxido dismutasas contienen Zn. Existe un gran número de enzimas que no contienen Zn, sin embargo son activadas por este, entre ellas se encuentran las deshidrogenasas, aldolasas, isomerasas y fosfotransferasas. Este elemento es indispensable también en la síntesis de proteínas, debido a su función como componente estructural de los ribosomas y su participación en la estabilidad de estos. En el metabolismo de carbohidratos existen varias enzimas que requieren de forma indispensable al Zn, como la aldosa y la fructosa 1,6 bifosfatasa. Este elemento favorece la síntesis del triptófano que es un precursor del ácido indolacético (auxina) (Alcántar y Trejo, 2007).

El zinc juega un papel importante en la regulación de síntesis de las proteínas, (Kessler, 1961), además previene la acumulación de fenoles, mismos que inhiben la actividad de las auxinas, también es uno de los componentes más importantes de las flores y frutos de la fresa (Lott, 1946; Visser, 1955; Guttridge y Turnbull, 1975 citados por Nestby *et al*, 2004; Lieten, 1997).

4.1.13 Sodio

El sodio ha demostrado ser esencial en ciertas especies con metabolismo fotosintético C4 (la fresa posee un metabolismo C3), basados en los criterios de esencialidad; la ausencia de este elemento afecta la conversión de piruvato a fosfoenolpiruvato y la planta C4 presenta crecimiento pobre, a veces clorosis y necrosis, o bien problemas para formar flores; el sodio también toma parte en la síntesis de los cloroplastos. En diversos cultivos se ha notado incremento en el crecimiento producido por las sales de sodio, esto puede ser causado por un aumento en el turgor (rigidez debida a un incremento en el contenido de agua en las células de la planta). Elementos químicamente similares a veces pueden remplazarse uno por el otro, en ciertas funciones metabólicas no específicas, la similitud del sodio con el potasio, sugiere que el primero puede reemplazar al segundo, se asume que ambos cationes compiten por sitios de absorción en común por la raíz. En el vástago grandes concentraciones de sodio pueden causar desordenos osmóticos y metabólicos para las plantas; las hojas son más vulnerables al sodio que las raíces, debido a que se acumula en mayor medida en la hojas que en la raíz. La concentración elevada de sodio tiene tres repercusiones negativas para las plantas: afecta la osmoregulación, teniendo efectos sobre iones específicos que pueden ser tóxicos, disminuyendo las funciones metabólicas, inclusive en plantas alofitas, (Alcántar y Trejo, 2007).

El sodio tiene un efecto negativo en el tamaño del fruto de fresa firmeza y sabor (Waart, 1997, citado por Nestby *et al.* 2004).

4.4.14 Silicio

Las formas de silicio absorbidas por las plantas es como ácido monosilícico ($H^4 SiO^4$). Todas las raíces que crecen en el suelo contienen silicio en sus tejidos, el contenido del mismo en planta oscila entre 0.1% y 10% del contenido de materia seca total, en función de la concentración de silicio en la planta han sido divididos en: acumuladoras,

intermedias y no acumuladoras de silicio. Este elemento ha mostrado tener efectos benéficos en muchas plantas, especialmente aquellas que se encuentran sometidas a algún tipo de estrés, tanto biótico como abiótico. Se han encontrado interacciones entre silicio y metales tóxicos como aluminio, manganeso y hierro, pero estos procesos no han sido estudiados con detalle. En algunos cultivos ha sido demostrado que el silicio incrementa la tolerancia a sales por alguno de los siguientes motivos: mediante el aumento de la actividad fotosintética; incrementando la relación de selectividad K: Na; mediante la activación de la H-ATPasa en las membranas; incrementando la concentración de solutos en el xilema; lo que resulta en una reducida absorción de sodio por la planta; incrementando la actividad de enzimas antioxidantes como superoxidodismutasa; peroxidasa, catalasa y glutatión reductasa; reduciendo de esta manera la peroxidación de lípidos en las raíces. También se ha demostrado que depósitos de silicio en las paredes celulares de los vasos de xilema previenen la compresión de los mismos bajo condiciones de alta transpiración causados por sequía o por estrés por alta temperatura; la membrana Si-celulosa también previene a la célula de una pérdida de agua por transpiración, esto sucede debido a la reducción del diámetro del estoma, esto reduce la transpiración; se ha especulado a cerca de que el silicio biomineralizado tiene funciones estructurales y que actúa como una barrera contra el ataque de patógenos, (Alcántar y Trejo, 2007).

Altas concentraciones de silicio soluble en el agua de riego o solución nutritiva incrementó el albinismo en el cultivar de fresa Elsanta (Lieten *et al.* 2000).

4.4.15 Fertirriego

La fertirrigación es una técnica de riego localizado que presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional, sin embargo se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema de riego se centran en la utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes, es decir permite hacer una fertilización día con día, en función del proceso fotosintético y las necesidades de un

cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados, además en condiciones ambientales definidas (Cadahía,2005).

El fertirriego en fresa con un completo paquete de nutrientes mejora el rendimiento y promueve el uso eficiente del nitrógeno; se han logrado iguales rendimientos con 20 y 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, con fertirriego y manejo común, respectivamente. También en sistemas de fertirriego, adicionado N a razón de 60 kg.ha⁻¹, es suficiente para lograr un alto rendimiento y una buena calidad de fruto. En suelos ligeros, donde se usaron fertilizantes sólidos, un cambio de aplicación, de 3 o 4 aplicaciones divididas, mejora el rendimiento de un 3 a 5%. Existe un sinergismo entre nitrato, calcio y potasio; los nitratos promueven la absorción de cationes, mientras la nutrición a base de amonio propicia una baja absorción de cationes por la competencia entre estos. La fresa requiere altas cantidades de potasio durante el desarrollo del fruto (Martinsson *et al.* 2006)

La idea para el estudio de la fertirrigación en diferentes sustratos parte de la hidroponía. Para conseguir que la planta tome los nutrientes de forma óptima es necesario que estos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante; de esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagonismos que perturban la absorción de nutrientes en la planta; la solución obtenida en el sistema hidropónico denominada solución ideal, se puede aplicar en un sustrato poroso e inerte o activo según las circunstancias. La solución ideal obtenida se adapta a las condiciones climáticas de cada sitio de cultivo (Cadahía, 2005).

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua, y es la base de la hidroponía. Después de varios años de investigación, se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular y que la concentración de elementos nutritivos para una especie en particular depende de varios factores, como la parte de la planta a cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Cadahía, 2005).

En el cultivo de fresa se aplica la solución nutritiva más adecuada según las condiciones climáticas de la zona de cultivo y de la experiencia del técnico encargado; como ejemplo se presenta en el Cuadro 3 una solución nutritiva recomendada por el Departamento de Extensión y Servicio de Israel, considerando la dosis de nutrimento según la etapa fenológica de la fresa.

Cuadro 3. Solución nutritiva recomendada en Israel para fresa en cultivo sin suelo

Fase de crecimiento	N	P	K	Ca	Mg
	mg.L⁻¹				
Trasplante	55-60	20-25	45-60	60-70	35-40
Antesis y primera fructificación	70-85	20-25	70-90	100	45
Segunda fructificación	80-85	25-30	80-90	100	45
Tercera fructificación	80-85	25-30	80-90	100	45
Cuarta fructificación	55-60	20-25	55-60	80	35

Fuente: *Raviv y Lieth*

Cadahía (2005), mencionó que en el cultivo de la fresa es ideal verificar las características físicas del sustrato, de estas depende la concentración de cada elemento esencial en la solución nutritiva; el método correcto debe ser el empleo de una solución nutritiva equilibrada, elaborada con fertilizantes solubles, que permita a la planta tomar los elementos necesarios en el momento óptimo para su desarrollo, al mismo tiempo que se realice un control en la planta y en los drenajes para ajustar la solución nutritiva; cuando se utiliza el suelo como sustrato es conveniente agregar una enmienda y fertilización de fondo de acuerdo a las características de este; propone una solución fertilizante ideal para el cultivo de la fresa misma que se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Solución fertilizante ideal para el cultivo de fresa

Concentraciones			
-----meq.l ⁻¹ -----			
	K	NH4	Total
NO³⁻	4.5	2.5	7
PO₄H²⁻		1	1
total	4.5	3.5	8

Fuente: Cadahía, 2005.

En cultivo sin suelo en sistema cerrado, el balance iónico de K/Ca fue de 0.85 que dio como resultado una relación alta de K/Ca en el fruto y baja calidad de este último debido a un bajo contenido de azúcares (Pivot y Gillioz, 2001).

Un estado nutricional bajo durante el primer periodo de diferenciación floral, favorece la iniciación floral e incrementa el rendimiento, sin embargo un bajo estado nutricional durante la diferenciación del primer brote floral incrementa los síntomas de filodia (transformación de órganos florales en hojas) (Lieten, 2000).

V. MATERIALES Y METODOS.

5.1 Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en la región de Zamora, Michoacán, México, en el predio denominado “La Hachera”, perteneciente al municipio de Zamora, cuyas coordenadas geográficas son 19° 59' 57" N y 102° 20' 9" W, con una altitud de 1570 msnm. El clima es semi cálido sub húmedo con lluvias en verano, cuenta con una precipitación pluvial anual promedio de 816 mm, la temperatura oscila entre 6 °C mínima y 39 °C máxima (INEGI, 2002). En el predio se produce fresa con fines comerciales de exportación (consumo en fresco) y para congelar, el sistema predominante de producción es el tecnificado.



Ilustración 2. Ubicación del sitio del experimento.

Fuente: Google earth 2010.

5.2 El experimento

Se realizó un experimento con fines de estudiar la concentración nutrimental, la producción y acumulación de materia seca de la parte aérea mas corona y el contenido nutrimental, durante el ciclo de producción, de las variedades de fresa Albión, Festival, Jacona y Zamorana, plantadas en sustrato de fibra de coco, con fertirriego y en túnel de plástico. El sustrato de fibra de coco estuvo contenido en “bolis” (sacos) de 1 m x 0.30 m x 0.1 m, equivalente a un volumen de 0.03 m³, se establecieron 10 plantas por boli, se utilizaron 100 bolis para Albión, 102 para Festival, 52 para Zamorana y 54 para Jacona. El riego se efectuó diariamente con tres eventos de fertilización al día, la fertilización se adiciono mediante solución de Steiner, variando la conductividad eléctrica en la solución nutritiva de la siguiente manera: en la etapa inicial se adicionó una conductividad de 0.5 mhos/cm, incrementala hasta 1 mhos/cm en la etapa de floración y a 2 mhos/cm en la etapa de fructificación. Una vez establecidas las plantas, se realizaron muestreos de la parte aérea mas corona cada 15 días, a partir del establecimiento el 17 de septiembre de 2009 hasta el 13 de febrero de 2010, se completaron un total de 12 muestreos durante un periodo de 5 meses. Para cada variedad se consideraron cuatro repeticiones, con cuatro plantas por repetición. En todos los muestreos se colectaron un total de 4 repeticiones, en los tres primeros muestreos se tomaron 4 plantas por repetición y a partir del cuarto muestreo y hasta el doceavo se colecto solo una planta por repetición. Al final se colectaron 84 plantas por variedad y un total de 336 plantas considerando las cuatro variedades.

Una vez colectadas las plantas de cada muestreo se procedió a prepararlas para el análisis nutrimental, después se guardaron en sobres del número 5, clasificados por muestreo y repetición.

5.3 Variables a evaluar

Durante el periodo de evaluación, se colectó material vegetal de las variedades de fresa antes mencionadas, a estas se les midió el contenido de nutrientes, mediante un análisis químico en laboratorio. Los nutrientes evaluados fueron los siguientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn y Na. La finalidad de medir estos nutrimentos fue hallar una relación entre ellos y la absorción por cada variedad seleccionada; también se midió la materia seca expresada en gramos para cada variedad, para evaluar la tasa de acumulación de biomasa aérea mas corona en cada variedad.

Las plantas colectadas se sometieron a un análisis químico, en donde se cuantificaron 12 elementos esenciales, los pasos de este análisis se describen en la publicación de Alcántar y Sandoval, 1999, donde se explica de manera clara y sencilla las metodologías más adecuadas en un análisis químico de tejido vegetal. Para las concentraciones nutrimentales, solo los muestreos 3, 4, 7 y 9 se consideraron por repeticiones y en los demás se consideró una muestra compuesta para las cuatro repeticiones. De manera general el análisis de las muestras consistió en las siguientes etapas: Secado, Molienda, Digestión, Medición de nitrógeno y micro nutrimentos.

El análisis de las muestras se llevo a cabo en el laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados y otra parte en el laboratorio de nutrición de frutales del departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. El secado se realizó en una estufa con ventilación forzada a 70 grados centígrados, durante tres días (72 h), tiempo en el que se elimino el agua contenida en el tejido vegetal. La molienda fue mecánica con un molino tipo Wiley; los nutrimentos se midieron mediante digestión por vía húmeda con una mezcla de ácidos nítrico y perclórico en relación 2:1. Para medir la concentración de nitrógeno se utilizo el método kjeldahl; para la cuantificación de los elementos P, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn y B, se utilizo un espectrofotómetro de absorción atómica con inducción acoplada con plasma (ICP), aparato modelo Liberty Series II, marca Variant Alemania; el azufre se midió por espectrofotometría con un aparato marca Genesys 10 Series; el Na y K se midió mediante flamometría con un equipo marca Corning 400-Flame Photometer.

5.4 Análisis de la información

El análisis de la información consistió en el análisis gráfico de la acumulación de biomasa aérea más corona, la concentración nutrimental y el contenido nutrimental en el tiempo, además de un análisis de varianza para biomasa aérea más corona y en los muestreos 3, 4, 7 y 9 para la concentración nutrimental a fin de observar diferencias entre variedades; además se calculó el contenido nutrimental con los datos de concentración nutrimental y la producción de biomasa aérea más corona; también se calculó la curva de regresión para el contenido nutrimental de parte aérea más corona en función del tiempo; por último se calculó el consumo de nutrientes por etapa fenológica. Para el cálculo del análisis de varianza y la curva de regresión se utilizó el programa estadístico SAS v9.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Fenología del cultivo de fresa

En este apartado se muestra las principales etapas fenológicas de las variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana. inicialmente ocurrió el incremento de hojas, continuó la aparición de flores primarias de donde se desarrollan frutos pequeños, posteriormente entraron en etapa de generación de estolón (mismo que es eliminado como parte de las labores culturales), continuó con un incremento en el follaje, después se generó el primer flujo floral comercial, siguió con la polinización y desarrollo de fruto, entraron en etapa de fruto blanco, pleno desarrollo y maduración de fruto, siguió una etapa de reposo, para continuar con otro flujo floral, proceso que se repite hasta que la planta disminuye su vigor o hasta que el productor decide detener su desarrollo; se observaron diferencias en características como el tamaño de la hoja, color de la hoja, textura de la hoja, mismas que se describen a continuación.

La variedad Albión presentó hojas evidentemente aserradas, de textura coriácea y el follaje que produjo no fue exuberante; al momento del trasplante tuvo alrededor de 9 hojas en promedio, a los 30 días ddt se generaron las flores primarias, alrededor del día 45 ddt presentó estolones evidentemente desarrollados, para el día 60 ddt fue evidente el primer flujo de floración, también se apreció el desarrollo del receptáculo del fruto, cuya característica es que los frutos sobresalen de las hojas, en el día 75 ddt se apreció un aumento en el volumen de hojas, para el día 90 ddt los frutos estaban evidentemente desarrollados con algunos coloreando y otros maduros, en el día 105 ddt continuó el desarrollo del fruto, además se generaron nuevas flores, para el día 120 ddt seguía en pleno desarrollo reproductivo, en el día 165 ddt, ya habían recolectaron una gran cantidad de frutos; En la Ilustración 3, se presentan las etapas descritas anteriormente.

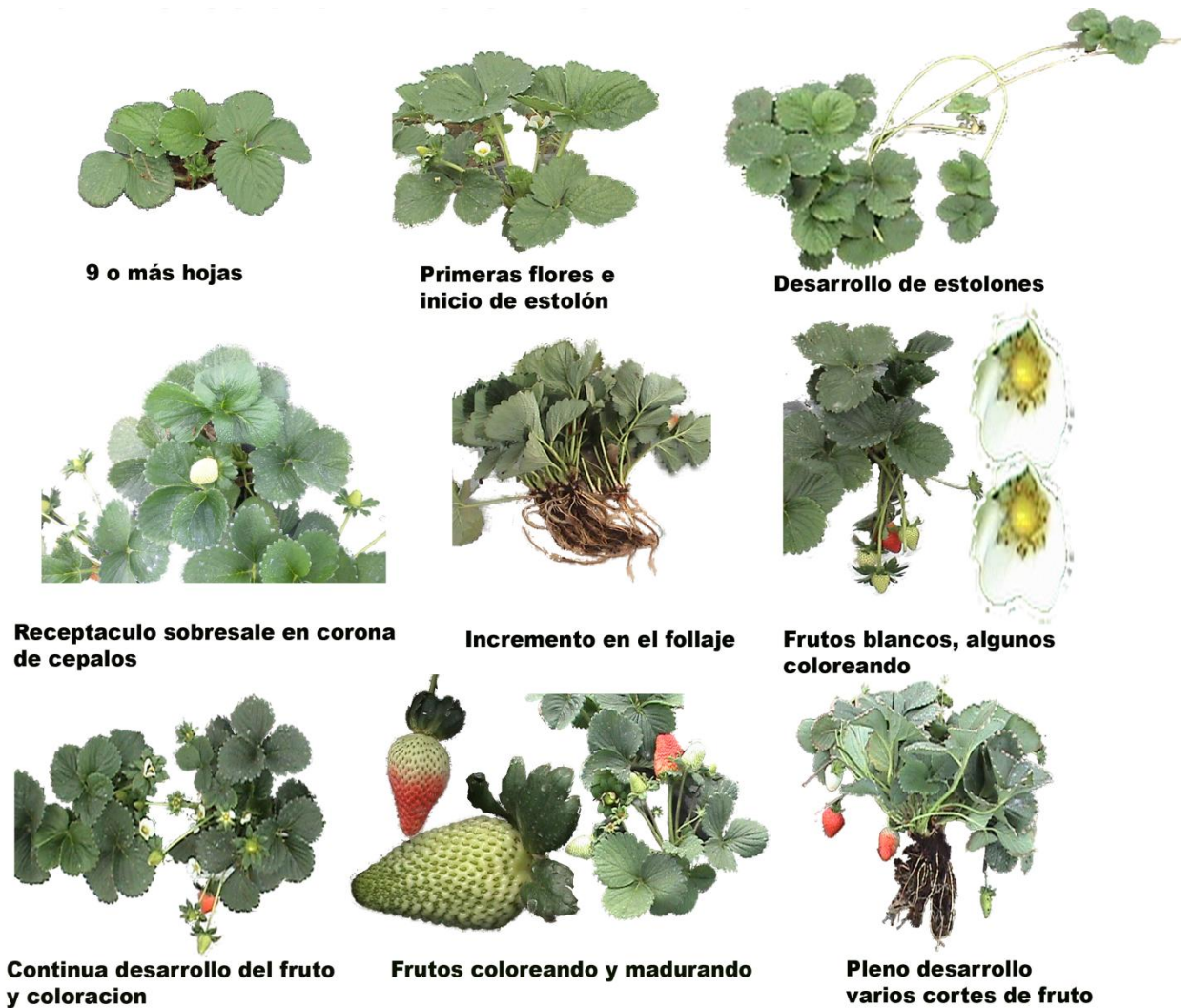


Ilustración 3. Etapas fenológicas de fresa variedad Albion, en cada muestreo realizado.

La variedad Festival presentó hojas anchas, ligeramente aserradas, se caracterizó por producir abundante follaje; al momento del trasplante tenía de 4 a 5 hojas, las flores primarias fueron visibles alrededor del día 30 ddt, alrededor del día 45 ddt presentó estolones desarrollados, para el día 60 ddt se observó un incremento en el follaje, se observó el primer flujo de floración alrededor del día 75 ddt, mientras que a partir del día 90 ddt hasta el 105 ddt se generaron flores y desarrollaron los frutos, en el día 120 ddt se observaron una gran cantidad de frutos de color blanco, mismos que colgaban a un

costado de la cama, en el día 165 ddt la planta estaba en su plena madurez; En la Ilustración 4 se presentan las etapas descritas previamente.

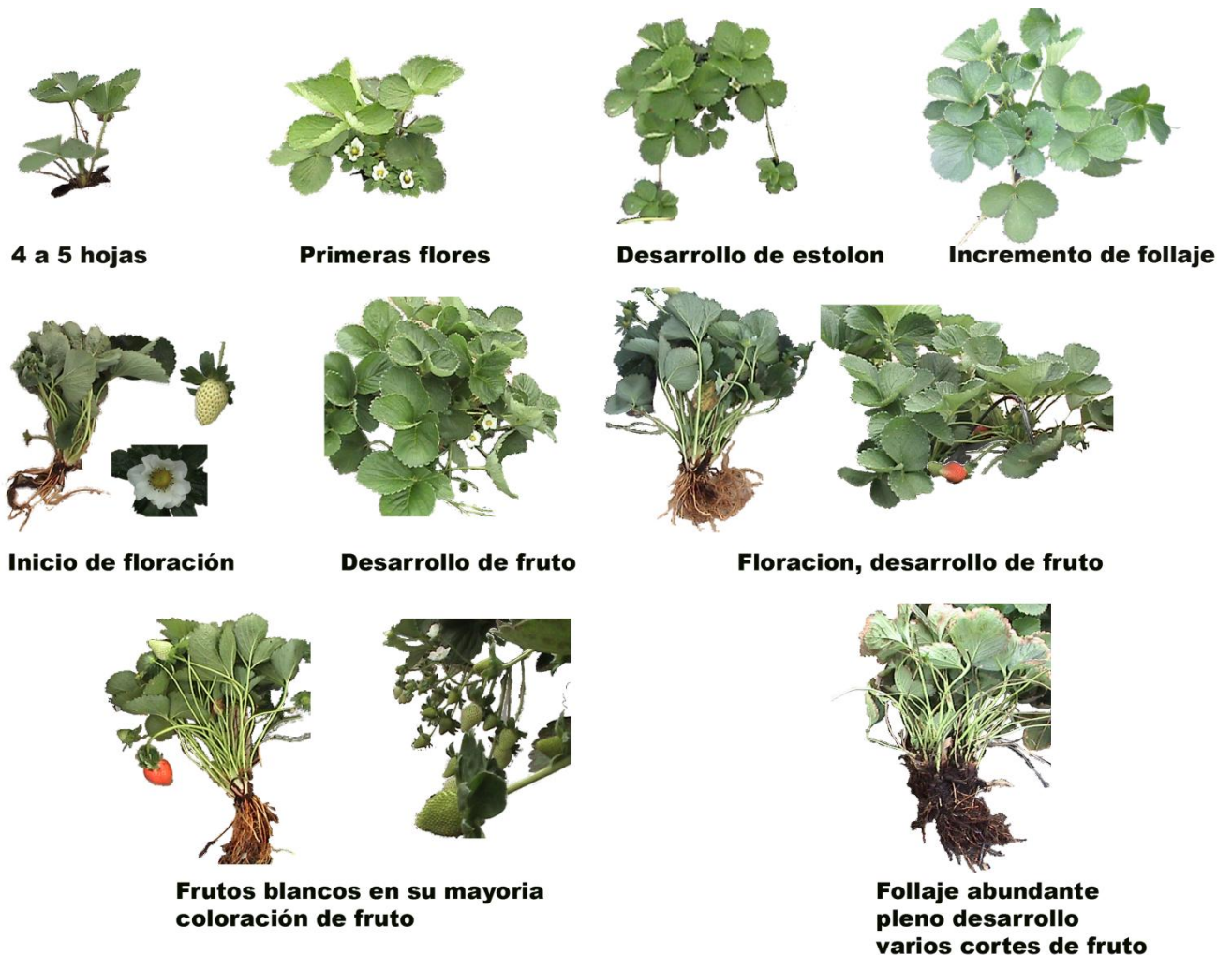


Ilustración 4. Etapas fenológicas de fresa variedad Festival, en cada muestreo realizado.

La variedad Jacona, presentó hojas ligeramente aserradas, produjo abundante follaje, hojas grandes, en general es similar a Festival; en el trasplante la planta contaba con 4 o 5 hojas, alrededor del día 30 ddt se observaron las flores primarias, incrementó su follaje alrededor del día 45 ddt, en el día 60 ddt se apreciaron estolones desarrollados, posteriormente siguió incrementando su follaje en el día 75 ddt, la floración se apreció hasta el día 90 ddt, en los días siguientes (105 ddt, 120 ddt, 165 ddt) se desarrollaron

los frutos y continuaron los flujos de floración traslapados. En la ilustración 5 se presentan las etapas descritas previamente.

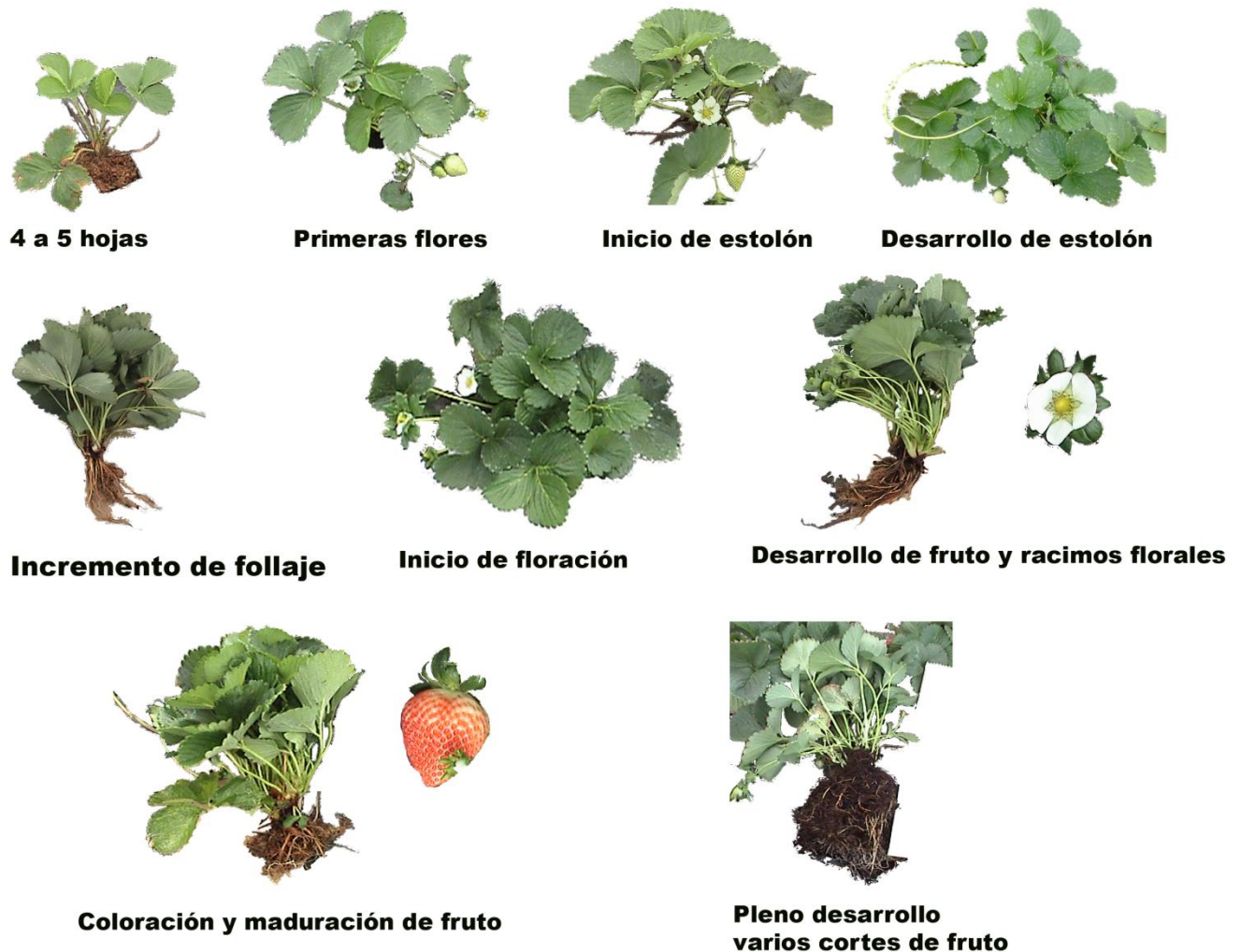


Ilustración 5. Etapas fenológicas de fresa variedad Jacona, en cada muestreo realizado.

La variedad Zamorana es similar a Festival y Jacona, ya que presentó abundante follaje, hojas ligeramente aserradas; en el trasplante esta variedad presentó alrededor de 5 o más hojas, incrementó su follaje hasta el día 45 ddt, donde se observaron las flores primarias, la floración fue evidente el día 90 ddt, los días posteriores (105, 120, 165 ddt) ocurrió el desarrollo y maduración de frutos, así como la generación de nuevos flujos florales. En la Ilustración 6 se presenta lo descrito previamente.

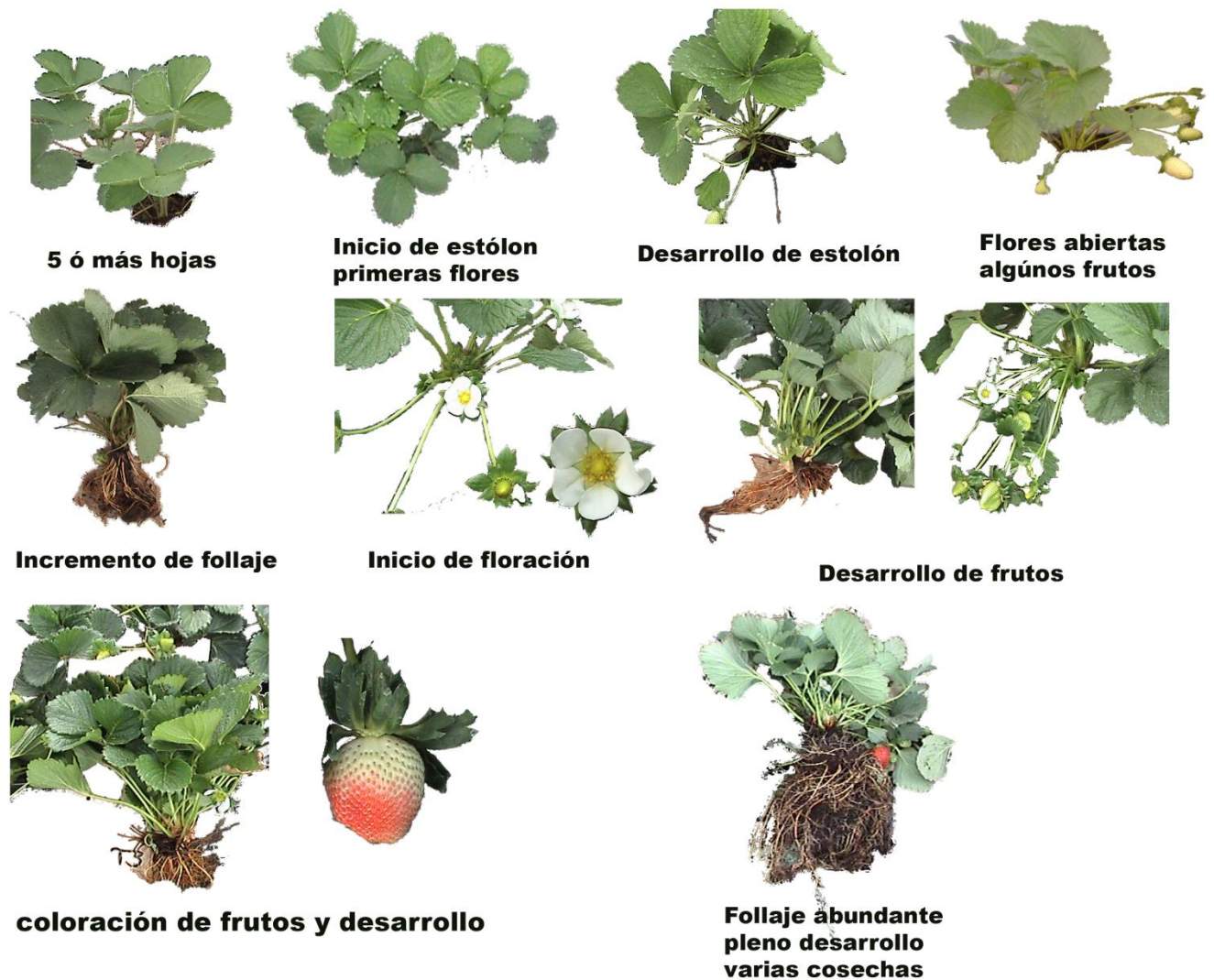


Ilustración 6. Etapas fenológicas de fresa variedad Zamorana, según los muestreos realizados.

Se pueden distinguir algunas etapas claves en el desarrollo de la planta de la fresa, estas son: aparición de flores primarias, desarrollo de estolones, incremento del follaje, aparición del primer flujo de floración y flujos florales siguientes.

Las variedades evaluadas coincidieron en las etapas mencionadas anteriormente de la siguiente manera: Albion y Festival, las flores primarias aparecieron en el día 30 ddt, el estolón fue visible en el día 45 ddt, las primeras flores aparecieron antes en Albion, en el día 60 ddt en comparación con Festival, en el día 75 ddt; Jacona y festival

coincidieron en que las flores primarias se visualizaron en el día 45 ddt, en incrementar el follaje en el día 75 ddt, el primer flujo floral apareció alrededor del día 90 ddt. Albion presentó su primer flujo de floración 30 días antes que Jacona y Zamorana, mientras que Festival la presentó 15 días antes.

6.2 Producción de materia seca en biomasa aérea más corona

En el Cuadro 6, se presentan los datos de acumulación de biomasa aérea más corona durante el ciclo de cultivo de las variedades de fresa Albion, Festival, Jacona y Zamorana, además de los resultados de las pruebas de comparación de medias, obtenidas a partir del análisis de varianza realizado para los doce muestreos. Las diferencias entre variedades por muestreo presentaron el siguiente comportamiento: hasta los 75 días no se observan diferencias importantes entre variedades, excepto un menor valor para la variedad Albion a los 30 ddt y un mayor valor para la variedad Jacona. A partir del día 90, se observan algunas diferencias entre variedades, con mayor contenido biomasa aérea más corona para Jacona y Festival, menores para Albión e intermedias para Zamorana. Por otra parte la máxima acumulación de biomasa aérea más corona se alcanzó a los 135 ddt en Albion, Zamorana y Jacona, y a los 150 días en Festival.

Cuadro 5. Acumulación de materia seca expresada en gramos por planta en cuatro variedades de fresa

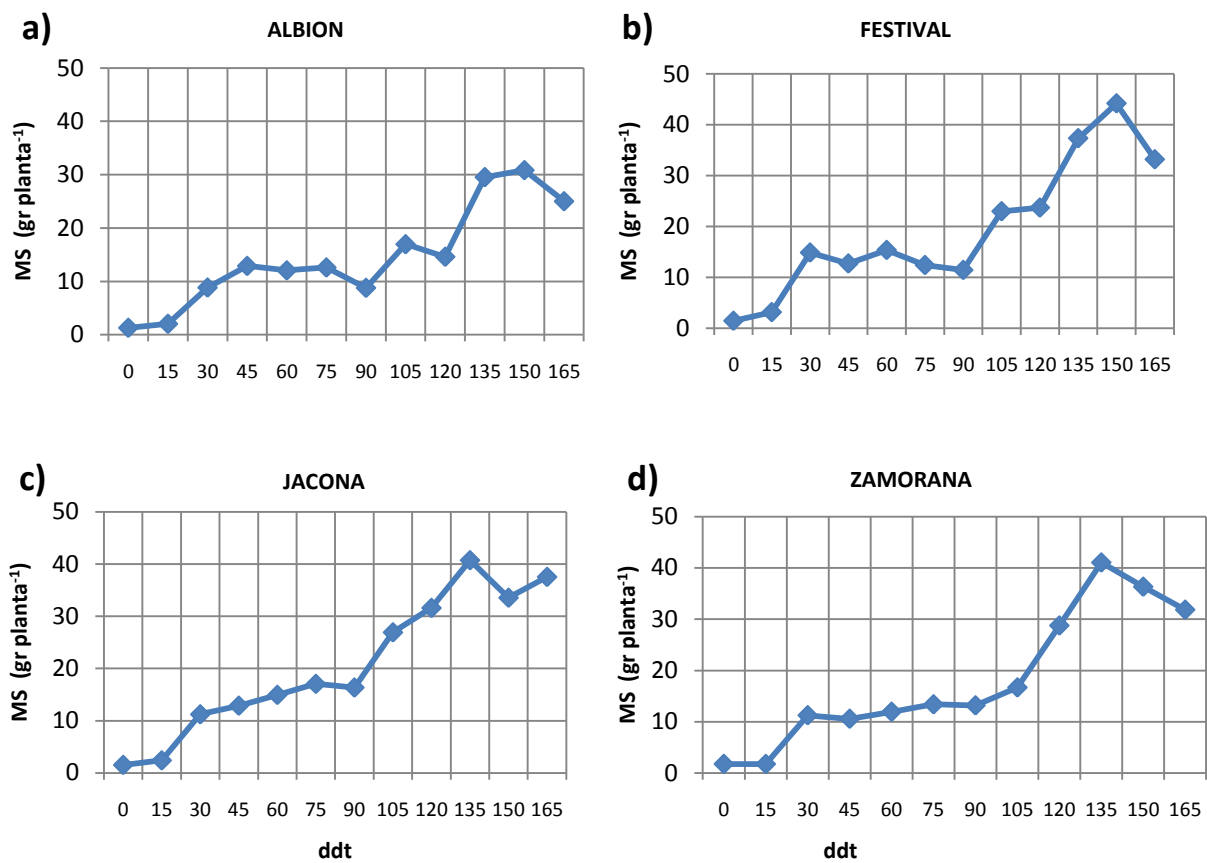
ddt	Variedades			
	Albion	Zamorana	Jacona	Festival
	-----g planta ⁻¹ -----			
0	1.3 a [†]	1.79 a	1.53 a	1.42 a
15	2.05 ab	1.78 b	2.4 ab	3.13 a
30	8.85 b	11.28 ab	11.23 ab	14.84 a
45	12.89 a	10.59 a	12.88 a	12.7 a
60	12.06 a	11.96 a	14.94 a	15.35 a
75	12.61 a	13.40 a	17.06 a	12.39 a
90	8.79 b	13.20 ab	16.36 a	11.42 ab
105	16.96 b	16.70 b	26.93 a	22.97 ab
120	14.62 c	28.76 ab	31.6 a	23.69 b
135	29.54 a	41.04 a	40.74 a	37.34 a
150	30.84 b	36.32 b	33.56 ab	44.2 a
165	25.02 b	31.85ab	37.55 a	33.19 ab

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (P =0.05), ddt: días después del trasplante.

Hasta el día 75 ddt, la acumulación de materia seca fue similar en las cuatro variedades, a partir del día 90 ddt y hasta el 165 ddt, hubo diferencias entre variedades; fueron Jacona y Festival las variedades con mayor acumulación de materia seca seguidas de Zamorana y Albion.

En la Figura 1, se presentan las curvas de acumulación de materia seca para todas las variedades de fresa evaluadas en ellas se observa una tendencia similar, solo se presentan diferencias en la cantidad de materia seca acumulada. Los incrementos en la acumulación de materia seca comienzan en el día 15 ddt y 90 ddt, alcanzando los valores máximos en los días 135 ddt y 150 ddt.

Figura 1. Materia seca acumulada en el tiempo en cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

MS = materia seca.

6.3 Concentración nutrimental en parte aérea más corona en cuatro variedades de fresa

La concentración de cada nutrimento en la planta de fresa presentó tendencias diferentes, por esta razón en el siguiente apartado se describen los resultados encontrados por nutrimento y variedad, poniendo énfasis en la concentración máxima y mínima. La importancia de saber este parámetro radica en que la concentración se utiliza con propósitos de diagnóstico sobre la nutrición del cultivo, realizando muestreos de material vegetal periódicos, para después enviarlos al laboratorio y con base en valores de referencia se llega a una conclusión; los valores de referencia se encuentran en publicaciones como la de Jones, 1992.

6.3.1 Nitrógeno

La concentración de nitrógeno en las cuatro variedades, fluctuó a lo largo del ciclo de desarrollo de la planta, de tal manera que Albion y Jacona coincidieron en la forma que presenta la curva de concentración, mientras que Festival y Zamorana también presentaron curvas parecidas, mismas que se presentan en la Figura 2.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 2.08 % y 1.38 % para Albion, de 1.81 % y 1.18 % para Festival, de 1.81 % y 1.35 % para Jacona, de 1.94 % y 1.43 % para Zamorana.

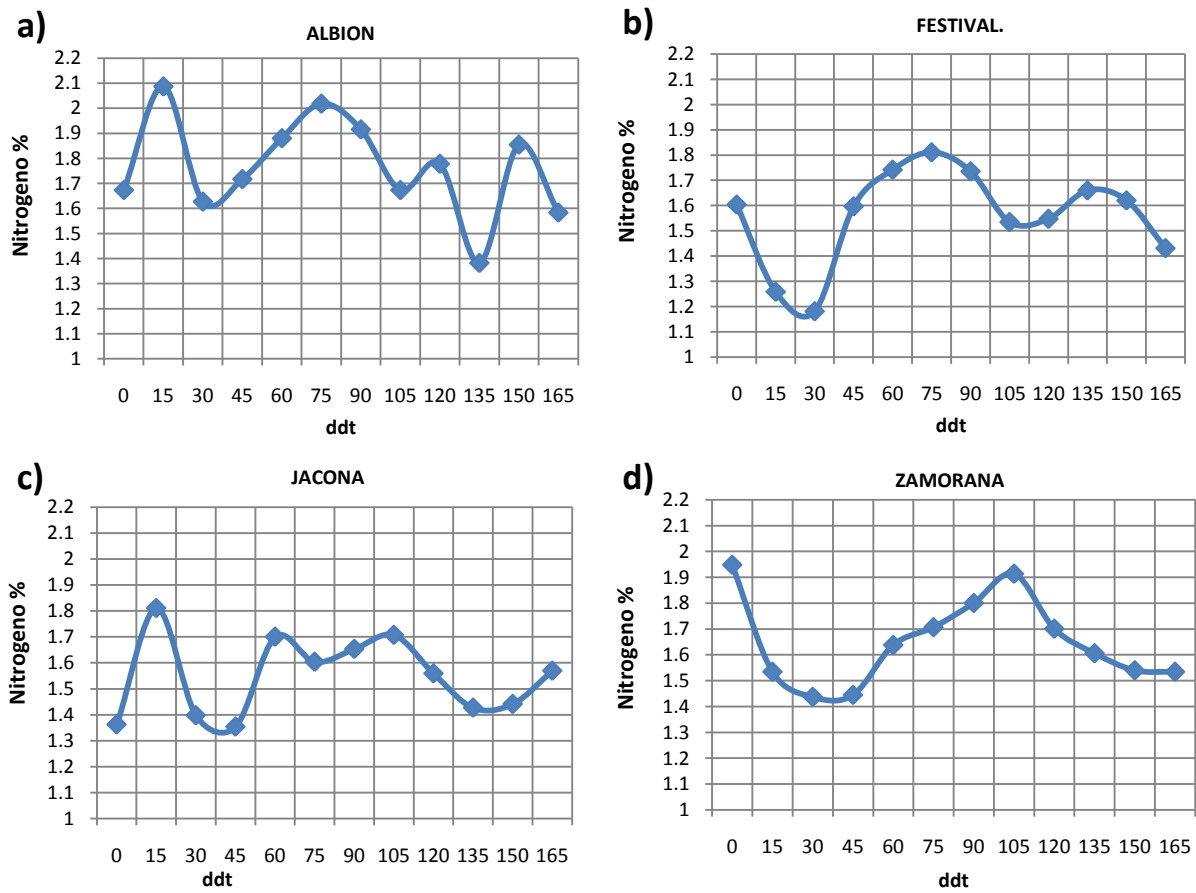
Albion alcanzó la concentración más alta en comparación con las otras variedades, seguida de Zamorana, mientras que Festival y Jacona tuvieron la misma concentración máxima, la más baja la tuvo Festival.

De manera general la concentración de nitrógeno en promedio considerando las cuatro variedades fluctuó de 1.18 % hasta 2.08 %.

Albion y Festival presentaron un contenido de nitrógeno inicial similar, sin embargo Jacona y Zamorana difirieron; Albion y Jacona, tuvieron un incremento en el día 15, situación que coincide con la etapa de desarrollo de hojas en ambos materiales.

Todas las variedades coincidieron en un decremento para el día 30, que corresponde a la etapa de desarrollo vegetativo inicial y desarrollo de las flores primarias; lo anterior, coincide con lo presentado por Monroy *et al.* (2001), quienes mencionan que la etapa con menor eficiencia en la absorción de nitrógeno correspondió al día 30 en el cultivo de fresa Chandler; Albion y Festival presentaron en el día 75 un incremento muy importante coincidiendo con la etapa de mayor desarrollo del follaje e inicio de la floración, mientras que Jacona y Zamorana alcanzaron un alto contenido hasta el día 105, coincidiendo con la etapa de inicio de cosecha de fruto; las cuatro variedades presentaron una tendencia a la baja a partir del día 105, coincidiendo con la etapa de desarrollo y cosecha de fruto, este comportamiento ha sido reportado por Molina *et al.* (1993).

Figura 2. Concentración de nitrógeno en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.2 Fósforo

La concentración de fósforo presentó una tendencia similar en las cuatro variedades evaluadas, con un incremento en la concentración en el día 15 ddt, 105 ddt y 150 ddt, aunque difirieron en los valores absolutos, según se presenta en la Figura 3.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 1.05 % y 0.37 % para Albion, de 0.79 % y 0.29 % para Festival, de 0.68% y 0.39% para Jacona, de 0.81% y 0.38% para Zamorana. La variedad con el valor más alto fue Albion, seguido de Zamorana, Festival y Jacona, el valor más bajo lo tuvo Festival seguido de Albion, Zamora y Jacona.

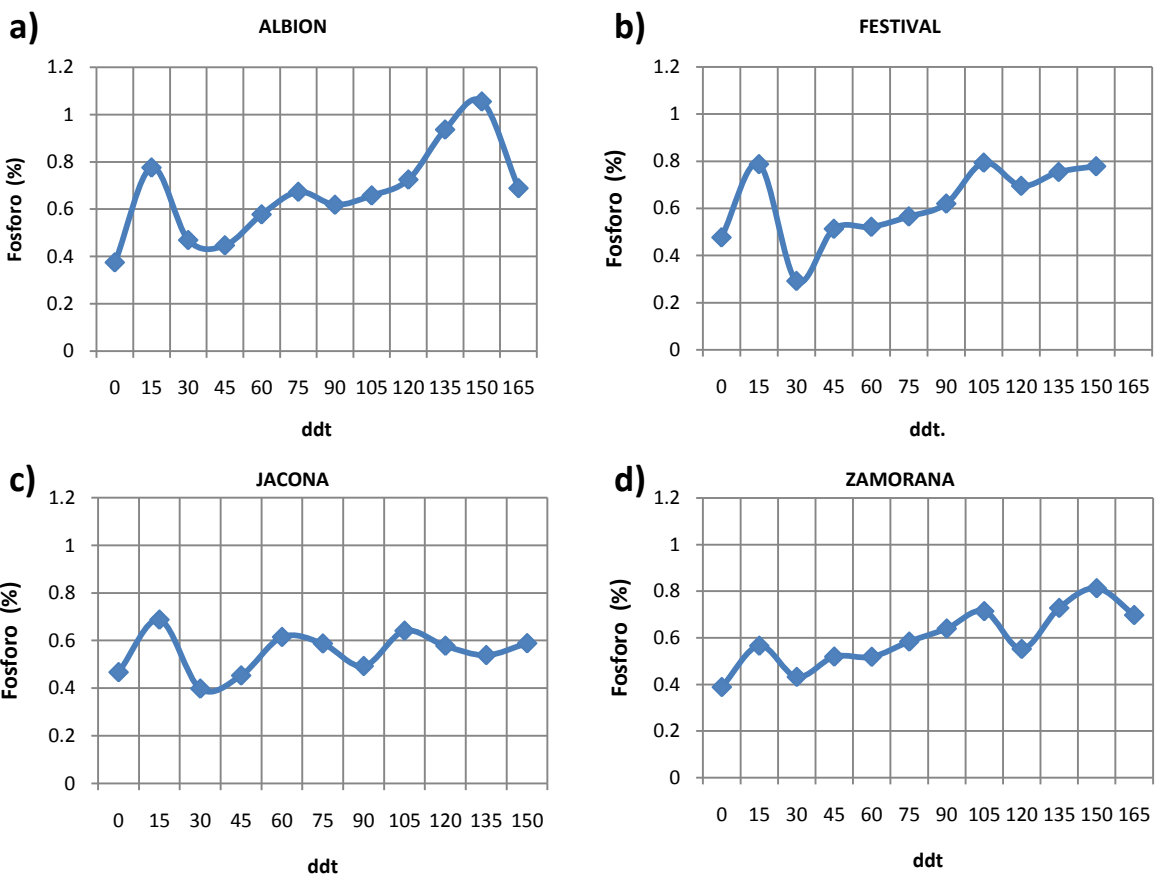
Considerando todas las variedades la concentración fluctuó entre los valores de 0.37 % y 1.05 %.

Las cuatro variedades presentaron un primer punto elevado en concentración de fosforo en el día 15 ddt, lo que coincide con la etapa de crecimiento de hojas; un segundo punto donde se mostró un incremento de este nutrimento fue el día 105 ddt, en las variedades Festival, Jacona y Zamorana, fecha que coincide con el desarrollo y coloración de frutos, además del inicio de la cosecha; el tercer incremento y de mayor valor, ocurrió en el día 150 en todas las variedades, coincidiendo en la etapa reproductiva y de cosecha. Todas las etapas fenológicas donde se presentó mayor contenido de fosforo, tienen relación con la generación de órganos tanto de hojas como desarrollo y producción de fruto, lo que es debido a que el fósforo participa activamente en procesos como la fotosíntesis, la glucolisis, el ciclo de Krebs, la β -oxidación, la oxidación directa de la glucosa y la descomposición de los carbohidratos (reacciones de carga), todas son reacciones de fosforilación, además el fósforo se encuentra como constituyente de nucleoproteínas, participa también en la división celular y constituyente del DNA y RNA, (Alcántar y Trejo, 2007)

Las tendencias encontradas en el párrafo anterior contrasta con las presentadas por Molina *et al.* (1993), quien reportó que las etapas donde se presentó mayor concentración de fósforo fueron en las semanas 3 y 14, mientras que las semanas donde hubo una disminución en la concentración fue en la 5 y a partir de la semana 14

en adelante se produjo una tendencia a la baja en el contenido de fósforo. Los resultados encontrados por Molina, *et al.* (1993) muestran una concentración inicial alta disminuyendo conforme pasan las semanas, en contraste con las variedades evaluadas en este estudio en donde la concentración aumenta conforme se desarrolla la planta.

Figura 3. Concentración de fósforo en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.3 Potasio

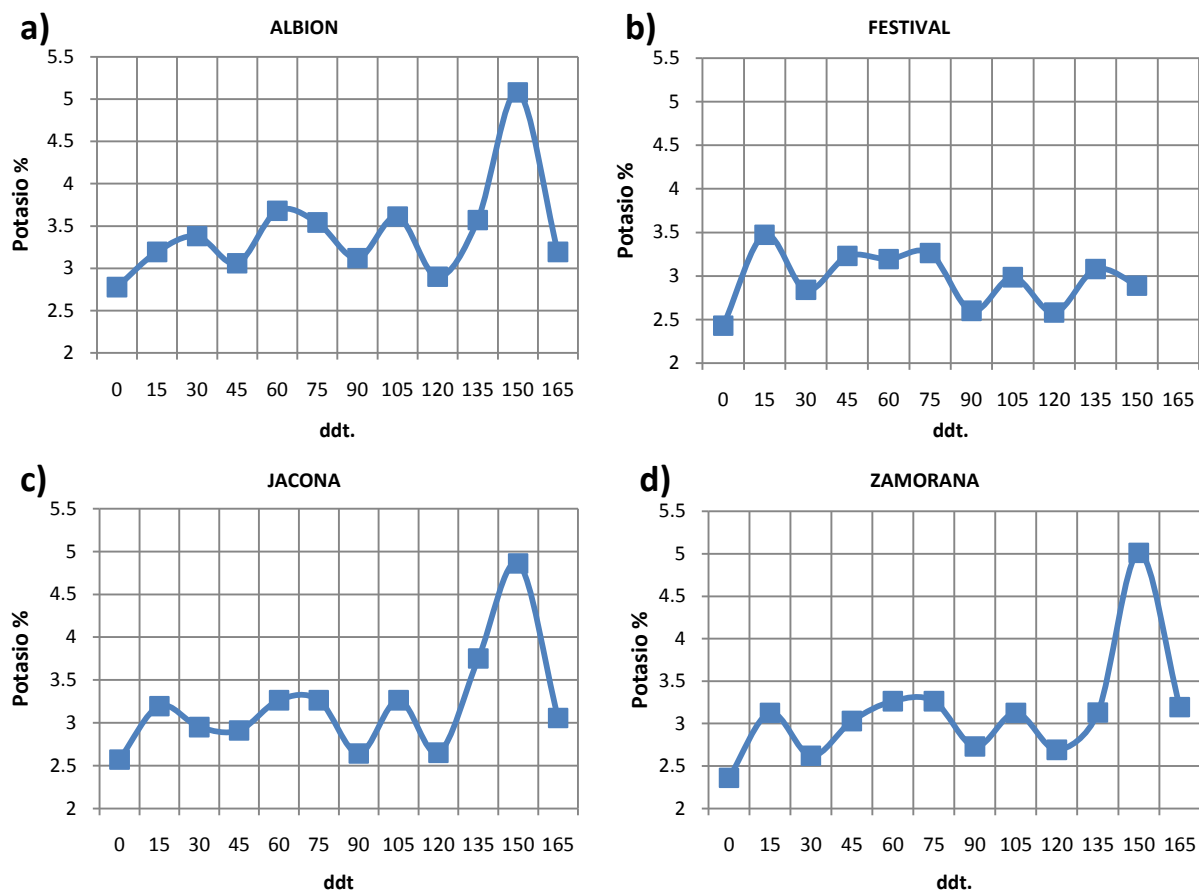
La concentración de potasio presentó una tendencia similar en las variedades Albion, Jacona y Zamorana con incrementos similares, con diferencia de Festival que no mostró estos incrementos, según se muestra en la Figura 4.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 5.08 % y 2.7 % para Albion, de 3.47 % y 2.43 % para Festival, de 4.86 % y 2.56 % para Jacona, de 5.01 % y 2.36 % para Zamorana. El valor más alto de concentración lo tuvo Albion, seguida de Zamorana, Jacona y Festival; el valor más bajo lo presentó Zamorana, seguida de Festival, Jacona y Albion.

El rango de concentración de potasio para las cuatro variedades varía de 2.36 % a 5.08 %.

El potasio es uno de los elementos cuyo contenido es superior al de todos los demás elementos esenciales, una parte considerable de este elemento se encuentra como ion libre a nivel de vacuola y citoplasma, se acumula en la superficie de los cloroplastos y penetra en ellos durante la fotosíntesis, promueve una eficiente traslocación de fotosintatos desde las hojas, sin embargo la fotosíntesis disminuye cuando los asimilados se acumulan en la hoja, por lo que una rápida exportación de fotoasimilados unidos al potasio, podría ser importante para mantener una alta tasa de fotosíntesis neta de las hojas; por otra parte, este elemento es altamente móvil al interior de la planta (Alcántar y Trejo, 2007). Todas las funciones del potasio mencionadas contribuyen a generar una dinámica constante en la concentración de este elemento en la planta, incrementándola y/o disminuyéndola, sin embargo en tres variedades se presentó en los mismos días e incluso los valores netos fueron similares en las cuatro variedades ya que fluctuó entre un 2.36% y 5.08%, con lo cual se identificó un comportamiento similar independientemente de la variedad. Los resultados obtenidos por Molina *et al.* (1993), en cuanto a concentración de este elemento fluctuaron entre 1.33 % a 2.52 %, valores inferiores a los encontrados en las variedades evaluadas en este estudio.

Figura 4. Concentración potasio en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = Días después del trasplante

6.3.4 Calcio

La concentración de calcio es diferente en las cuatro variedades, sin embargo incrementaron su valor en los día 15 ddt, 60 ddt, 105 ddt y 150 ddt, pero variando su valor absoluto, como se muestra en la Figura 5.

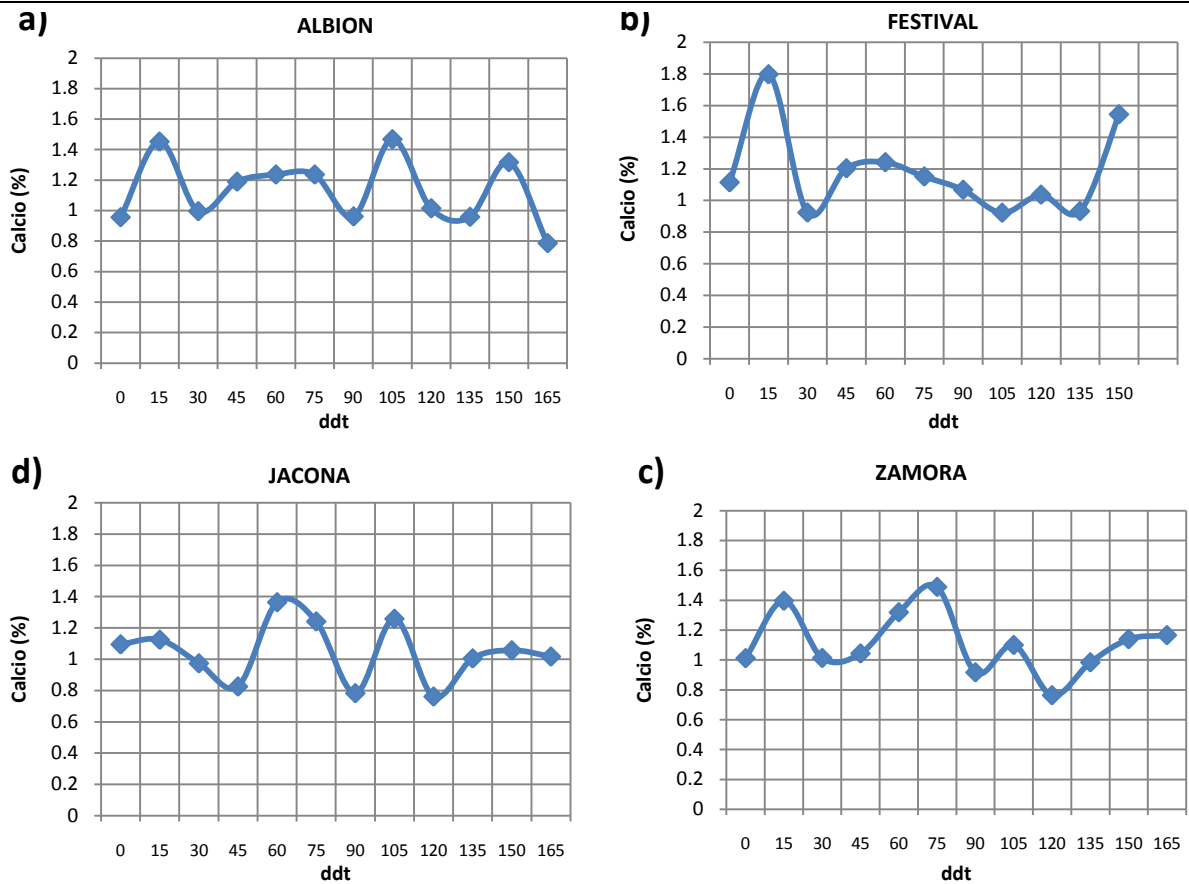
Los valores máximos y mínimos fueron de: 1.46 % y 0.78 % para Albion, de 1.79 % y 0.92% para Festival, de 1.36 % y 0.76 % para Jacona, de 1.48 % y 0.76% para Zamorana. El valor más alto lo tuvo la variedad Festival, seguida de Zamorana, Albion y Jacona.

Las concentraciones fluctuaron entre los valores de 0.76% hasta 1.79%, considerando todas las variedades.

Resultados obtenidos por Molina *et al.* (1993) muestran que la concentración de calcio en plantas de fresa varía de 0.47 % en la semana 8, hasta 1.72%, alrededor de la semana 28, observándose un aumento en concentración de calcio según avanza el desarrollo de la planta; en contraste con las variedades evaluadas, donde se observaron incrementos en concentración en la etapa inicial, otro en la etapa intermedia y en la etapa final del desarrollo de la planta, sin observarse alguna tendencia definida, pero se mantienen dentro de un rango de concentración de 0.76% a 1.79%.

El calcio activa la elongación y la multiplicación celular en los tejidos meristemáticos, cuando se suspende el suministro de calcio en una hora se detiene el crecimiento de la raíz; en general el calcio ejerce una acción favorable sobre el crecimiento radical y es necesario en la germinación y para el crecimiento de los tubos polínicos; son necesarias pequeñas cantidades de calcio para que se lleve a cabo la división celular (mitosis), es un importante constituyente de la pared celular (Alcántar y Trejo, 2007); de esta manera el calcio es necesario en todo el ciclo de crecimiento del cultivo de fresa, sin embargo es en las etapas de intensa división celular donde su concentración se eleva, como en la etapa de generación de hojas, desarrollo del follaje y estolones, además de la etapa reproductiva y fructificación.

Figura 5. Concentración calcio en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = Días después del trasplante

6.3.5 Magnesio

La concentración de magnesio presentó tendencias similares en las variedades Albion y Jacona por un lado, mientras que Festival y Zamorana por otro, aunque cambian los valores absolutos en cada variedad, según se indica en la Figura 6.

Las valores máximos y mínimos fueron de: 0.81 % y 0.41 % para Albion, de 1.17 % y 0.43% para Festival, de 0.68 % y 0.35 % para Jacona, de 0.75 % y 0.37 % para

Zamorana. El valor más alto lo presentó festival, en comparación con las otras variedades, y el más bajo lo presento Jacona.

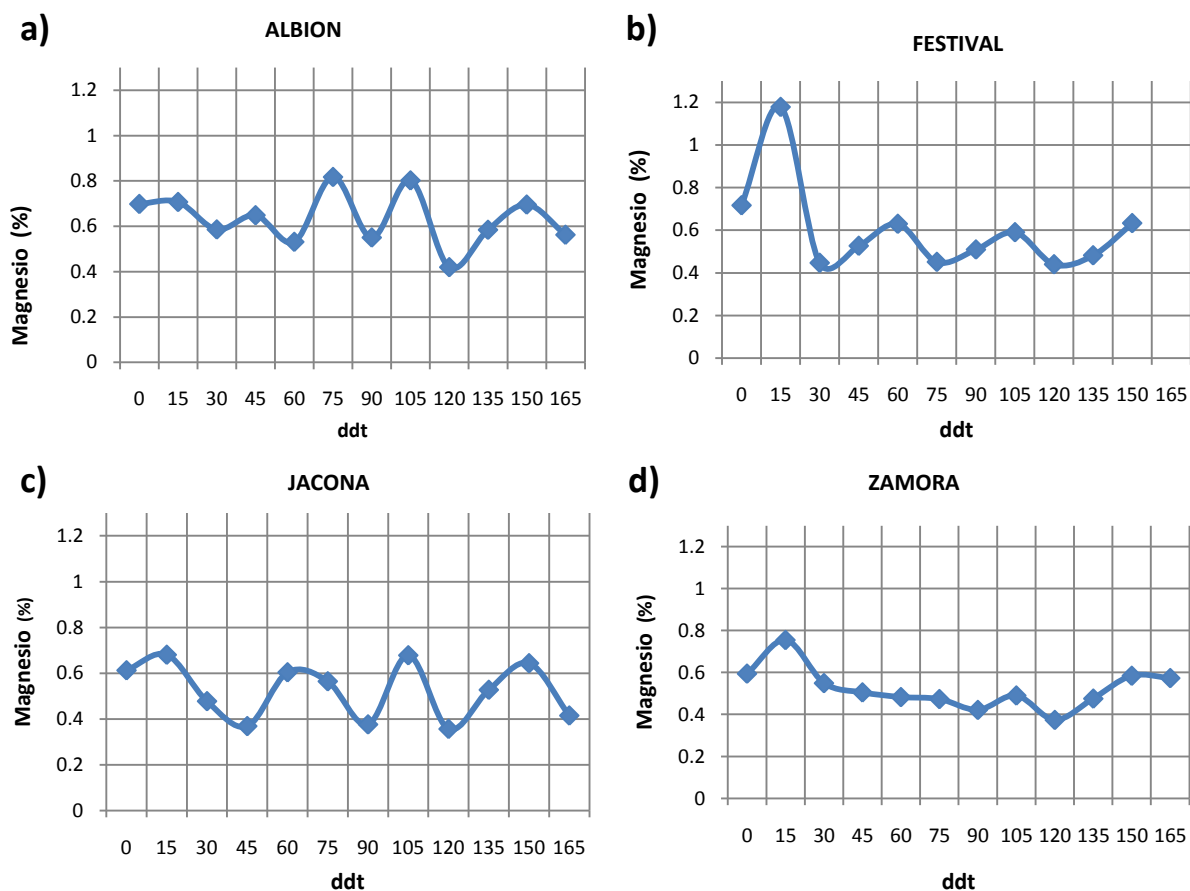
La concentración de magnesio varió de 0.35% a 1.17% considerando todas las variedades.

Las variedades Festival, Jacona y Zamorana, coincidieron en un incremento en la concentración de magnesio en el día 15 ddt en la etapa de generación de hojas; Festival y Jacona coincidieron en los días 60 ddt en la etapa de incremento de follaje y desarrollo de estolón, respectivamente y junto a la variedad Albion, manifestaron también un incremento en la concentración en el día 105 ddt en la etapa de desarrollo del fruto; por otro lado, todas las variedades evaluadas manifestaron un incremento en la concentración de este magnesio en el día 150 ddt en plena etapa reproductiva.

El magnesio tiene como función principal ser elemento constitutivo de la clorofila, además es constituyente de los ribosomas, sirve como puente entre los ácidos ribonucleicos, hay una larga lista de enzimas que son activadas por este elemento (Alcántar y Trejo, 2007); por tal motivo, este elemento es necesario de manera constante a lo largo del ciclo de la planta, sin embargo puede cobrar mayor importancia en procesos como la generación de hojas, etapas de alta tasa fotosintética y desarrollo de frutos.

Molina *et al.* (1993), reportaron concentraciones de magnesio que varían de 0.17% hasta 0.65%, presentándose las concentraciones altas en la semana 1, 14,18 y las bajas se presentaron en los días 8, 16 y 24, sus resultados coinciden en que las concentraciones altas que se encontraron al inicio y alrededor del día 105; sin embargo Albion y Festival, tuvieron concentraciones mayores a las mencionadas por este autor.

Figura 6. Concentración magnesio en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.6 Azufre

La concentración de azufre muestra fluctuaciones a lo largo del ciclo de crecimiento de la planta; Albion y Festival, presentaron una tendencia similar entre si, al igual que Jacona y Zamorana, lo que se observa en la Figura 7.

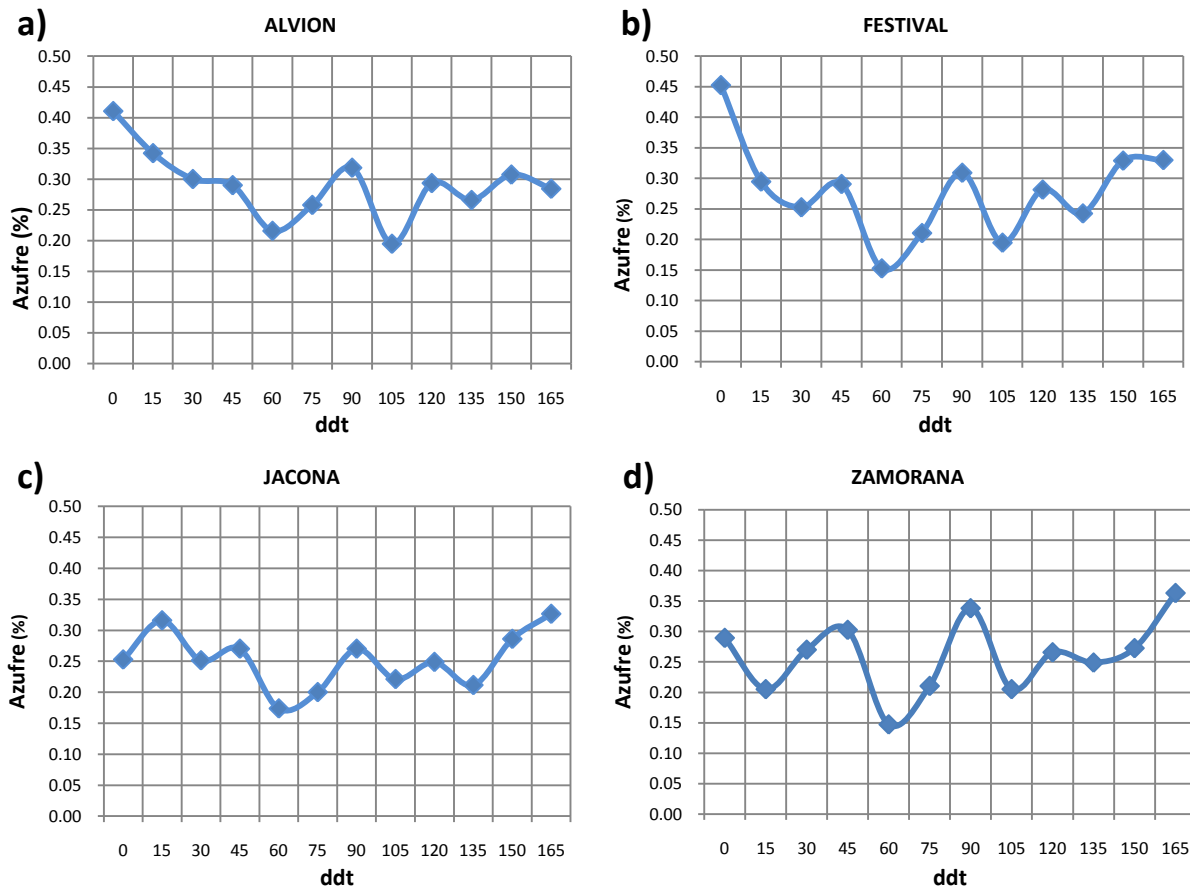
Los valores máximos y mínimos fueron de: 0.41 % y 0.19 % para Albion, de 0.45 % y 0.15 % para Festival, de 0.33 % y 0.17 % para Jacona, de 0.36 % y 0.15 % para

Zamorana. La variedad con la mayor concentración fue Festival, seguida de Albion, Zamorana y Jacona; mientras que la concentración menor la tuvieron Festival y Zamorana, seguidas de Jacona y después Albion.

Considerando a las cuatro variedades, la concentración de este elemento fluctuó de entre 0.15% y 0.45%; siendo Albion y Festival las que contienen mayor concentración de este nutrimento.

Las variedades Albion, Festival y Zamorana, presentaron una mayor concentración de azufre en el trasplante; el día 45 incrementaron la concentración Festival, Jacona y Zamorana, durante el desarrollo del estolón; todas las variedades incrementaron su concentración el día 90 ddt, en la etapa de floración y desarrollo inicial del fruto; Albion y Festival aumentaron la concentración en el día 120 ddt, en el desarrollo del fruto y el día 150, en etapa reproductiva, mientras que Jacona y Zamorana en el día 165, en pleno desarrollo de la planta; de lo anterior se pudo identificar que Albion y Festival se comportan de manera similar ya que coinciden en incrementar su concentración de azufre en los días 0, 90, 120 y 150 ddt, mientras que Jacona y Zamorana, coinciden en los días 45 90 y 65 ddt, manteniendo un comportamiento similar. Todas las variedades mostraron una disminución en la concentración el día 60 ddt, a finales de la etapa vegetativa.

Figura 7. Concentración azufre en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.7 Hierro

Todas las variedades presentaron una tendencia similar en la concentración de hierro, iniciando con un valor elevado, posiblemente debido a aplicaciones en vivero; posteriormente la concentración se estabiliza con pequeñas fluctuaciones, lo que se puede observar en la Figura 8.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 1122 ppm y 164 ppm para Albion, 1120 ppm y 141 ppm para Festival, de 1835 ppm y 162.30 ppm para Jacona, de 2868 ppm y 177.26 ppm para Zamorana. La variedad que presentó la mayor concentración fue Zamorana, seguida de Jacona, Albion y Festival; la que tuvo el menor valor fue Festival, seguida de Jacona, Albion y Zamorana.

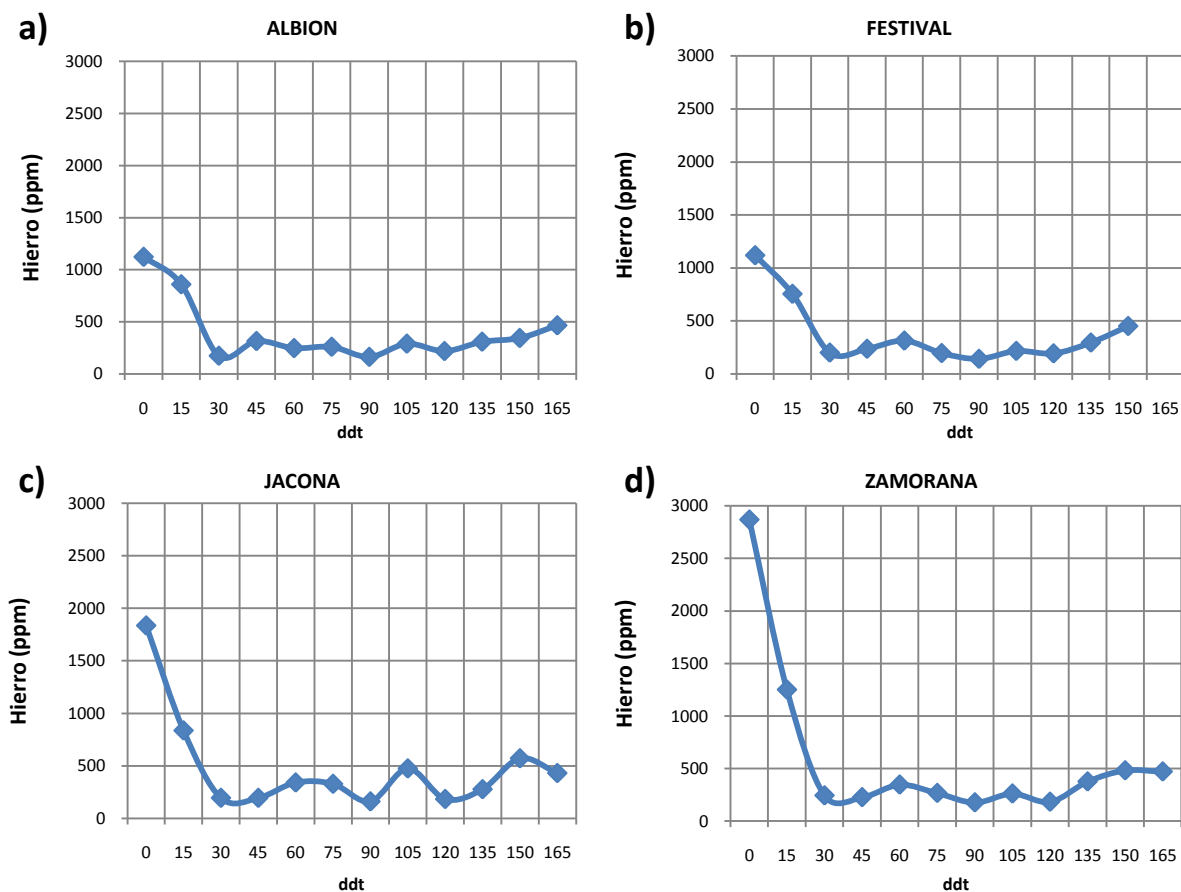
Considerando todas las variedades, el rango de concentración para hierro fluctuó de 141 ppm hasta 2868 ppm.

Todas las variedades presentaron una alta concentración inicial de hierro en el trasplante; Festival, Jacona y Zamorana mostraron un incremento en el día 60 ddt, en la etapa vegetativa, además del día 150 ddt en la etapa reproductiva; Alvion, Festival y Jacona, coincidieron en incrementar la concentración en el día 105 ddt, en el desarrollo del fruto; todas las variedades presentaron bajas en la concentración los días, 30 ddt en la etapa vegetativa inicial, 90 ddt en el desarrollo inicial del fruto, 120 ddt en la coloración y desarrollo del fruto.

El hierro es un cofactor en más de 130 enzimas que catalizan reacciones bioquímicas únicas e interviene en procesos como la fotosíntesis, respiración, reducción de nitratos y sulfatos, más del 63 % del hierro se localiza en el follaje; la participación del hierro en la síntesis de clorofila y en el funcionamiento y estructura de la clorofila, origina que una deficiencia de este elemento en las plantas disminuya la concentración de la clorofila, también se disminuye el crecimiento del cloroplasto; el hierro es indispensable en etapas como la vegetativa, el desarrollo del fruto y la etapa de maduración y acumulación de fotoasimilados (Alcántar y Trejo, 2007).

Resultados encontrados por Molina *et al.* (1993), indican concentraciones menores de 672 ppm hasta la semana 22 y posteriormente incrementos hasta llegar a la semana 28 con 1179 ppm; esta tendencia es contraria a la presentada en las variedades evaluadas por el presente trabajo.

Figura 8. Concentración hierro en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.8 Boro

La concentración de Boro mostró tendencias similares en las cuatro variedades, se incrementó hasta llegar a un punto máximo entre los 135 ddt y 150 ddt, con algunas fluctuaciones según se muestra en la Figura 9.

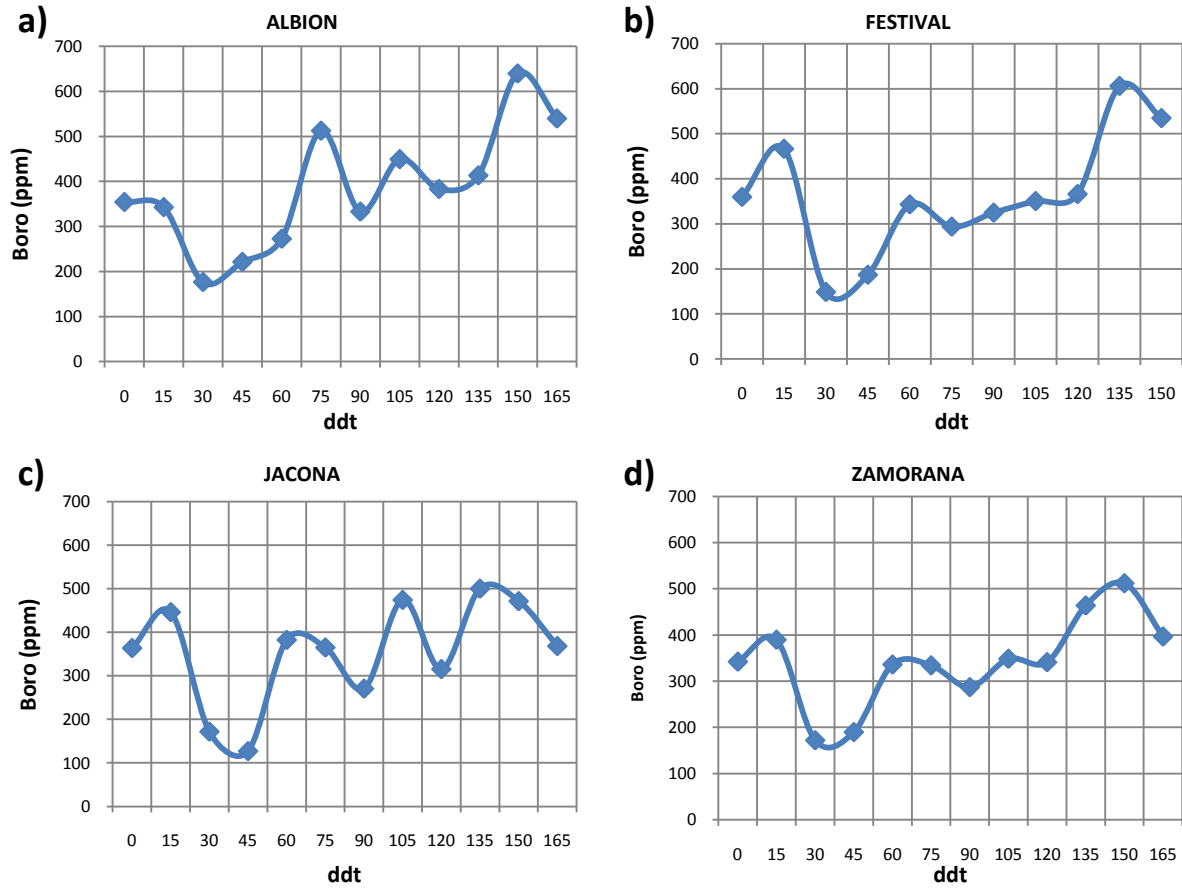
Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 639 ppm y 176 ppm para Albion, de 605 ppm y 148 ppm para Festival, de 500 ppm y 126 ppm para Jacona, de 511 ppm y 172 ppm para Zamorana. La variedad con la mayor concentración fue Albion seguida de Festival, Zamorana y Jacona; la de menor concentración fue Jacona, seguida de Festival, Zamorana y Alvion.

Considerando a todas las variedades, el rango de concentración para boro fue de 127 ppm hasta 640 ppm.

Festival, Jacona y Zamorana coincidieron en incrementar la concentración de boro en los días 15 ddt, en el desarrollo de hojas, 60 ddt, en la etapa vegetativa; Albion, Jacona y Zamorana mostraron incrementos en concentración en el día 105 ddt, en la etapa de desarrollo de frutos; de manera general, Festival, Jacona y Zamorana tuvieron coincidencias en algunas etapas al incrementar su concentración, mientras que Albion difirió en mayor proporción; por otra parte, Albion, Festival y Zamorana, disminuyeron su concentraciones en los días 30 ddt, en la etapa vegetativa inicial, 90 ddt, en el inicio de la etapa reproductiva.

El boro se debe considerar como un elemento formativo de las estructuras vegetales, bajo cuya falta no transcurre normalmente la ordenación y desarrollo de varios tejidos. La diferenciación de las células es también restringida por un abastecimiento insuficiente de boro, también se ve afectado el desarrollo de las células del cambium a tejidos de xilema o floema. El proceso más afectado con la deficiencia de este elemento es el transporte de carbohidratos, presentándose un déficit de estos compuestos en los meristemas de raíces y conos de crecimiento en la parte superior de la planta, mientras que se acumulan en las hojas fotosintéticamente activas (Alcántar y Trejo, 2007). Según estas funciones del boro, se puede deducir que este nutrimento es importante en etapas como el desarrollo vegetativo, radical, la floración y desarrollo de fruto.

Figura 9. Concentración boro en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.9 Zinc

La concentración de zinc presentó una tendencia diferente para cada variedad, ya que se incrementó y disminuyó sin notarse una tendencia definida, comportamiento que se puede observar en la Figura 10.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 67 ppm y 33 ppm para Albion, de 76 ppm y 33 ppm para Festival, de 52 ppm y 29 ppm para Jacona, de 83 ppm y 38 ppm para Zamorana. La variedad con mayor concentración fue Zamorana, seguida de Festival, Albion y Jacona; la que presentó el menor valor fue Jacona, seguida de Festival, Albion y Zamorana.

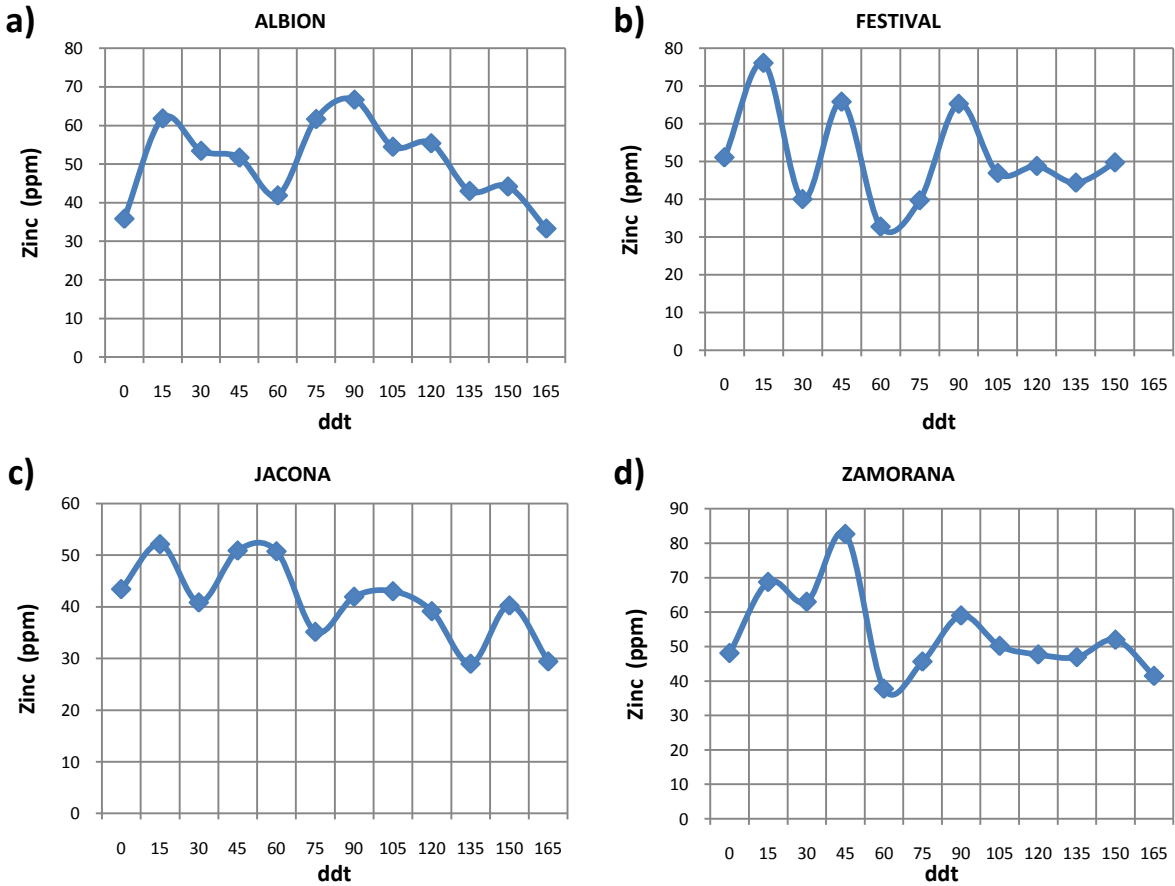
El rango de concentración de zinc fue de 29 ppm hasta 83 ppm, para todas las variedades.

Todas las variedades incrementaron la concentración de zinc en el día 15 ddt, en la etapa de generación de hojas; Festival, Jacona y Zamorana coincidieron con una mayor concentración en el día 45 ddt, en el desarrollo del estolón.

El zinc tiene funciones estructurales y funcionales en varias enzimas; es un elemento indispensable en la síntesis de proteínas, debido a su función como componente estructural de los ribosomas, participa en el abastecimiento de carbohidratos, un abastecimiento adecuado de zinc favorece la síntesis de triptófano y debido que el triptófano es precursor del ácido indolacético (auxina), se le puede adjudicar una influencia en la formación de auxinas, aunque este metabolismo aún no está claro (Alcántar y Trejo, 2007). Estas funciones del zinc influyen en etapas como la formación de meristemas apicales, como hojas o raíces, en la formación de estolones y su adecuado desarrollo, en la formación y desarrollo de frutos.

Molina *et al.* (1993), encontraron concentraciones de zinc de alrededor del 35 ppm a 99 ppm; las concentraciones altas se presentaron alrededor de la semana 11, 16 y 28, mientras que los valores bajos se presentaron en las semanas 5, 14, 18; lo anterior difiere con los resultados encontrados en el presente estudio.

Figura 10 Concentración zinc en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.3.10 Manganeso

La tendencia de la concentración de manganeso fue similar en las variedades Jacona y Zamorana, al igual que en Albion y Festival. Sin embargo, los valores de concentración fluctuaron a lo largo del ciclo de cultivo, como se muestra en la Figura 11.

Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 91 ppm y 37.91 ppm para Albion, de 117 ppm y 33 ppm para Festival, de 83 ppm y 27 ppm para Jacona, de 124 ppm y 27.03 ppm para Zamorana. El mayor valor correspondió a Zamorana, seguida de Festival, Albion y Jacona; el valor mínimo lo tuvo Jacona, seguida de Zamorana, Festival y Albion.

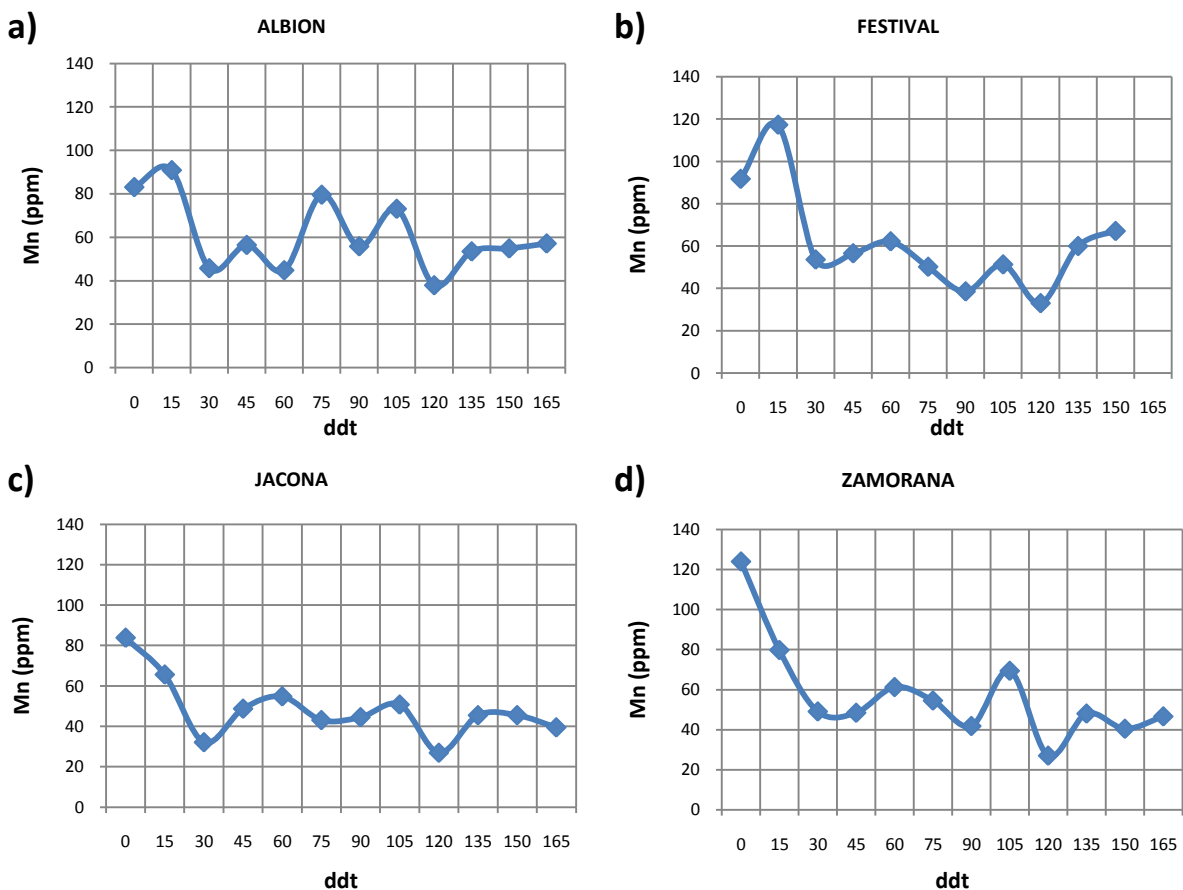
Considerando a todas las variedades, el rango de concentración para manganeso fue de 27 ppm hasta 124 ppm.

En la concentración de manganeso se pueden identificar dos grupos que se comportan de manera similar, considerando los incrementos y decrementos del nutrimento; las variedades Albion y Festival, presentaron incrementos en los días, 15 ddt en la etapa de generación de hojas, así como en el 105 ddt en el desarrollo y coloración del fruto, mientras que presentaron decrementos en los días 30 ddt en la etapa vegetativa inicial, 90 ddt cuando los frutos presentaron una tonalidad blanca, 120 ddt en el desarrollo y maduración del fruto; Jacona y Zamorana presentaron también similitudes, tuvieron mayor concentración en el trasplante, en el día 60 ddt en el desarrollo vegetativo, 105 ddt en el desarrollo del fruto, 135 ddt en la maduración del fruto; las menores concentraciones se presentaron alrededor del día 30 ddt en la etapa vegetativa inicial, 120 ddt en la coloración y maduración del fruto. Todas las variedades coincidieron en incrementar el contenido de este nutrimento en el día 105 ddt y disminuirlo en los días 30 ddt, 90 ddt y 120 ddt.

Se ha reportado que el manganeso es un activador enzimático al interior de la planta, en muchos casos puede ser remplazado por el magnesio. La fotosíntesis en general y la evolución del oxígeno en el foto sistema II, son los dos procesos más afectados por la deficiencia de este elemento, ya que cambia la estructura del cloroplasto, disminuye la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos (Alcántar y Trejo, 2007). Estas funciones sugieren la importancia del elemento en todas las etapas del desarrollo de la planta, sin embargo en la fresa tienen relevancia en las etapas donde se requiera una alta tasa fotosintética y generación de proteínas carbohidratos y lípidos.

Molina *et al.* (1993), encontraron concentraciones de manganeso de alrededor de 108 ppm hasta 334 ppm a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo, valores que difieren de los encontrados en el presente estudio, ya que ninguna de las cuatro variedades superaron los 124 ppm de manganeso; según datos del mismo autor las semanas con mayor concentración de este nutrimento fueron, la 11, 18, 26; las semanas con menor concentración fueron la 5, 16 y 24.

Figura 11. Concentración manganeso en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = Días después del trasplante

6.3.11 Sodio

La concentración de sodio presentó tendencias similares en las cuatro variedades, disminuyendo a lo largo del ciclo de cultivo, comportamiento que se puede observar en la Figura 12.

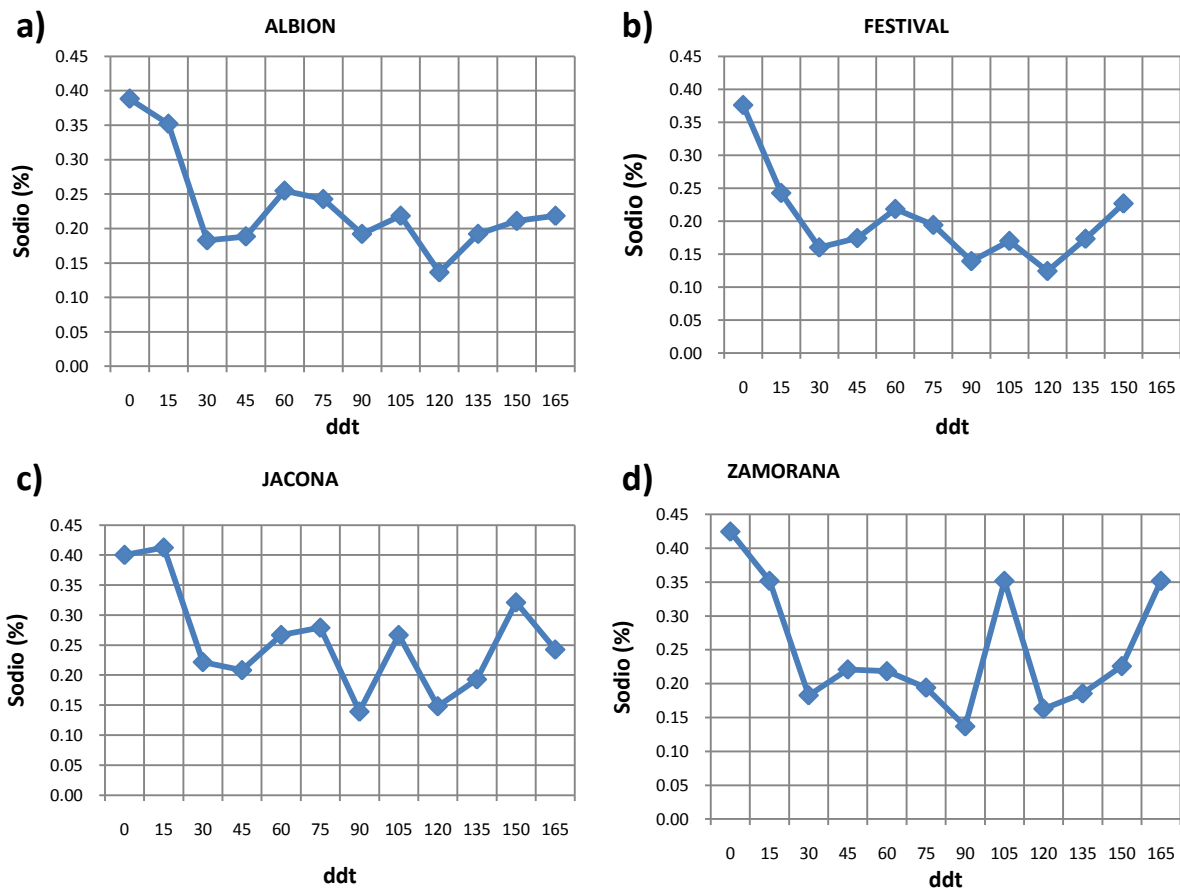
Las concentraciones máximas y mínimas fueron de: 0.39 % y 0.14 % para Albion, de 0.38 % y 0.12 % para Festival, de 0.41 % y 0.14 % para Jacona, de 0.42 % y 0.14 % para Zamorana. Al comparar todas las variedades el mayor valor lo presentó Zamorana, seguida de Jacona, Albion y Festival, el menor valor lo tuvo Festival.

Al considerar todas las variedades, el rango en que fluctuó la concentración de sodio fue de 0.12% a 0.42%.

En un trabajo realizado por Keutgen y Pawelzik, (2009), donde indujeron estrés mediante cloruro de sodio en dos cultivares de fresa, encontraron que la concentración de sodio y cloro se incrementó en todos los órganos de la planta, no encontraron diferencias entre cultivares, Korona mantuvo un alto nivel de sodio en sus raíces y peciolo, además mostro bajos niveles de sodio en hojas y frutos. El contenido de potasio en el testigo fue más alto que los tratamientos con cloruro de sodio; entre los diferentes órganos, la concentración más alta de potasio se encontró en los peciolo; los niveles de nitrógeno aumentaron conforme subió el estrés por salinidad en raíces, fruto y corona en el cultivar Elsanta; en ambos cultivares hubo un incremento significativo en el contenido de fósforo en raíces y peciolo, además del fruto en el cultivar Elsanta. Por otra parte el contenido de Mg, Mn y Fe bajó significativamente en las hojas, Mn y Mg, aumentaron en la corona. Los puntos anteriores son una muestra del efecto que el sodio puede ocasionar en la dinámica de absorción de nutrientes en la planta de fresa, sin embargo estas características pueden variar en función de la dinámica del ambiente. Este mismo trabajo mostró concentraciones de sodio en el testigo de 0.05 mol.kg^{-1} en los dos cultivares con una concentración media de 2.26 mol.kg^{-1} en Korona y 1.6 mol.kg^{-1} en Elsanta, y una concentración alta de alrededor de 2.7 mol.kg^{-1} en Korona y 2.8 mol.kg^{-1} en Elsanta; Cabe mencionar que la acumulación

de sodio en las cuatro variedades evaluadas en el presente estudio no sobrepaso la cantidad de 0.18 mol.kg^{-1} , situándose en la concentración baja.

Figura 12. Concentración sodio en planta, durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante

6.4 Concentración nutrimental por órganos

6.4.1 Nitrógeno

El comportamiento de la concentración de nitrógeno fue homogénea para las cuatro variedades evaluadas, a continuación se describe cada una de ellas:

En Albion, el órgano que presentó mayor concentración de nitrógeno fue la flor con alrededor de 2.2 %, seguido por los frutos con 1.8 % y las hojas con 1.6 %, la raíz con 1.5%, por último se encuentra la corona con 1.2 % (Figura 13^a).

En Festival, la flor presentó mayor concentración de nitrógeno con 2.1 %, después las hojas con 1.7 % y los frutos con 1.7 %, la raíz con 1.4 % y por último la corona con 1.2 % (Figura 13^b).

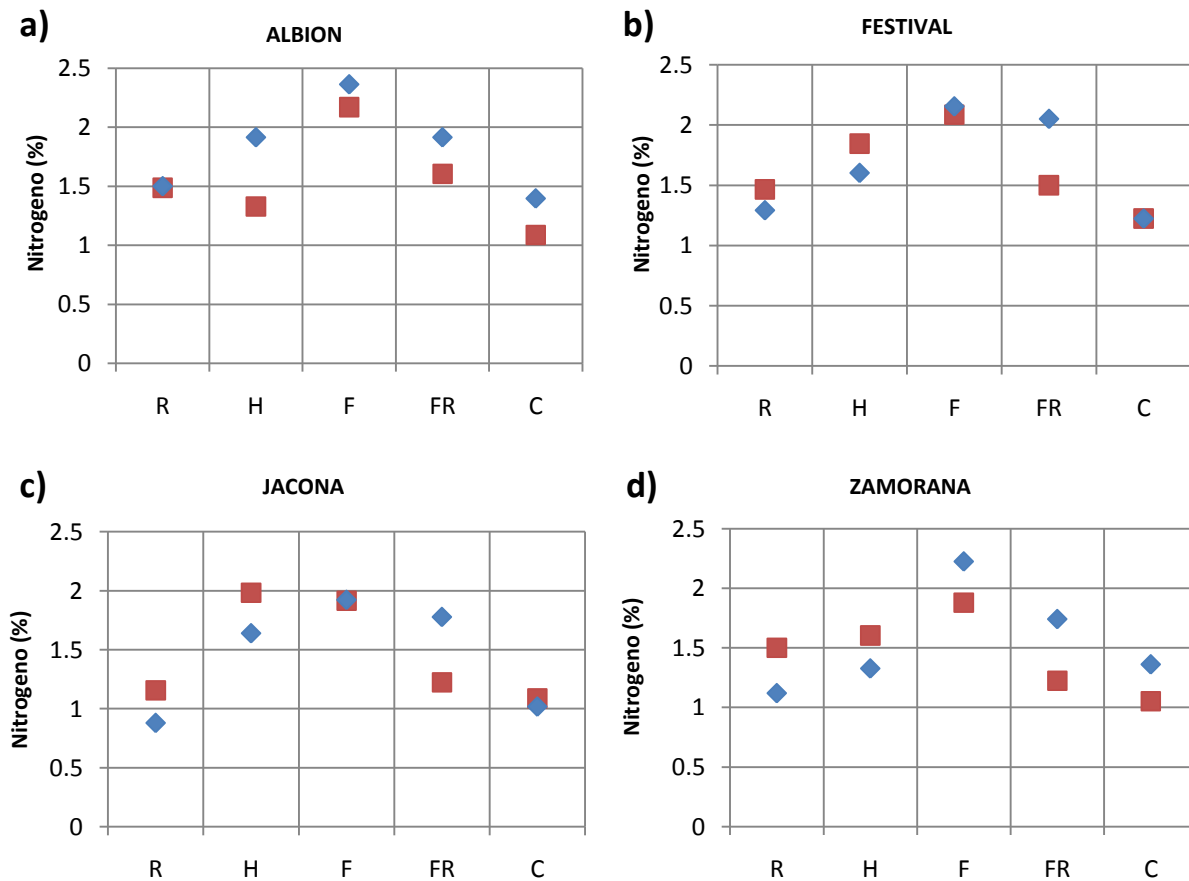
En Jacona, la flor con 1.9 % presentó mayor concentración de nitrógeno, después las hojas con 1.8 %, los frutos con 1.5 %, seguido de la raíz con 1.0 % y la corona con 1.0% (Figura 13^c).

En Zamorana, la flor presentó mayor concentración de nitrógeno con 2%, después las hojas con 1.4 % y los frutos con 1.4 %, seguido de la raíz con 1.3 %, por último la corona con 1.2 % (Figura 13^d).

Todas las variedades coinciden en que la flor es el órgano con mayor concentración de nitrógeno, seguido de la hoja, en tercer término el fruto, después la raíz y en última posición la corona. Estos resultados difieren de los encontrados por Chow *et al.* (1992), quienes mencionan que el órgano con mayor contenido de nitrógeno fue la hoja, seguida de la raíz, después el fruto y finalmente los tallos (no consideraron las flores para este nutrimento). Por otra parte, Tagliavini *et al.* (2005), encontraron que los órganos con mayor contenido de nitrógeno, fueron los frutos, después las hojas, en tercer término el peciolo, la corona, la raíz y el estolón. Estos resultados son contradictorios, sin embargo las condiciones experimentales fueron distintas.

En la literatura se presenta una serie de valores de concentración de nitrógeno, en hojas con motivos de diagnóstico nutricional en campo. Ullio y Macarthur (2004) mencionan que una concentración adecuada en la hoja es de 2.8 %, mientras que los niveles tóxicos varían de 2.0 % a 2.5 %; Hancock (1999) presenta como valores bajos 1.9%, suficiente de 2.0% a 2.8% y excesivo 4.0 %; Benton *et al.* (1991) mencionan que los niveles bajos en este cultivo varían de 2.3 % a 2.4 %, suficiente de 2.5 % a 4.0 % y concentraciones mayores a 4.0 % se consideran altas; por otro lado Reuter y Robinson (1986) presentaron como valor crítico 2.8% y adecuado de 2.5% a 3.5% . Con base a los criterios anteriores, todas las variedades presentaron un nivel bajo de nitrógeno, al menos en las etapas de muestreo por órgano, sin embargo es importante mencionar que la hoja muestreada en las referencias anteriores es la hoja más recientemente madura, en cambio en el presente estudio se utilizó, toda la planta ya que los fines con que se realizó este trabajo fue la de estudiar el contenido nutricional en la planta completa.

Figura 13. Concentración de nitrógeno en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.2 Fósforo

En Albion el órgano con mayor concentración de fósforo fueron las hojas con 1.2 %, seguidas del fruto con 0.8 %, la flor con 0.8 %, la corona con 0.6 % y la raíz con 0.5 % (Figura 14a).

En Festival el órgano con mayor concentración de fósforo fueron las hojas con 0.8 %, seguidas de la flor con 0.8 %, los frutos con 0.7 %, la corona con 0.6 % y la raíz con 0.4 % (Figura 14b).

En Jacona el órgano con mayor concentración de fósforo fue el fruto con 0.8 %, seguido de la flor con 0.6 %, la hoja con 0.5 %, la raíz con 0.5 % y la corona con 0.4 % (Figura 14c).

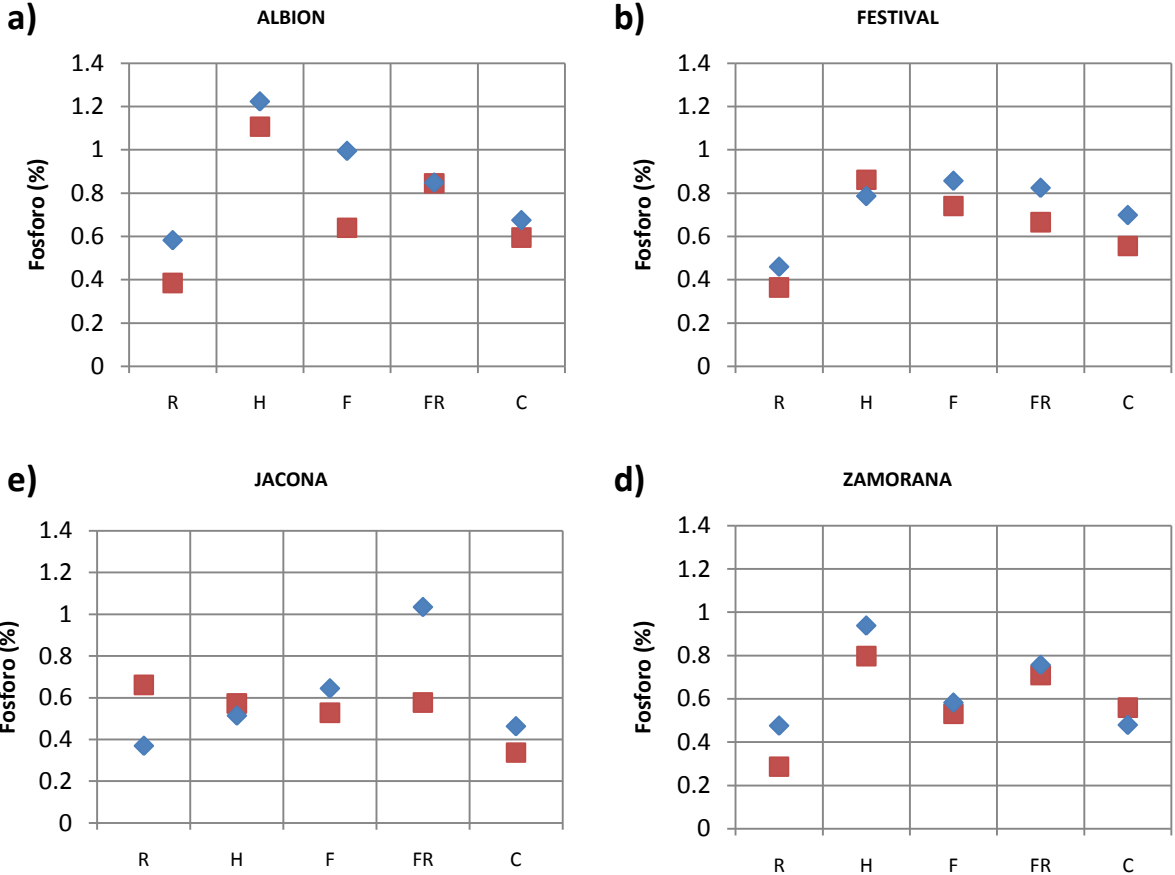
En Zamorana el órgano con mayor concentración de fósforo fue la hoja con 0.9 %, seguida de los frutos con 0.6 %, la flor con 0.6 %, la corona con 0.5 % y la raíz con 0.4 % (Figura 14d).

En este nutrimento se puede distinguir que Albion y Zamorana presentaron la mayor concentración de fósforo en las hojas, después en el fruto, la flor, corona y en último lugar la raíz; por otra parte las variedades Festival también tuvo mayor contenido de este nutrimento en las hojas, sin embargo en este caso la flor tuvo mayor concentración seguida de el fruto, al final la corona y raíz; mientras que Jacona presentó mayor concentración en los frutos, seguido de la flor, después las hojas, raíz y al final la corona; todas las variedades coincidieron en que la corona y raíz tuvieron la menor concentración de fósforo. Según Tagliavini *et al.* (2005), los frutos son los órganos con mayor contenido de fosforo, seguidos de las hojas, el peciolo, la corona y la raíz, tendencia que presentó similitudes con la variedad Jacona.

La concentración de fósforo en hojas se utiliza como indicador nutricional en el cultivo de fresa, autores como Macarthur (2004) menciona que la concentración adecuada de este elemento es de menos de 0.1 %, niveles toxico de 0.3 % a 0.5 %, tomando este

criterio todas las variedades evaluadas estarían en el nivel toxico; Hancock (1999) menciona que una concentración baja de este elemento esta alrededor de 0.20 %, el nivel suficiente varia de 0.25 % a 0.40 %, mientras que un exceso se da con valores superiores de 0.50 %, según esto las variedades del presente estudio habrían tomado un exceso de este nutrimento. Benton *et al.* (1991) consideran que los limites bajos varían de 0.20 % a 0.24 %, el limite suficiente de 0.25 % a 1 %, el exceso mayor a 1%, según lo anterior las variedades tuvieron una concentración suficiente. Por otra parte Reuter y Robinson (1986) mencionan que la condición deficiente se da con una concentración menor a 0.1 %, la marginal de 0.1 % a 0.3 %, el limite critico es de 0.1 %, el rango adecuado va de 0.3 % a 0.5 %, con base a este criterio las variedades evaluadas se posicionaron en una concentración elevada.

Figura 14. Concentración de fósforo en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.3 Potasio

En Albion, el órgano con mayor concentración de potasio fue el fruto con 4.6%, seguido de la flor con 4.4 %, la hoja con 4.2 %, la corona con 4.1 %, la raíz con 2 % (Figura 15a).

El Festival, el órgano con mayor concentración de potasio fue el fruto con 3.9 %, seguido de la flor con 3.7 %, la corona con 3.2 %, la hoja con 2.6 %, y la raíz con 2.4 % (Figura 15b).

En Zamorana, la hoja fue el órgano con mayor concentración de potasio con 4.3 %, seguida de la flor con 4%, el fruto con 3.8 %, la corona con 3.6 % y la raíz con 1.42% (Figura 15c).

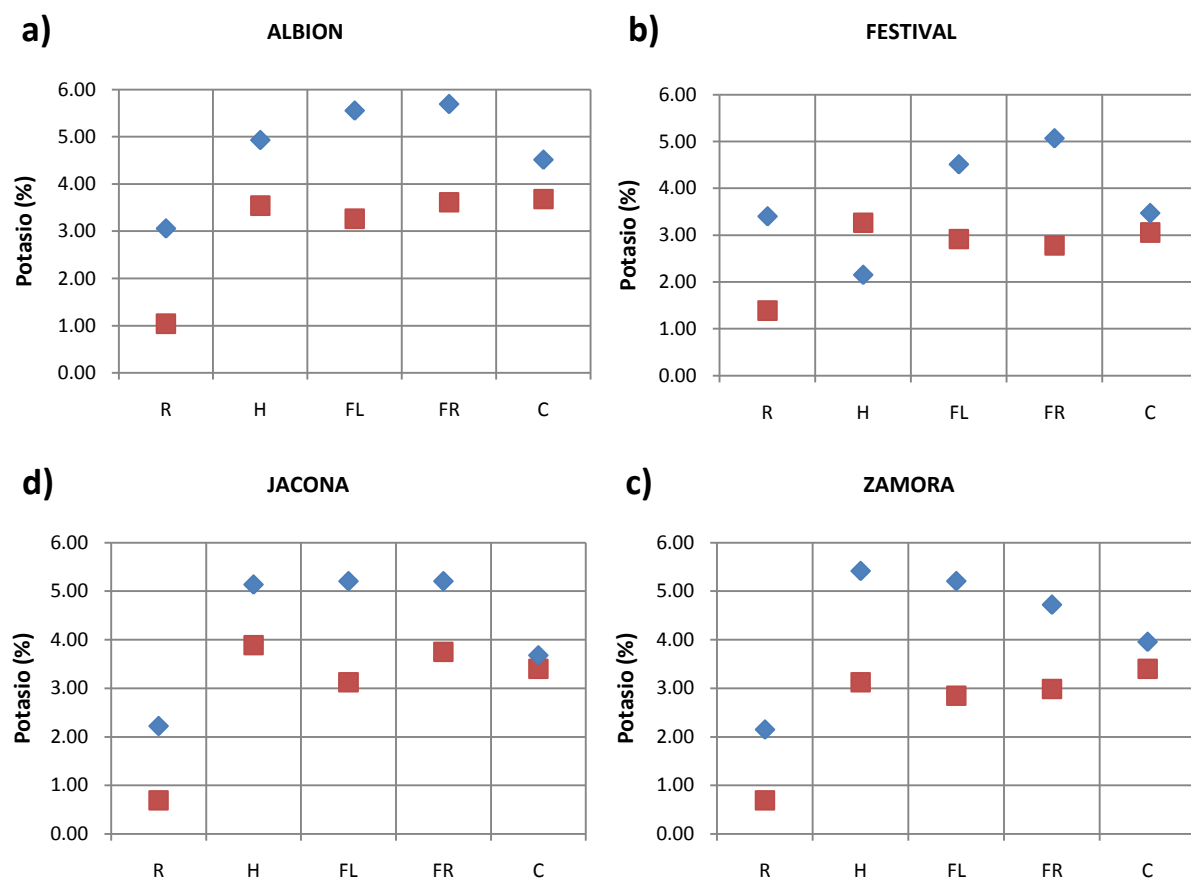
En Jacona, la hoja presentó mayor concentración de potasio con 4.4 %, seguida del fruto con 4.4 %, la flor con 4.1 %, la corona con 3.5 % y la raíz con 1.4 % (Figura 15d).

Las variedades Albion y Festival tuvieron el mayor contenido de potasio en el fruto, seguido de la flor, las hojas, la corona y la raíz; en contraste con Jacona y Zamorana, donde la mayor concentración de potasio se localizo en las hojas, después la flor, el fruto, la corona y la raíz; todas las variedades coincidieron en que el órgano con menor concentración de este elemento fue la raíz. Tagliavini *et al.* (2005) encontraron que los órganos con mayor acumulación de potasio fueron los frutos, después las hojas, el peciolo, la corona y la raíz, resultados que coinciden con las variedades Albion y Festival; Chow *et al.* (1992) en contradicción encontró que el órgano con mayor contenido de este elemento fue el tallo, seguido por las hojas, el fruto, la raíz y la flor.

Diversos autores como Macarthur (2004) indican que la concentración de potasio adecuada es de menor a 1 %, el toxico varia de 2.0 % a 3.0 %, según este autor todas las variedades presentaron un nivel toxico; Hancock (1999) menciona como rango deficiente de 1.3%, como suficiente de 1.5 % a 2.5 % y exceso de 3.5 %, con base en este criterio la variedad Festival presentó un nivel adecuado, mientras las otras se categorizaron como con exceso; Benton *et al.* (1991), mencionaron que los valores

deficientes se alcanzan de 1.0 % a 1.29 %, el suficiente de 1.30 % a 3 %, alta mayor de 3.0%, de acuerdo con este autor Festival se categorizo como suficiente mientras las otras variedades presentaron un exceso; Reuter y Robinson (1986) mencionan que un contenido deficiente debe ser menor a 1.0 %, marginal de 1.0 % a 1.5 %, el crítico de 1.0 %, adecuada de 1.5 % a 2.5 %, todas las variedades presentaron un rango mayor al adecuado de acuerdo con este autor. Todas las variedades sobre pasaron el contenido de potasio de acuerdo con los autores mencionados.

Figura 15. Concentración de potasio en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.4 Calcio

En Albion el órgano que presentó la mayor concentración de calcio la hoja con 1.3 %, seguida de la corona con 1.2 %, la raíz con 1.2 %, la flor con 0.5 % y el fruto con 0.4 % (Figura 16a)

En Festival el órgano que presentó la mayor concentración de calcio fue la hoja con 1.4 %, seguida de la corona con 1.3 %, la raíz con 1.1 %, la flor con 0.6 % y el fruto con 0.35 % (Figura 16c)

En Jacona el órgano con mayor concentración de calcio fue la corona con 1.4 %, después la hoja con 1.2 %, la raíz con 1.1 %, la flor con 0.5 % y el fruto con 0.25 % (Figura 16c).

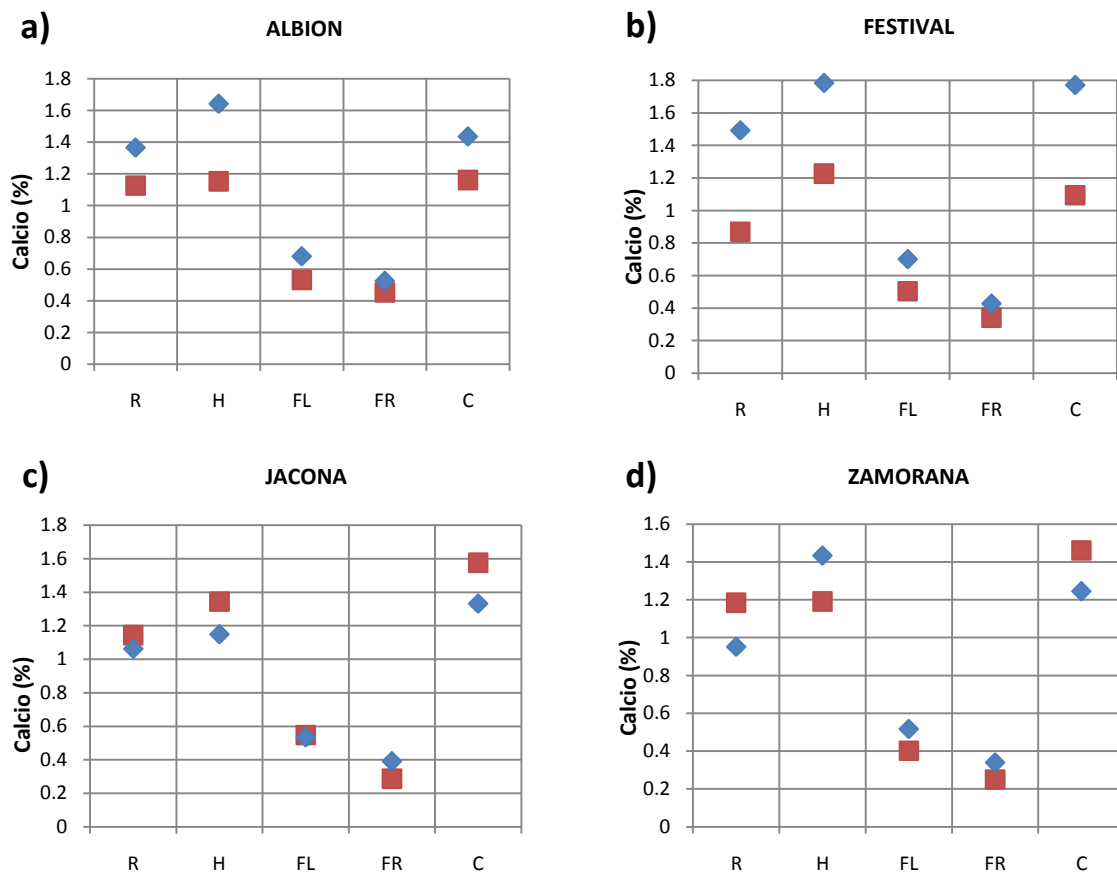
En Zamorana el órgano con mayor concentración fue la corona con 1.3 %, al igual que de la hoja con 1.3 %, seguida de la raíz con 1.0%, la flor con 0.5 %, el fruto con 0.3 % (Figura 16d).

Las variedades Albion y Festival tuvieron mayor concentración de calcio en las hojas y corona; Jacona y Zamorana presentaron mayor concentración en corona seguida de las hojas; en todas las variedades el tercer lugar en concentración de calcio fue ocupado por la raíz, después la flor y finalmente el fruto. Tagliavini *et al.* (2005), mencionaron que el órgano con mayor contenido de calcio fue la hoja, seguido del fruto, la corona, la raíz y el peciolo; sin embargo Chow *et al.* (1992) reportaron a la flor con la mayor concentración de calcio, seguida de la raíz, hoja, tallo y fruto.

La concentración de calcio adecuado en la hoja según Macarthur (2004) debe ser menor de 0.3 %, la toxica de 1.5 % a 2 %, las variedades del presente estudio se posicionaron en el rango toxico; Hancock (1999) mencionó que la concentración deficiente es de 0.5 %, la suficiente de 0.7 % a 1.7 %, la excesiva de 2.0 %, según este criterio las todas las variedades estuvieron en el rango suficiente; Benton *et al.* (1991) consideraron que el rango bajo va de 0.80 % a 0.1 %, el suficiente de 1.0 % a 2.5 %, el alto mayor a 2.5 %, las variedades evaluadas tuvieron una concentración suficiente

según este criterio; Reuter y Robinson (1986) consideraron como deficiente una concentración menor de 0.3 %, la marginal de 0.3 % a 1.0 %, el valor crítico es de 0.3 %, la adecuada de 1.0 % y 2.0 %, las variedades evaluadas en el presente trabajo se posicionaron como adecuadas en cuanto a la concentración de calcio. De manera general todas las variedades descritas presentaron una concentración de calcio suficiente.

Figura 16. Concentración de calcio en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.5 Magnesio

En Albion, el órgano con mayor concentración de magnesio fue la raíz con 0.8 %, seguida de la corona con 0.7 %, la hoja con 0.67 %, la flor con 0.63 % y el fruto con 0.49 % (Figura 17a).

En Festival, el órgano con mayor concentración de magnesio fue la corona con 0.7 %, seguida de la raíz con 0.6 %, la hoja con 0.6 %, la flor con 0.5 % y el fruto con 0.40 %, (Figura 17b).

En Jacona, el órgano con mayor concentración de magnesio fue la corona con 0.78 %, seguida de la flor con 0.67 %, la hoja con 0.59 %, la raíz con 0.57 % y el fruto con 0.41 % (Figura 17c).

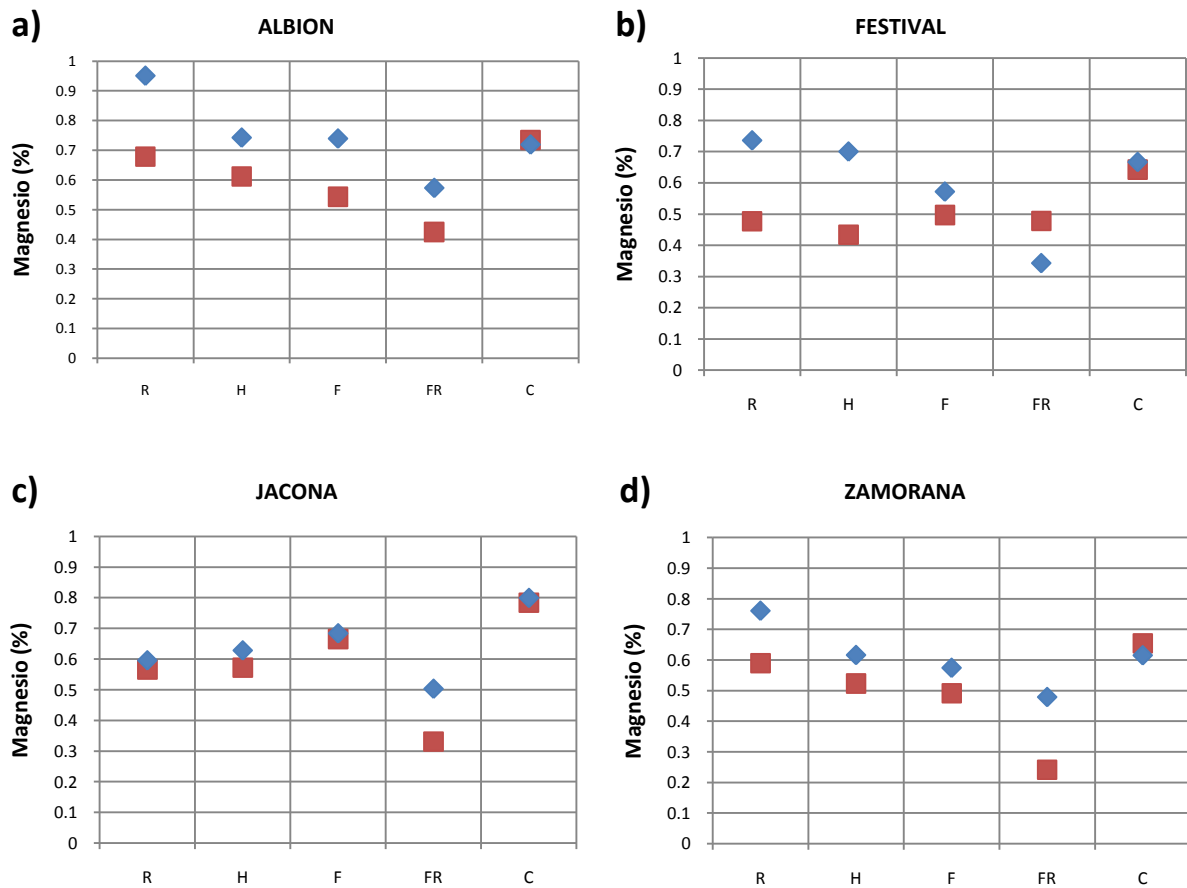
En Zamorana, el órgano con mayor concentración de magnesio fue la raíz con 0.7 %, seguida de la corona con 0.6 %, la hoja con 0.6 %, la flor con 0.5 % y el fruto con 0.35 % (Figura 17d).

Para la concentración de magnesio se observó un comportamiento similar en las variedades Albion, Festival y Zamorana, que presentaron más concentración en raíz y corona, después las hojas, flor y frutos; sin embargo Jacona tuvo mayor concentración en la corona y flor, después la hoja, raíz y fruto; Por otra parte todas las variedades tuvieron a la corona dentro de los dos primeros sitios y coincidieron en que el fruto es el que menor contenido de magnesio presentó. Autores como Tagliavini *et al.* (2005) encontraron que la hoja seguida del fruto contienen mayor concentración de magnesio, después la raíz y la corona, estos resultados contrastan con los encontrados en este estudio; Chow *et al.* (1992) mencionaron que la flor es el órgano con mayor concentración de este nutrimento, después la raíz, la hoja, el fruto y el tallo, no coincide con lo reportado en el presente trabajo.

Autores como Macarthur (2004) mencionó que la concentración adecuada de magnesio en hoja debe ser menor a 0.2 %, la toxica de 0.4 % a 0.6 %, considerando este criterio las variedades Festival, Jacona y Zamorana tuvieron un rango adecuado, mientras que

Albion un rango toxico; Hancock (1999) mencionó que la concentración deficiente esta por debajo de 0.3 %, la suficiente de 0.3 % hasta 0.5 % y el exceso de 0.8 %, las variedades evaluadas se clasificaron como suficientes en cuanto a concentración de magnesio; Benton (1991) mencionó que un contenido bajo varia de 0.23 % a 0.24 %, un valor suficiente de 0.25 % a 1 %, el elevado es superior a 1.0 %, de acuerdo con este autor las variedades estudiadas contienen un valor suficiente de magnesio; Reuter y Robinson (1986) clasifican como un contenido deficiente un valor menor de 0.2 %, el marginal de 0.2 % a 0.4 %, el crítico de 0.2 % y adecuado de 0.4 % a 0.6 %; todas las variedades se clasificaron con un valor adecuado de magnesio, para este nutrimento y de acuerdo con todos los criterios anteriormente mencionados .

Figura 17. Concentración de magnesio en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.6 Azufre

En Albion, el órgano con mayor concentración de azufre fue la raíz con 0.5 %, seguida de la flor con 0.4 %, la corona con 0.3 %, la hoja con 0.3 % y el fruto con 0.26 % (Figura 18a).

En Festival el órgano con mayor concentración de azufre fue la raíz con 0.6 %, seguida de la corona con 0.4 %, la flor con 0.3 %, la hoja con 0.3 % y el fruto con 0.2 % (Figura 18b).

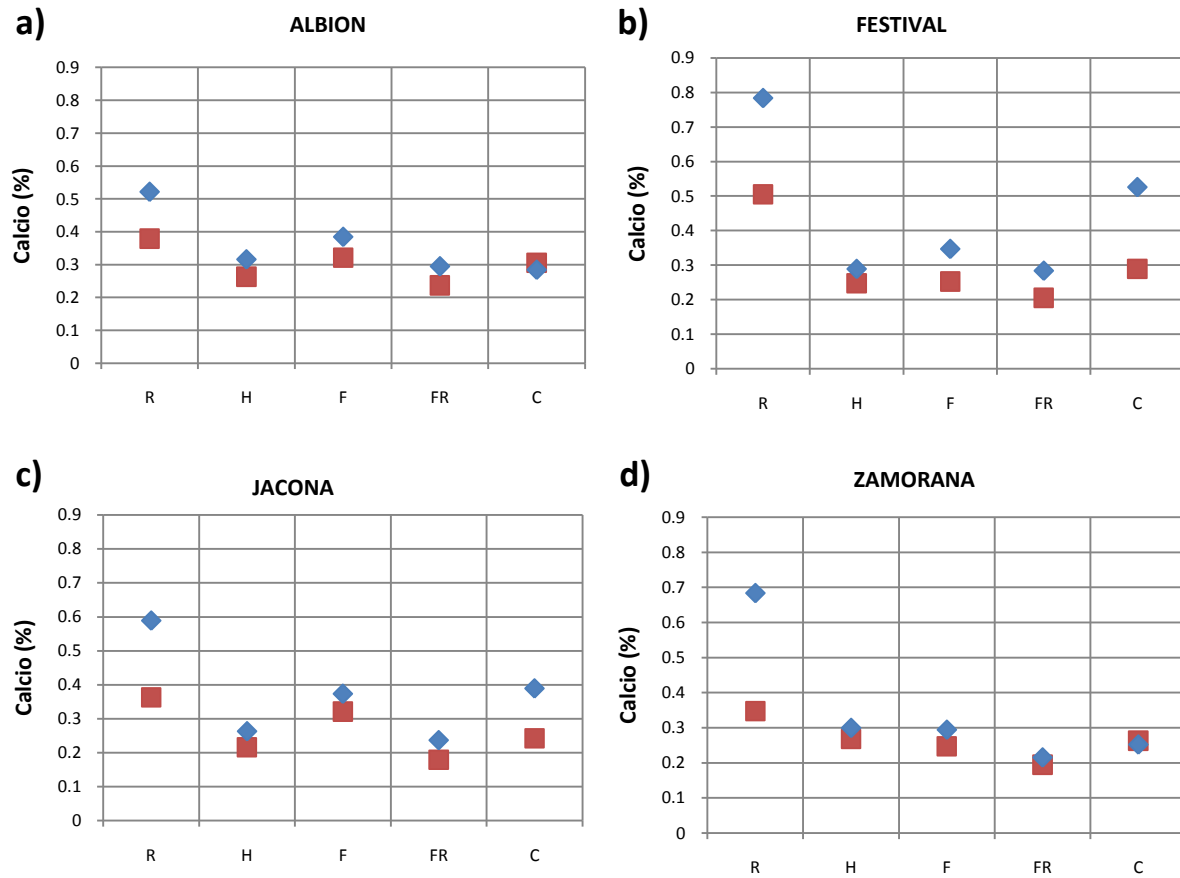
En Jacona el órgano con mayor concentración de azufre fue la raíz con 0.5 %, seguida de la flor con 0.3 %, la corona con 0.3 %, la hoja con 0.2 % y el fruto con 0.2 % (Figura 18c).

En Zamorana, el órgano con mayor concentración de azufre fue la raíz con 0.5 %, seguida de la hoja con 0.3 %, la corona con 0.3%, la flor con 0.3 % y el fruto con 0.2 % (Figura 18c).

Todas las variedades presentaron mayor concentración de azufre en la raíz, y una disminución en Albion y Jacona, en la raíz, flor, corona, hoja y fruto, en Festival en raíz, corona, flor, hoja, fruto y en Zamorana en raíz, hoja, corona, flor, fruto.

Algunos autores como Macarthur (2004) mencionan que la concentración adecuada de azufre en la hoja es menor a 0.1 %, la toxica de 0.1 % a 0.2 %, las variedades evaluadas en el presente estudio se catalogaron en el nivel toxico; Hancock (1999) menciona que el valor deficiente es menor a 0.35 %, el suficiente de 0.4 % 0.6 %, el exceso de 0.8 %, todas las variedades se posicionaron en el rango deficiente; Reuter y Robinson (1986) clasificó al valor critico de 0.1 %, el adecuado de 0.1 % a 0.2 %, según esta clasificación los valores de las variedades evaluadas fueron superiores al rango adecuado.

Figura 18. Concentración de Calcio en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.7 Hierro

En Albion el órgano con mayor concentración de hierro fue la raíz con 1174 ppm, seguida de la corona con 676.4 ppm, la hoja con 326.6 ppm, la flor con 147.1 ppm y el fruto con 123.6 ppm (Figura 19a).

En Festival, el órgano con mayor concentración de hierro fue la raíz con 1904 ppm, seguida de la corona con 722.5 ppm, la hoja con 372 ppm, la flor con 139 ppm y el fruto con 109 ppm (Figura 19b).

En Jacona, el órgano con mayor concentración de hierro fue la raíz con 1521 ppm, seguida de la corona con 1205 ppm, la hoja con 316 ppm, la flor con 145 ppm y el fruto con 110 ppm (Figura 19c).

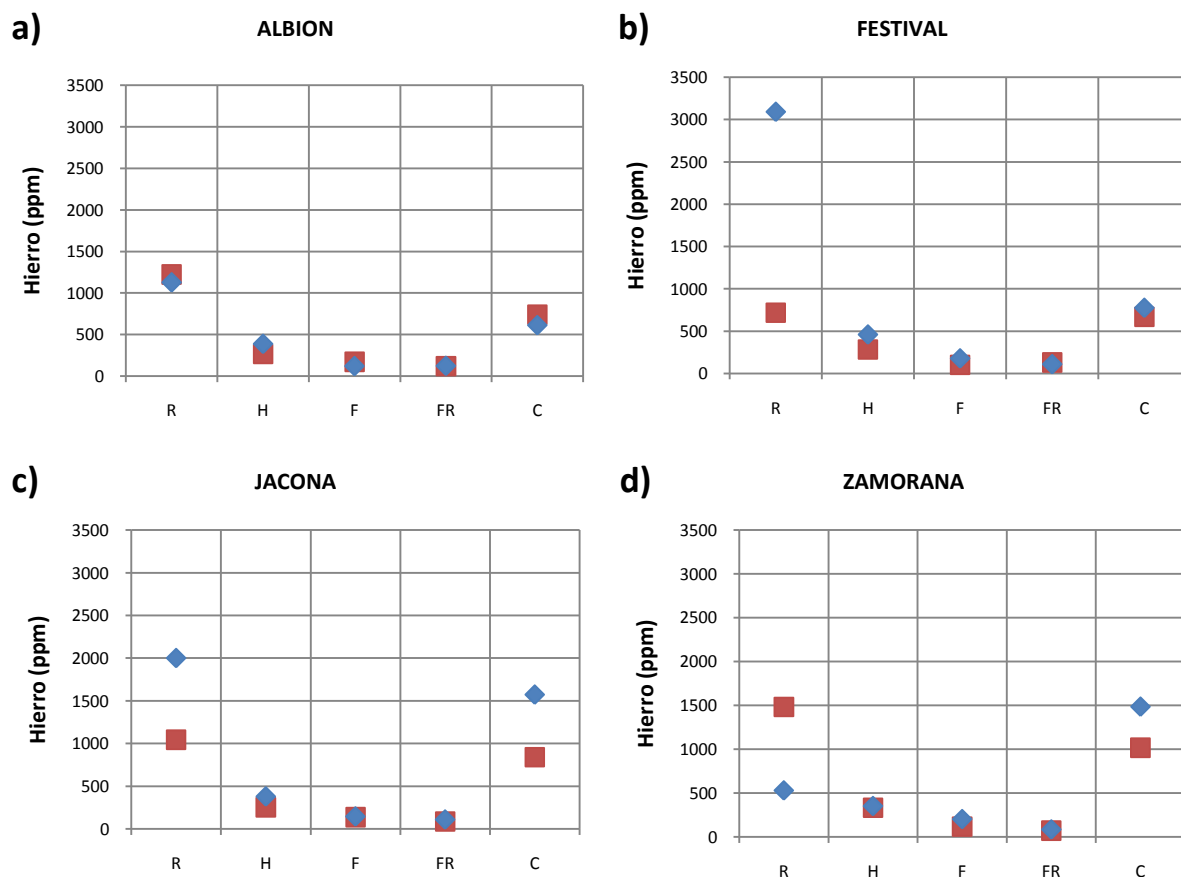
En Zamorana, el órgano con mayor concentración de hierro fue la corona con 1251 ppm, seguida de la raíz con 1006 ppm, la hoja con 331.5 ppm, la flor con 159 ppm y el fruto con 84 ppm (Figura 19d).

En el caso del hierro todas las variedades presentaron un mismo orden de concentración en los órganos en raíz, corona, hojas, flor y el fruto.

El contenido de hierro en hoja según varios autores como Macarthur (2004) quien clasificó como adecuado por debajo de 50 ppm, toxico de 50 ppm a 150 ppm, las variedades evaluadas tuvieron un rango superior al toxico; Hancock (1999) mencionó que un contenido menor de 40 ppm es un valor deficiente, suficiente de 60 ppm a 250 ppm, excesivo mayor de 350 ppm, según esta clasificación las variedades evaluadas se posicionaron en un valor excesivo del nutrimento; Benton *et al.* (1991) considero que un valor bajo se alcanza alrededor de 40 ppm a 49 ppm, el suficiente con 50 ppm a 200 ppm, el contenido alto de 200 ppm, todas las variedades evaluadas se posicionaron con un contenido alto de hierro; Reuter y Robinson (1986) consideraron que un contenido deficiente se da con menos de 50 ppm, el marginal de 50 a 70 ppm, el crítico es de 50 ppm, el adecuado de 70 ppm a 200 ppm, las variedades presentadas en este trabajo se posicionaron en un rango superior al adecuado según este autor;

considerando todos los criterios descritos anteriormente las variedades evaluadas tuvieron una concentración superior al contenido óptimo reportado, este fue mayor a 316 ppm.

Figura 19. Concentración de hierro en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.8 Boro

En Albion, el órgano con mayor concentración de boro fue la hoja con 587 ppm, seguida de la flor con 517 ppm, la raíz con 461 ppm, el fruto con 452 ppm y la corona con 404.6 ppm (Figura 20a).

En Festival, el órgano con mayor concentración de boro fue la hoja con 693 ppm, seguida de la flor con 475 ppm, el fruto con 434 ppm, la raíz con 406 ppm y la corona con 342 ppm (Figura 20b).

En Zamorana, el órgano con mayor concentración de boro fue la hoja con 556 ppm, seguida de la flor con 481 ppm, la raíz con 429 ppm, el fruto con 409 ppm y la corona con 380 ppm (Figura 20c).

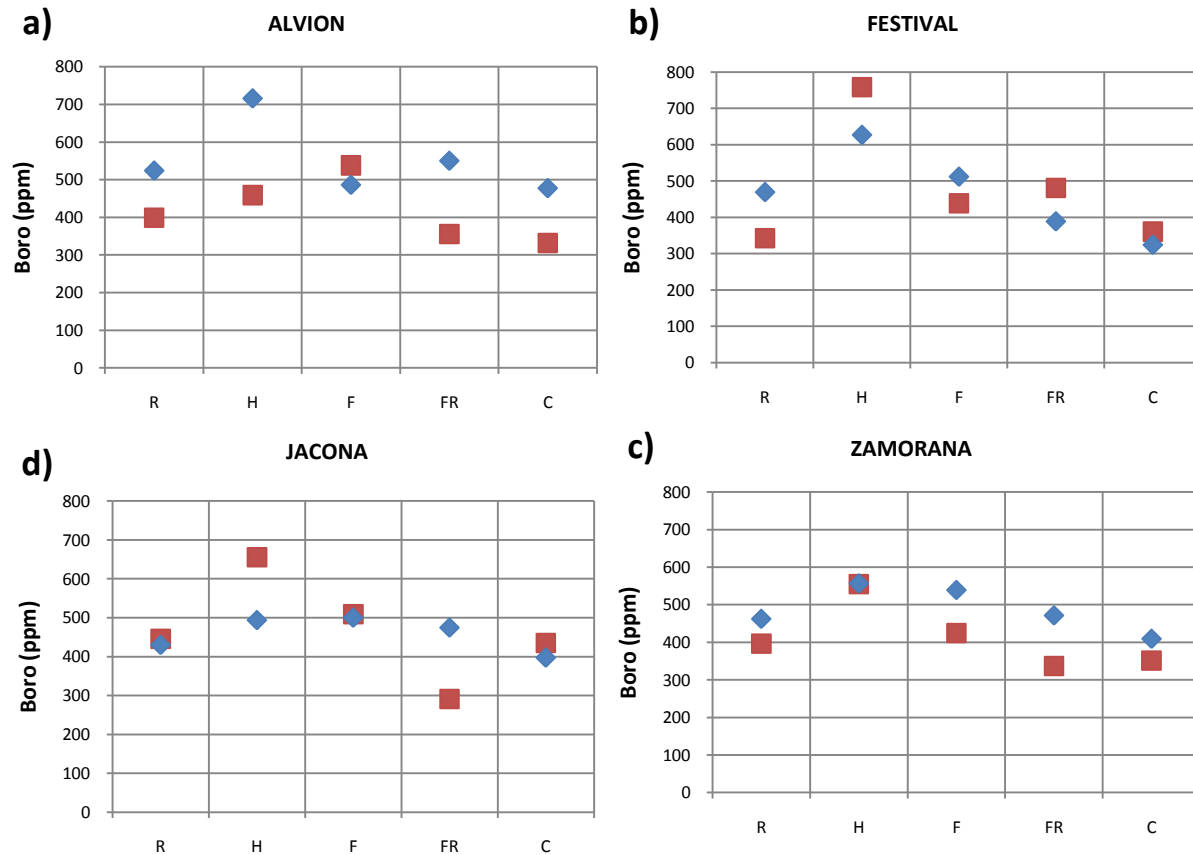
En Jacona el órgano con mayor concentración de boro fue la hoja con 574 ppm, seguida de la flor con 504 ppm, la raíz con 542 ppm, la corona con 416 ppm y el fruto con 382 ppm (Figura 20d).

Todas las variedades presentaron mayor concentración de boro en la hoja segundo en la flor; Albion, Zamorana y Jacona, en la raíz, el fruto y la corona; mientras que Festival, en el fruto, la raíz y la corona.

Varios autores como Macarthur (2004) mencionan en cuanto al contenido de boro en las hojas, que una concentración adecuada es de menos de 25 ppm, la tóxica de 25 ppm a 50 ppm, al comparar con las variedades estudiadas se dedujo que la concentración se clasificó en el rango tóxico; Hancock (1999) consideró como un valor deficiente una concentración por debajo de 23 ppm, el suficiente de 30 ppm a 70 ppm, un exceso de 90 ppm, todas las variedades se clasificaron como con exceso de este elemento; Benton *et al.* (1991) clasificó la concentración baja de 18 ppm a 22 ppm, suficiente de 23 ppm a 50 ppm, alta de 50 ppm, todas las variedades se clasificaron como con nivel alto; Reuter y Robinson (1986) mencionó que el valor deficiente es de 25 ppm, el marginal varía de 25 ppm a 30 ppm, el crítico de 25 ppm y un valor adecuado de 30 ppm a 50 ppm, al igual que en los casos anteriores todas las

variedades tuvieron una concentración alta mas allá de los valores descritos por este autor.

Figura 20. Concentración de boro en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.9 Zinc

En Albion el órgano con la mayor concentración de zinc fue la corona con 113 ppm seguida de la raíz con 78 ppm, la flor con 35 ppm, la hoja con 32 ppm y el fruto con 30 ppm (Figura 21a).

En Festival el órgano con mayor concentración de zinc fue la corona con 131 ppm, seguida por la raíz con 73 ppm, la flor con 38 ppm, el fruto con 32 ppm y la hoja con 29 ppm (Figura 21b).

En Jacona el órgano con mayor concentración de zinc fue la corona con 106 ppm, seguida de la raíz con 69 ppm, la flor con 23 ppm, la hoja con 21 ppm y el fruto con 17 ppm (Figura 21c).

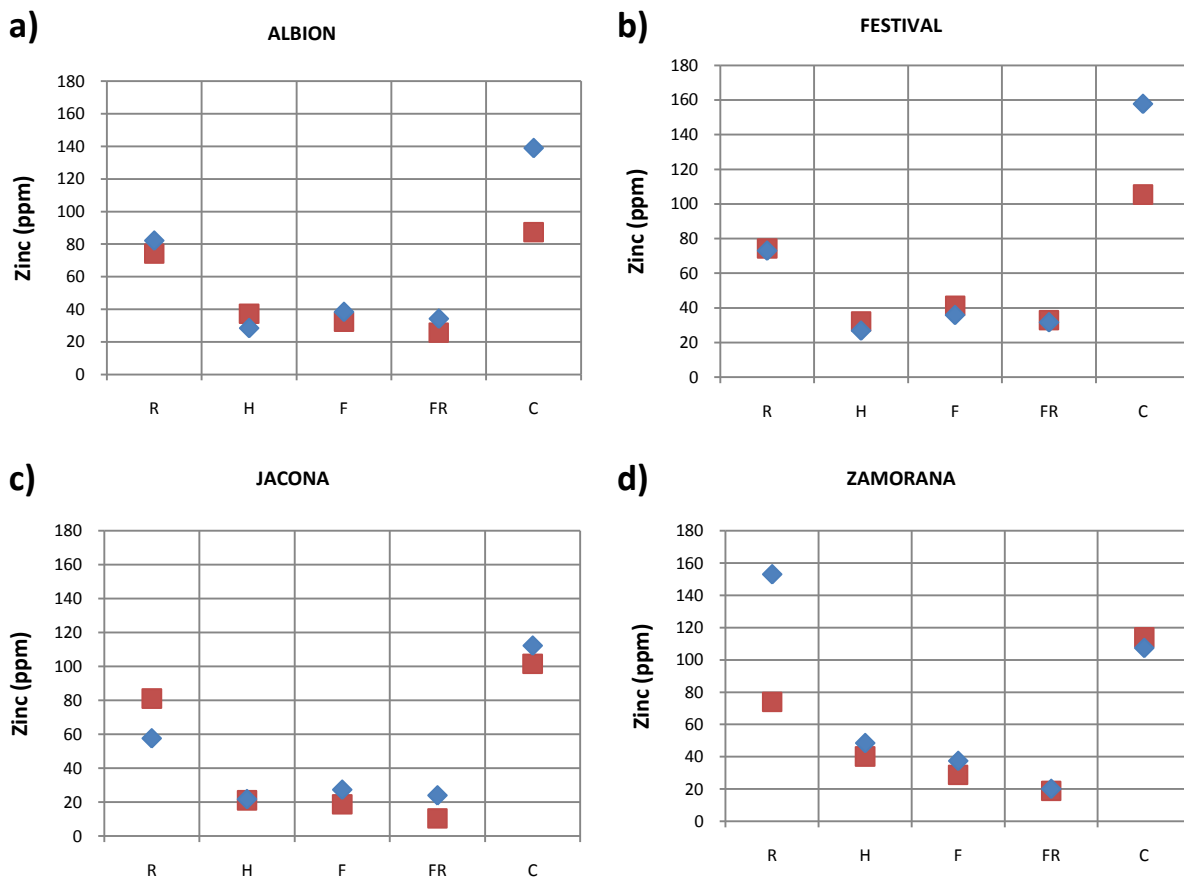
En Zamorana el órgano con mayor concentración de zinc fue la raíz con 113.45 ppm, seguida de la corona con 110 ppm, la hoja con 44 ppm, la flor con 33 ppm y el fruto con 20 ppm (Figura 21d).

Los órganos con mayor concentración de zinc fueron la corona para Albion, Festival y Jacona, seguido de la raíz, hoja y fruto; la raíz fue el órgano con mayor concentración en Zamorana, seguida de la corona, hoja, flor y fruto.

En las hojas se encontró una concentración de zinc de alrededor de 21 ppm a 44 ppm, sin embargo Macarthur (2004) mencionó que una concentración adecuada debe ser menor de 20 ppm, la toxica de 30 ppm a 50 ppm, las variedades evaluadas alcanzaron el valor toxico; Hancock (1999) mencionó que la concentración deficiente esta bajo las 10 ppm, la suficiente de 20 ppm a 50 ppm, la excesiva de 80 ppm, las variedades estudiadas se clasificaron en el rango de suficiencia; Benton *et al.* (1991) mencionó como valor bajo de 15 ppm a 19 ppm, el suficiente de 20 ppm a 200 ppm, el alto mayor de 200 ppm, según este autor los rangos encontrados en las variedades evaluadas se clasificaron dentro del rango de suficiencia; por otro lado Reuter y Robinson (1986) consideraron que el valor deficiente es de 20 ppm, el crítico es de 20 ppm, el adecuado

es de de 30 ppm hasta 50 ppm, todas las variedades sujetas a este estudio se localizan en el rango adecuado.

Figura 21. Concentración de zinc en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.10 Manganeso

En Albion, el órgano con mayor concentración de manganeso fue la raíz con 179 ppm, seguida de la flor con 64.9 ppm, la hoja con 57 ppm, la corona con 52 ppm y el fruto con 46 ppm (Figura 22a).

En Festival, el órgano que tuvo mayor concentración de manganeso fue la raíz con 156 ppm, seguida de la hoja con 68 ppm, la corona con 63 ppm, la flor con 58 ppm y el fruto con 44 ppm (Figura 22b).

En, Jacona el órgano con mayor concentración de manganeso fue la raíz con 98 ppm, seguida de la corona con 67 ppm, las hojas con 45 ppm, la flor con 45 ppm y el fruto con 29 ppm (Figura 22c).

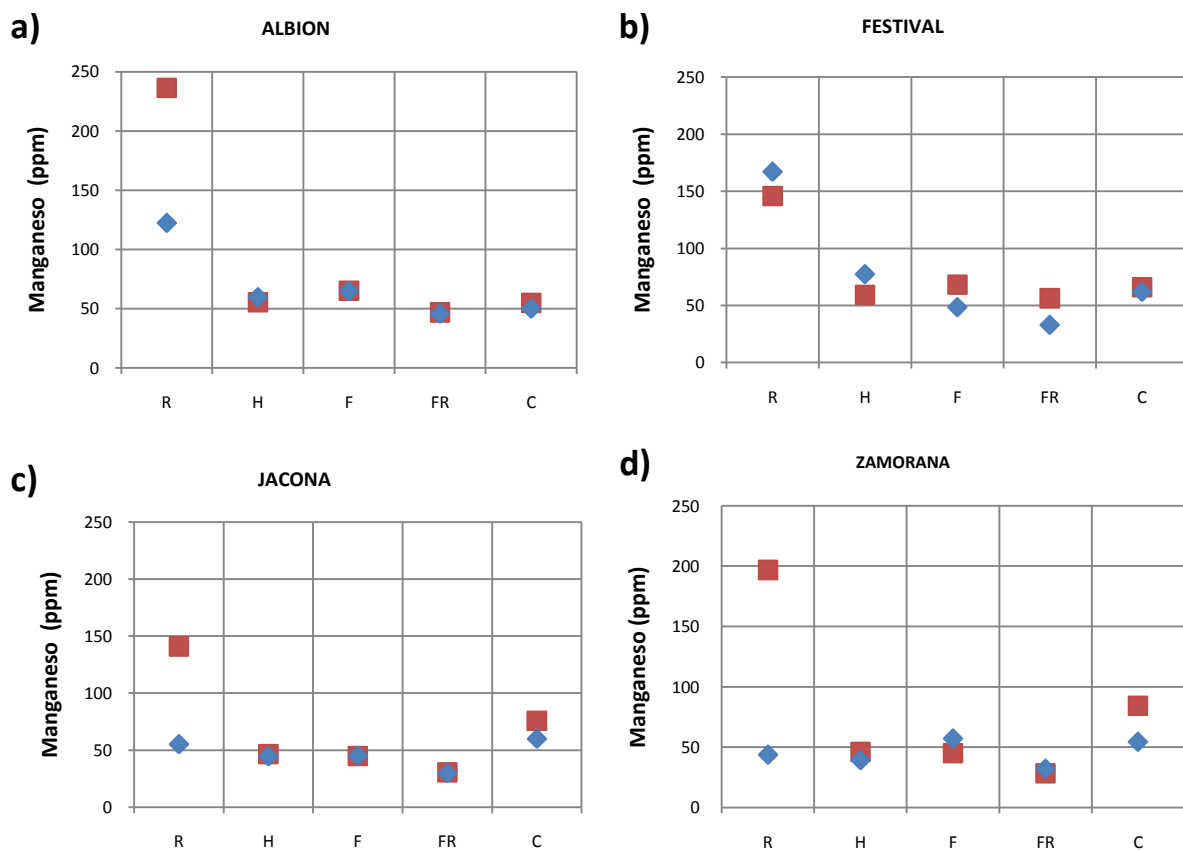
En Zamorana, el órgano que ocupó el primer sitio en concentración de manganeso fue la raíz con 120 ppm, seguida de la corona con 69 ppm, la flor con 51 ppm, la hoja con 42 ppm y el fruto con 30 ppm (Figura 22d).

Todas las variedades evaluadas presentaron a la raíz como el órgano con mayor contenido de manganeso, seguido en Albion de la flor, en Festival la hoja, en Jacona y Zamorana la corona, después en Albion y Jacona la hoja, Festival la corona, en Zamorana la flor, seguido en Albion de la corona, en Festival y Jacona la flor, para Zamorana la hoja, todas las variedades coincidieron en que el órgano con menor contenido de manganeso fue el fruto.

Al analizar el contenido de este nutrimento en hoja se encontró la opinión de diversos autores como Macarthur (2004), quien mencionó que la concentración adecuada de manganeso es de menos de 30 ppm, la tóxica de 50 ppm a 350 ppm, al comparar los contenidos en hoja de las variedades evaluadas se tiene que Albion y Festival alcanzaron el valor tóxico, mientras que Jacona y Zamorana tuvieron un valor arriba del adecuado; Hancock (1999), clasificó como deficiente a concentraciones por debajo de 35 ppm, suficiente de 50 ppm a 200 ppm, exceso de 350 ppm, según este autor Albion y Festival se posicionaron en el rango de suficiencia, mientras que Jacona y Zamorana,

alcanzaron valores por debajo del suficiente pero arriba del deficiente; Benton *et al.* (1991) consideró que la concentración baja se encontró entre 40 ppm hasta 49 ppm, la media de 50 ppm hasta 200 ppm, la alta de 200 ppm, considerando la clasificación de este autor todas las variedades se encuentran en el nivel de suficiencia; Reuter y Robinson (1986) clasificó como deficiente de 30 ppm, marginal de 30 ppm a 50 ppm, crítico a 30 ppm, adecuado de 50 ppm a 350 ppm, de acuerdo a esta clasificación Albion y Festival se posicionaron en el valor adecuado, mientras que Jacona y Zamorana, tuvieron una concentración marginal de manganeso.

Figura 22. Concentración de manganeso en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.4.11 Sodio

En Albion, el órgano con mayor concentración de sodio fue la corona con 0.4 %, seguida de la raíz con 0.3 %, la hoja con 0.2 %, seguida de la flor con 0.2 % y el fruto con 0.2 % (Figura 23a).

En Festival, el órgano con mayor concentración de sodio fue la corona 0.4 %, seguida de la raíz con 0.3 %, la hoja con 0.2 %, la flor con 0.2 % y el fruto con 0.1 % (Figura 23b).

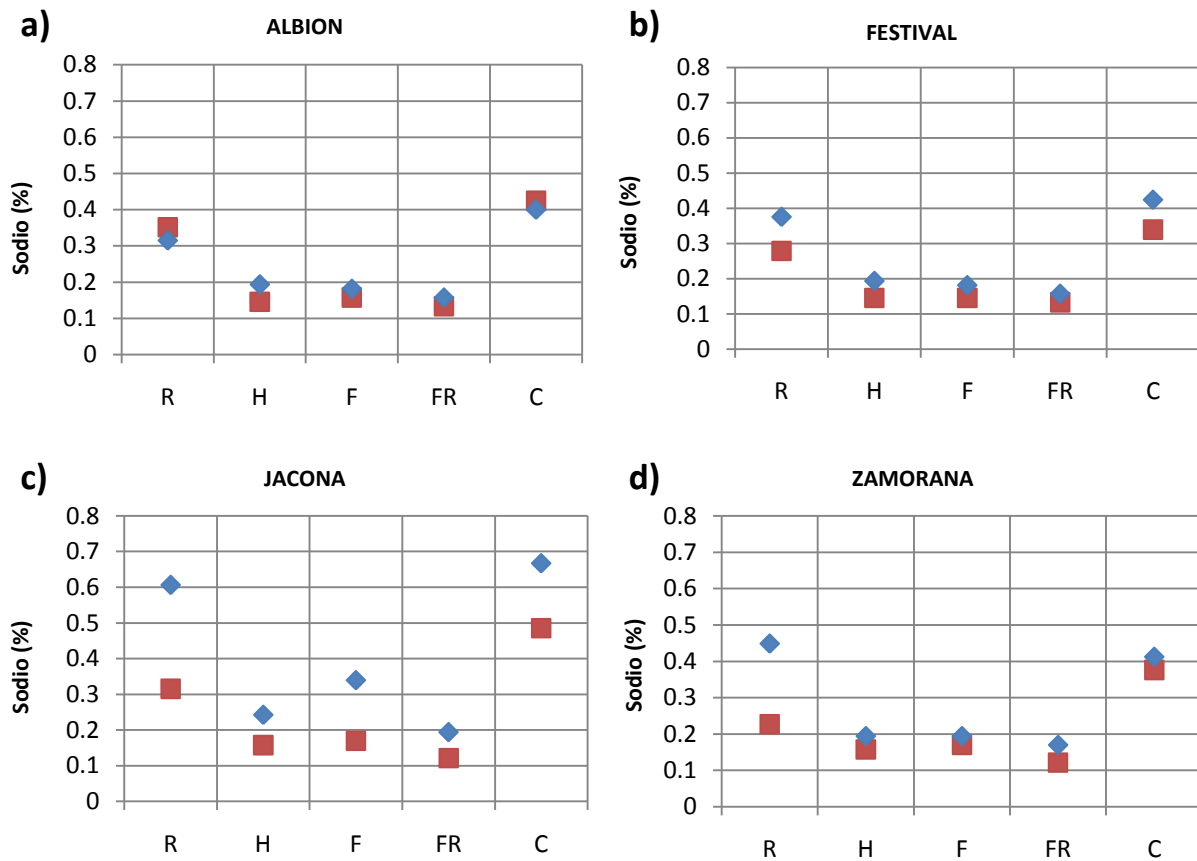
En Jacona, el órgano con mayor concentración de sodio fue la corona con 0.6 %, seguida de la raíz con 0.5 %, la flor con 0.2 %, la hoja con 0.2 % y el fruto 0.2 % (Figura 23c).

En Zamorana el órgano con mayor concentración de sodio fue la corona con 0.4 %, seguida de la raíz con 0.3 %, las hojas y flores con 0.2 % y el fruto con 0.1 % (Figura 23d).

La corona fue el órgano que presentó mayor concentración de sodio en todas las variedades, seguida de la raíz, las hojas, las flores y el fruto, la concentración de sodio fue mayor en la raíz y corona y disminuye en la parte aérea.

Keutgen (2009), realizó un experimento donde aplicó tres dosis de cloruro de sodio en dos cultivares de fresa, observó que el contenido de materia seca bajó en los dos cultivares en un 51% en el cultivar Corona y 70% en Elsanta, también midió el contenido de sodio en cada órgano de fresa en la dosis alta de 80 mmol.L^{-1} de cloruro de sodio, el fruto tuvo 31.9 mg, la hoja 84.9 mg, la corona 28.8 mg, la raíz 51.2 mg, para el cultivar Corona y para Elsanta fue de 27.2 mg en fruto, 99 mg en hoja, 16.2 mg en corona y 20.7 mg en raíz; al comparar los datos recabados por el mencionado autor, con los obtenidos en el presente trabajo, se determinó que son cantidades menores a las reportadas como altas.

Figura 23. Concentración de sodio en órganos en cuatro variedades de fresa, a los 135 y 150 días



R= raíz; H= hoja; F= flor; FR= fruto; C= corona; ddt= días después del trasplante.

■ 135 ddt. ◆ 150 ddt.

6.5 Contenido nutrimental

En el siguiente apartado se presenta el contenido de nutrientes en parte aérea más corona, para las variedades de fresa Albion, Festival, Jacona y Zamorana, incluyendo la ecuación de regresión polinomial.

6.5.1 Nitrógeno

El contenido de nitrógeno se incrementó de manera constante en las cuatro variedades hasta los 60 días, con una disminución en Albion en el día 90, a partir del cual continuó un incremento en menor medida, con un máximo a los 150 días, en el caso de Albion y Festival, y a los 135 días para Jacona y Zamorana (Figura 24).

La tendencia de contenido nutrimental en Albion, presentó el siguiente comportamiento: a los 60 y 75 días tuvo un incremento con 0.23 g.pl^{-1} y 0.25 g.pl^{-1} , respectivamente, bajó en el día 90 con 0.16 g.pl^{-1} y en el día 150 tuvo un nuevo incremento de 0.57 g.pl^{-1} ; el comportamiento es representado por la ecuación de regresión de la Figura 24a. En los días 30, 105, 135 y 150 ddt, se presentó el mayor incremento en consumo con respecto al muestreo anterior, con 0.1 g.pl^{-1} , 0.12 g.pl^{-1} , 0.14 g.pl^{-1} y 0.16 g.pl^{-1} , respectivamente. El mayor contenido de nitrógeno se produjo al final del ciclo de cultivo en el día 150 con 0.57 g.pl^{-1}

El contenido nutrimental en Festival, presentó el siguiente comportamiento: a los 60 días tuvo un incremento con 0.27 g.pl^{-1} , en el día 90 bajó a 0.18 g.pl^{-1} y el día 150 con 0.75 g.pl^{-1} ; esta tendencia se observa en la Figura 24b. Los días 30 ddt, 105 ddt, 135 ddt, y 150 ddt, fueron los que tuvieron el mayor incremento en contenido con respecto al muestreo anterior con los valores de 0.14 g.pl^{-1} , 0.15 g.pl^{-1} , 0.25 g.pl^{-1} y 0.10 g.pl^{-1} respectivamente. El mayor consumo se presentó alrededor del día 150 ddt, con 0.75 g.pl^{-1} .

El contenido nutrimental en Jacona, presentó incrementos en los días 60 y 75 con 0.25 g.pl⁻¹ y 0.27 g.pl⁻¹ respectivamente, bajó en el día 90 con 0.27 g.pl⁻¹ y subió nuevamente en el día 135 con 0.58 g.pl⁻¹; esta tendencia se observa en la Figura 24c. Con respecto al muestreo anterior los días que presentaron mayor incremento en contenido de nitrógeno fueron el 30, 105 y 135 ddt, con 0.11, 0.19, 0.1 g.pl⁻¹, respectivamente. El mayor consumo se presentó en el día 135 ddt con 0.58 g.pl⁻¹.

El contenido nutrimental en Zamorana, presentó incrementos en el día 90 con 0.24 g.pl⁻¹, después una tasa de consumo más alta en el día 135 con 0.62 g.pl⁻¹; este comportamiento se observa en la Figura 24d. Con respecto al muestreo anterior el mayor incremento en consumo de este nutrimento se presentó en los días 30, 120 y 135, con 0.13 g.pl⁻¹, 0.17 g.pl⁻¹, 0.17 g.pl⁻¹, respectivamente. El consumo más alto se dio alrededor del día 135 ddt, con 0.62 g.planta⁻¹.

En el trasplante todas las variedades presentaron contenido similar de nitrógeno. Con respecto al muestreo anterior de cada día, todas las variedades evaluadas presentaron, los mayores incrementos en los días 30 ddt, 105 ddt y 135 ddt; solo Albion y Festival siguieron incrementado su consumo de nitrógeno hasta el día 150; Jacona y Zamorana, llegaron al día 135 como punto máximo de consumo, para disminuirla en el día 150.

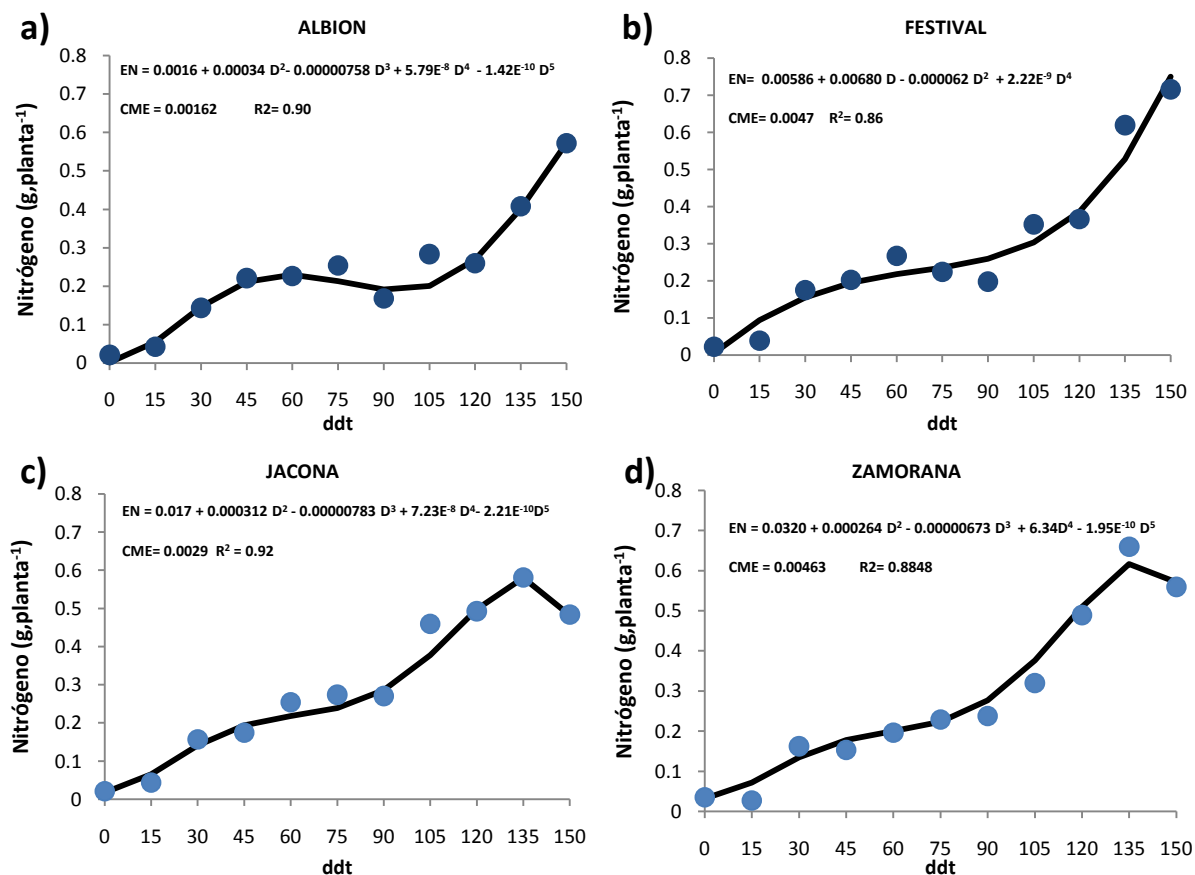
El punto más alto en consumo de nitrógeno fue dado por la variedad Festival con 0.75 g.pl⁻¹, seguida de Zamorana con 0.62 g.pl⁻¹, el tercer sitio fue para Jacona con 0.58 g.pl⁻¹, y en último lugar estuvo Albion con 0.57 g.pl⁻¹. Sin embargo Jacona y Zamorana llegaron a este punto en el día 135 ddt, mientras que Albion y Festival lo hicieron en el día 150 ddt; este fenómeno es debido a que el consumo de nitrógeno en Jacona y Zamorana es constante por unidad de tiempo en comparación con las otras variedades, la aseveración anterior se puede observar en la tendencia que presentan las curvas de regresión en la Figura 24, donde se observa que Albion y Festival, estabilizan su nivel de consumo a partir del día 45 ddt hasta el 90 ddt.

Un trabajo realizado por Molina *et al.* (1993), mostró que la absorción de nitrógeno tuvo un comportamiento similar en raíces y parte aérea. Durante las 9 primeras semanas la absorción fue lenta, a partir de ese punto se incremento en forma lineal. La semana 18

tuvo un pico de absorción, al igual que en la semana 24 y 28; la mayor absorción de nitrógeno se dio alrededor de la semana 28, con un valor de $57.1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, los resultados de este autor, coinciden con la tendencia presentada en las variedades Jacona y Zamorana, presentan su primer incremento alrededor de la semana 19.

Tagliavini *et al.*, (2005), menciona que la cantidad de nutriente removido por las plantas de fresa en un experimento con fertilización es de 78 a $91 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, en un periodo de 11 meses; En el presente trabajo se evaluó en un periodo de 5 meses, los resultados que arrojó mostraron que las variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana, tuvieron, $29 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $29 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, y $31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente, en base a una densidad de población de $50\ 000$ plantas. ha^{-1} .

Figura 24. Consumo de nitrógeno durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.2 Fósforo

El contenido de fósforo en Albion y Festival, mostraron un incremento en los días 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt y tuvieron valores mayores a las otras variedades; Jacona y Zamorana solo coinciden en el día 105 ddt. Albion y Festival, también coincidieron en el día con mayor consumo de fósforo, el 150 ddt, con 0.32 g.pl^{-1} y 0.34 g.pl^{-1} ; Jacona y Zamorana, presentaron el incremento en el día 135 ddt, con 0.22 g.pl^{-1} y 0.30 g.pl^{-1} . Las dos primeras variedades presentaron ligeramente mayor nivel de consumo que las segundas.

El contenido de fósforo en Albion, presentó incremento en el día 75 con 0.08 g.pl^{-1} , bajó el día 90 con 0.05 g.pl^{-1} y subió el día 150 donde extrajo alrededor de 0.33 g.pl^{-1} , esta tendencia se presenta en la Figura 25a. Los días donde se tuvieron mayores incrementos en consumo considerando el muestreo anterior fueron, el 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, el valor de cada uno fue 0.06 g.pl^{-1} , 0.17 g.pl^{-1} y 0.05 g.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se presentó el mayor consumo fue el 150 ddt con 0.34 g.pl^{-1} .

El contenido de fósforo en Festival, presentó un incremento el día 60 con 0.08 g.pl^{-1} , disminuyó el día 90 con 0.07 g.pl^{-1} y se incrementó hasta el día 150 con 0.35 g.pl^{-1} ; esta tendencia se observa en la Figura 25b. Con relación al muestreo anterior los días donde se presentó un incremento en consumo de fósforo fueron, el 105, 135, 150 ddt, con los valores de 0.11 g.pl^{-1} , 0.12 g.pl^{-1} y 0.06 g.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se presentó el mayor consumo fue el 150 ddt, con 0.35 g.pl^{-1} .

El contenido de fósforo en Jacona, presentó un incremento en el día 75 con 0.1 g.pl^{-1} , bajó el día 90 con 0.08 g.pl^{-1} , subió el día 135 con 0.22 g.pl^{-1} y disminuyó el día 150 con 0.19 g.pl^{-1} , este comportamiento se observa en la Figura 25c. Los días con mayor incremento en consumo con relación al muestreo anterior fueron el 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt, con 0.03 g.pl^{-1} , 0.09 g.pl^{-1} , 0.04 g.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se presentó el mayor consumo de fósforo fue el 135 ddt, con el valor 0.22 g.pl^{-1} .

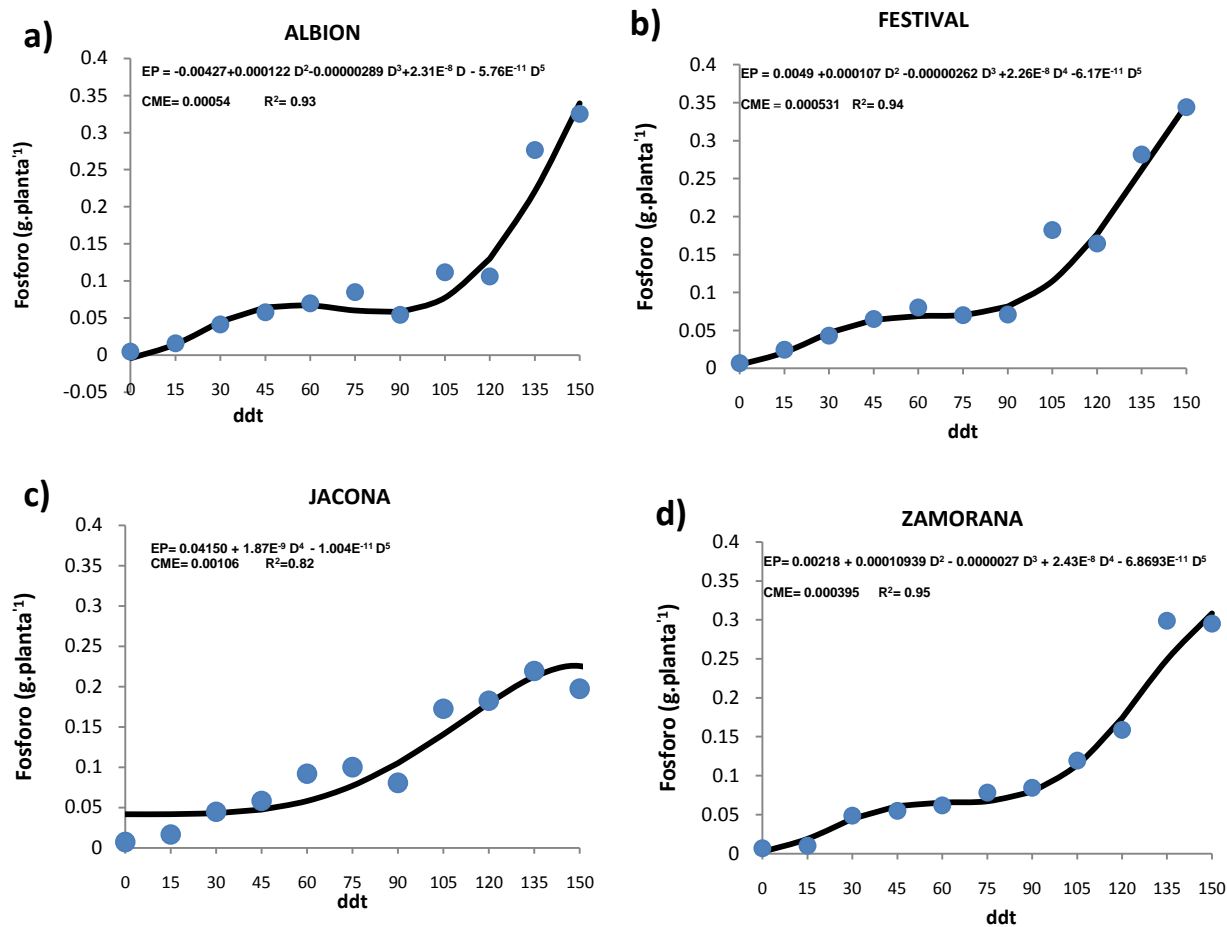
El contenido de fósforo en Zamorana, presentó un incremento el día 90 con 0.08 g.pl^{-1} , aumentó hasta los días 135 y 150 con 0.30 g.pl^{-1} ; este comportamiento se presenta en

la Figura 25d. Con respecto al muestreo anterior los días donde se presentaron los mayores incrementos en consumo fueron el 30 ddt, 105 ddt, 120 ddt, y 135 ddt, con los valores de 0.04 g, 0.04 g, 0.04 g, y 0.14 g. El día donde se presentó el mayor valor de consumo fue el 135 con 0.30 g.planta⁻¹.

Según Molina *et al.*, (1993), el patrón de absorción de fosforo fue similar al del nitrógeno, presentándose un incremento importante a partir de la semana 9, los mayores valores de absorción se dieron entre las semanas 18 y 30, el punto más alto de la curva acumulo 7.9 kg.ha⁻¹. Los valores de mayor absorción presentados por este autor coinciden con las variedades evaluadas en las semanas 9 y 18, siendo las variedades Albión y Festival, las que se acercaron a la descripción mencionada.

Tagliavini *et al.*, (2005), menciona que el total de fosforo removido por plantas de fresa fertilizadas en dos experimentos fue de 12 y 17 kg.ha⁻¹; las variedades estudiadas en el presente trabajo presentaron extracciones de 17 kg.ha⁻¹, 17 kg.ha⁻¹, 11 kg.ha⁻¹ y 15 kg.ha⁻¹, con base en una densidad de población de 50 000 pl.ha⁻¹, en las variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente, lo anterior concuerda con los presentado por el mencionado autor; cabe destacar que Albion y Festival, presentaron mayor cantidad de fósforo en comparación con Jacona y Zamoran.

Figura 25. Consumo de fósforo durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.3 Potasio

Todas las variedades evaluadas incrementaron el consumo de potasio, en los días 30 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, Festival y Jacona, coincidieron en el día 60 ddt, Zamorana tuvo un incremento en el día 120. El día 150 ddt fue el que presentó mayor contenido de potasio en todas las variedades evaluadas, solo cambiaron los valores absolutos de cada variedad, Jacona y Zamorana tuvieron los valores más altos con

1.63 g.pl⁻¹ y 1.82 g.pl⁻¹, respectivamente, mientras Albion y Jacona, tuvieron, 1.56 g.pl⁻¹ y 1.28 g.pl⁻¹ respectivamente.

El contenido de potasio en Albion, alcanzó un incremento en el día 60 con 0.45 g.pl⁻¹, bajó en el día 90 con 0.27 g.pl⁻¹, aumentó en el día 150 con 1.6 g.pl⁻¹; la tendencia puede observarse en la Figura 26^a. Los mayores incrementos con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt, 45 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con los valores de 0.23 g.pl⁻¹, 0.1 g.pl⁻¹, 0.34 g.pl⁻¹, 0.63 g.pl⁻¹, y 0.51 g.pl⁻¹, respectivamente. El mayor consumo se presentó en el día 150 ddt con 1.6 g.pl⁻¹.

El contenido de potasio en Festival, presentó un incremento en el día 60 con 0.50 g.pl⁻¹, bajó en el día 90 con 0.30 g.pl⁻¹ y se incrementó hasta el día 150 con 1.30 g.pl⁻¹, la tendencia está representada en la Figura 26^b. Con respecto al muestreo anterior, los días con mayor incremento en consumo de potasio fueron el 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt, y 150 ddt, con 0.31 g.pl⁻¹, 0.1 g.pl⁻¹, 0.39 g.pl⁻¹, 0.54 g.pl⁻¹ y 0.13 g.pl⁻¹, respectivamente. El día donde se presentó el mayor contenido fue el 150 ddt con 1.29 g.pl⁻¹.

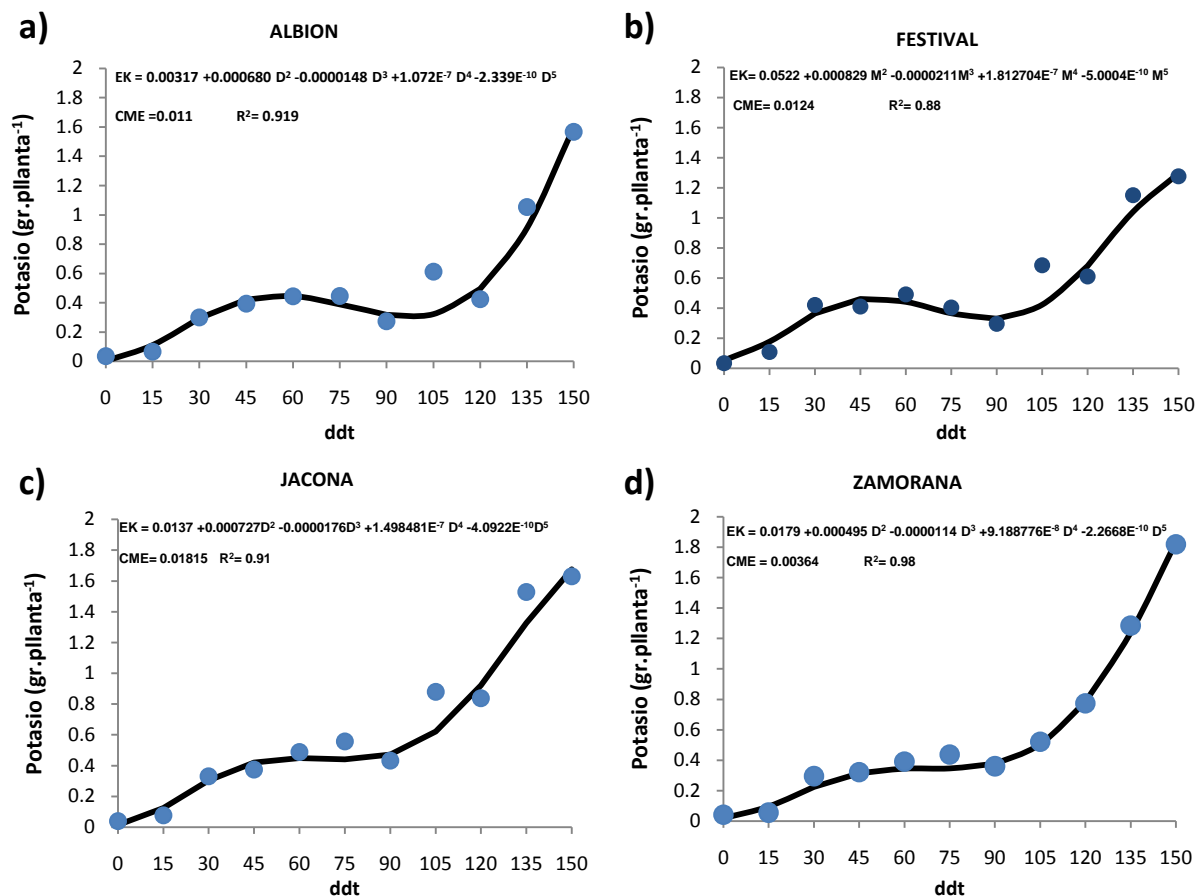
El contenido de potasio en Jacona, alcanzó un incremento en el día 75 con 0.55 g.pl⁻¹, bajó en el día 90 con 0.43 g.pl⁻¹ y sufrió un incremento considerable hasta llegar al día 150 donde alcanzó 1.67 g.pl⁻¹, se puede observar esta tendencia en la Figura 26^c. Los mayores incrementos en consumo, con respecto al muestreo anterior se dieron en los días 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt, 150 ddt, con los valores 0.25 g.pl⁻¹, 0.11 g.pl⁻¹, 0.45 g.pl⁻¹, 0.69 g.pl⁻¹, y 0.10 g.pl⁻¹ respectivamente. El mayor valor de consumo se presentó en el día 150 ddt, con 1.67 g.pl⁻¹.

El contenido de potasio en Zamorana, presentó un incremento en el día 75 con 0.44 g.pl⁻¹ y en el día 150 con 1.83 g.pl⁻¹, este comportamiento se puede ver con más detalle en la Figura 26^d. Los mayores incrementos con respecto al muestreo anterior se presentaron alrededor de los días 30 ddt, 105 ddt, 120 ddt, 135 ddt y 150 ddt con los valores 0.24 g.pl⁻¹, 0.16 g.pl⁻¹, 0.25 g.pl⁻¹, 0.51 g.pl⁻¹ y 0.54 g.pl⁻¹ respectivamente. El día donde se presentó el mayor contenido de potasio expresado en gramos fue el 150 con 1.83 g.pl⁻¹.

En un estudio realizado por Molina *et al.* (1993), mencionaron que el patrón de absorción de K, fue muy similar al del nitrógeno, presentándose un incremento de absorción a partir de la semana 9. Los picos de mayor absorción coincidían con la producción de fruto, los valores más altos ocurrieron durante la semana 18 y 30; la mayor absorción de potasio fue de 54.9 kg.ha⁻¹. Los incrementos coincidieron en las variedades evaluadas.

Tagliavini *et al.* (2005), en su estudio reportaron que el total de potasio removido por plantas fertilizadas fue de 92 y 125 kg.ha⁻¹; en comparación con los resultados encontrados en el presente estudio y con base en una densidad de población de 50 000 pl.ha⁻¹, se encontró que Albion, removió 80 kg.ha⁻¹, Festival 65 kg.ha⁻¹, (coincidiendo por lo descrito en el párrafo anterior por Molina *et al.* 1993), Jacona 84 kg.ha⁻¹, Zamorana 92 kg.ha⁻¹, las últimas dos variedades consumieron mayor cantidad de potasio en comparación con Albion y festival. Coinciden con lo reportado por el mencionado autor.

Figura 26. Consumo de potasio durante el ciclo de cultivo de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.4 Calcio

Todas las variedades tuvieron incrementos en los días 30 ddt, 105 ddt y 135 ddt. El consumo de calcio en el punto más alto se presentó para Albion, Festival y zamorana en el día 150 con 0.41 g.pl⁻¹, 0.67 g.pl⁻¹ y 0.42 g.pl⁻¹ respectivamente, en Jacona se presentó alrededor del día 135 ddt, con un valor de 0.40 g.pl⁻¹; el consumo fue igual para Albion, Jacona y Zamorana; Festival tuvo mayor consumo en comparación con las otras variedades.

El contenido de calcio en Albion, alcanzó un incremento en los días 45 con 0.15 g.pl^{-1} , 60 con 0.14 g.pl^{-1} y 75 con 0.15 g.pl^{-1} , disminuyó en el día 90 con 0.08 g.pl^{-1} , se incrementó en el día 105 con 0.24 g.pl^{-1} , disminuyó en el día 120 a 0.16 g.pl^{-1} y aumentó hasta llegar al día 150 con 0.41 g.pl^{-1} , esta tendencia se puede observar en la Figura 27^a. Los días donde se presentó mayor incremento en contenido con respecto al muestreo anterior fueron el 30 ddt, 45 ddt, 105 ddt, 135 ddt, y 150 ddt, con los valores de 0.05 g.pl^{-1} , 0.07 g.pl^{-1} , 0.16 g.pl^{-1} , 0.14 g.pl^{-1} , 0.12 g.pl^{-1} , respectivamente. El mayor consumo se alcanzó en el día 150 ddt con 0.41 g.pl^{-1} .

El contenido de calcio en Festival, incrementó en el día 60 con 0.19 g.pl^{-1} , bajó hasta el día 90 con 0.15 g.pl^{-1} y subió en el día 150 con 0.67 g.pl^{-1} , este comportamiento se puede observar en la Figura 27b. Los mayores incrementos en consumo en comparación al muestreo anterior se presentaron en los días, 30 ddt, 105 ddt, 135 ddt, 150 ddt, con los valores de 0.08 g.pl^{-1} , 0.09 g.pl^{-1} , 0.103 g.pl^{-1} y 0.33 g.pl^{-1} , respectivamente. El consumo fue mayor en el día 150 ddt con 0.67 g.pl^{-1} .

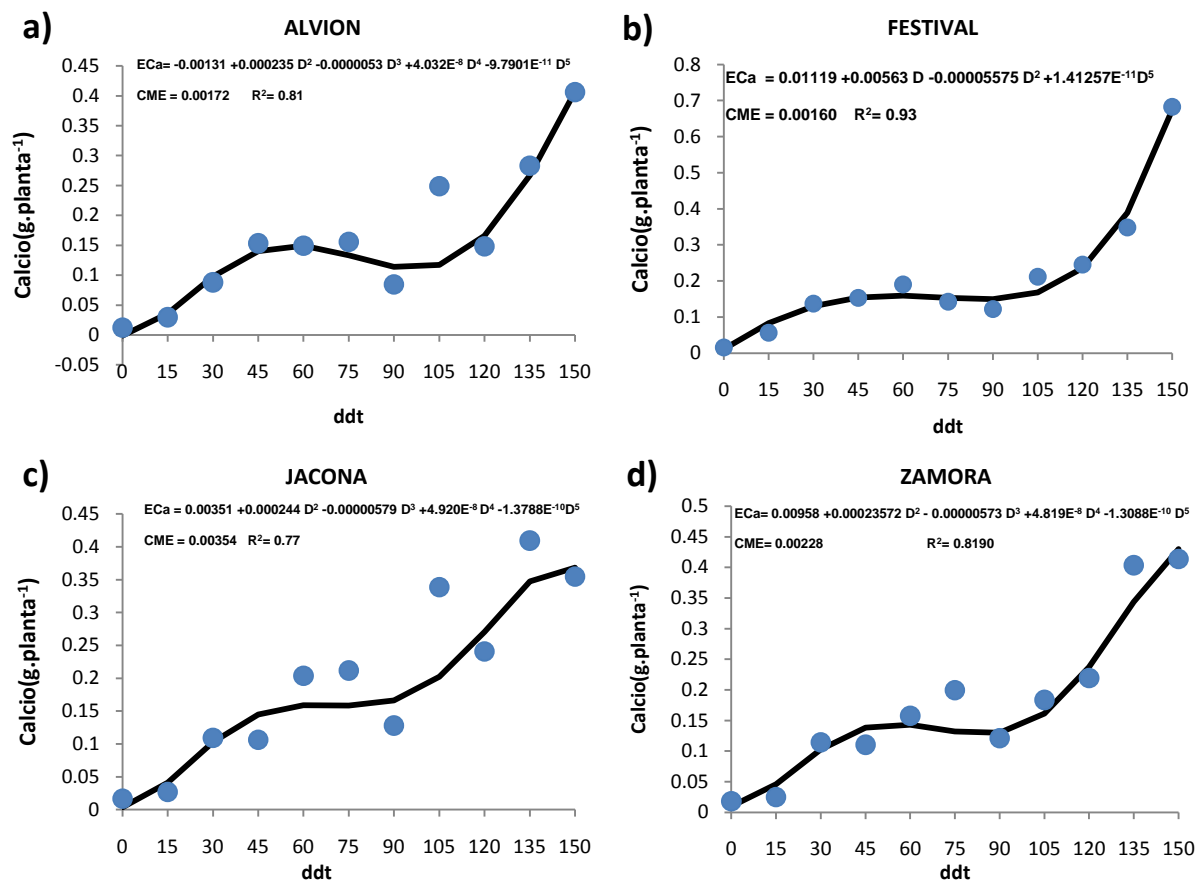
El contenido de calcio en Jacona, mostró incremento en los días 60 con 0.20 g.pl^{-1} , y 75 con 0.21 g.pl^{-1} , disminuyó en el día 90 con 0.12 g.pl^{-1} , se incrementó en los días 105 con 0.33 g.pl^{-1} , 120 con 0.24 g.pl^{-1} , 135 con 0.40 g.pl^{-1} y 150 con 0.35 g.pl^{-1} ; este comportamiento se observa en la Figura 27c. Los días donde se presentaron los mayores incrementos con respecto al muestreo anterior fueron, 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.08 g.pl^{-1} , 0.10 g.pl^{-1} , 0.21 g.pl^{-1} , 0.17 g.pl^{-1} , respectivamente de incremento. El día con mayor consumo fue el 135 ddt con un valor de 0.40 g.pl^{-1} .

El contenido de calcio en Zamorana, presentó un incremento el día 75 con 0.19 g.pl^{-1} , bajó en el día 90 con 0.12 g.pl^{-1} , se incrementó el día 150 con 0.42 g.pl^{-1} , la tendencia se observa mejor en la Figura 27d. Con respecto al muestreo anterior, los días que presentaron un mayor incremento en consumo de calcio, fueron, el 30 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.09 g.pl^{-1} , 0.06 g.pl^{-1} , 0.18 g.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se presentó el mayor consumo fue el 150 ddt, con un valor de 0.42 g.pl^{-1} .

En estudios realizados por Molina *et al.* (1993), describió que el patrón de absorción de calcio fue similar al del nitrógeno y al de otros nutrimentos como potasio, magnesio y fosforo, presentándose un incremento importante alrededor de la semana 9, los valores de máxima absorción ocurrieron alrededor de las semanas 18 y 30; Estos resultados coinciden con los encontrados por el presente estudio ya que todas las variedades presentan incrementos importantes en los días 60 ddt, 120 ddt y 150 ddt, como se observa en la Figura 27.

Tagliavini *et al.* (2005) mencionaron en su trabajo que calculada en base a una hectárea la remoción de calcio en fresa va de 58 a 91 kg.ha⁻¹, en un periodo de 11 meses; sin embargo el consumo calculado en las variedades evaluadas en base a una población de 50 000 pl.ha⁻¹, fue en Albion 20 kg.ha⁻¹, Festival con 34 kg.ha⁻¹, Jacona con 18.4 kg.ha⁻¹, y Zamorana tuvo 21 kg.ha⁻¹.

Figura 27. Consumo de calcio durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.5 Magnesio

Todas las variedades tuvieron el mayor contenido de magnesio en el día 150 ddt, siendo Festival la variedad que tuvo el mayor contenido. Con respecto al muestreo anterior el mayor contenido de magnesio, se presentó en el día 30 ddt y 135 ddt en la variedad Zamorana, mientras que en Albion, Festival y Jacona, coincidieron en los días 105 ddt y 135 ddt.

El contenido de magnesio en Albión, es constante en los días 15 con 0.01 g.pl^{-1} , 30 con 0.05 g.pl^{-1} y 45 con 0.08 g.pl^{-1} , disminuyó en el día 60 con 0.06 g.pl^{-1} , bajó en los días 75 con 0.10 g.pl^{-1} , 90 con 0.05 g.pl^{-1} , 105 con 0.14 g.pl^{-1} , 120 con 0.06 g.pl^{-1} , 135 con 0.17 g.pl^{-1} y subió en el día 150 con 0.22 g.pl^{-1} , este comportamiento se observa en la Figura 28a. El mayor incremento en consumo con respecto al muestreo anterior para esta variedad se presentó alrededor de los días 105 ddt con 0.09 g.pl^{-1} y 135 ddt, con 0.11 g.pl^{-1} . El día con mayor consumo de magnesio se presentó en el día 150 ddt, con 0.22 g.pl^{-1} .

El contenido de magnesio en Festival, se incrementó el día 60 con 0.1 g.pl^{-1} , disminuyó en los días 75 con 0.06 g.pl^{-1} y 90 con 0.06 g.pl^{-1} , incrementó en el día 105 con 0.13 g.pl^{-1} , disminuyó en el día 120 con 0.10 g.pl^{-1} y se incrementó en forma constante hasta el día 150 con 0.28 g.pl^{-1} , este comportamiento se observa en la Figura 28b. El mayor incremento de consumo con respecto al muestreo anterior, se presentó alrededor de los días 105 con 0.08 g.pl^{-1} , 135 con 0.08 g.pl^{-1} y 150 con 0.10 g.pl^{-1} . El día donde se presentó el mayor contenido de magnesio, expresado en gramos fue el 150 ddt, con 0.28 g.pl^{-1} .

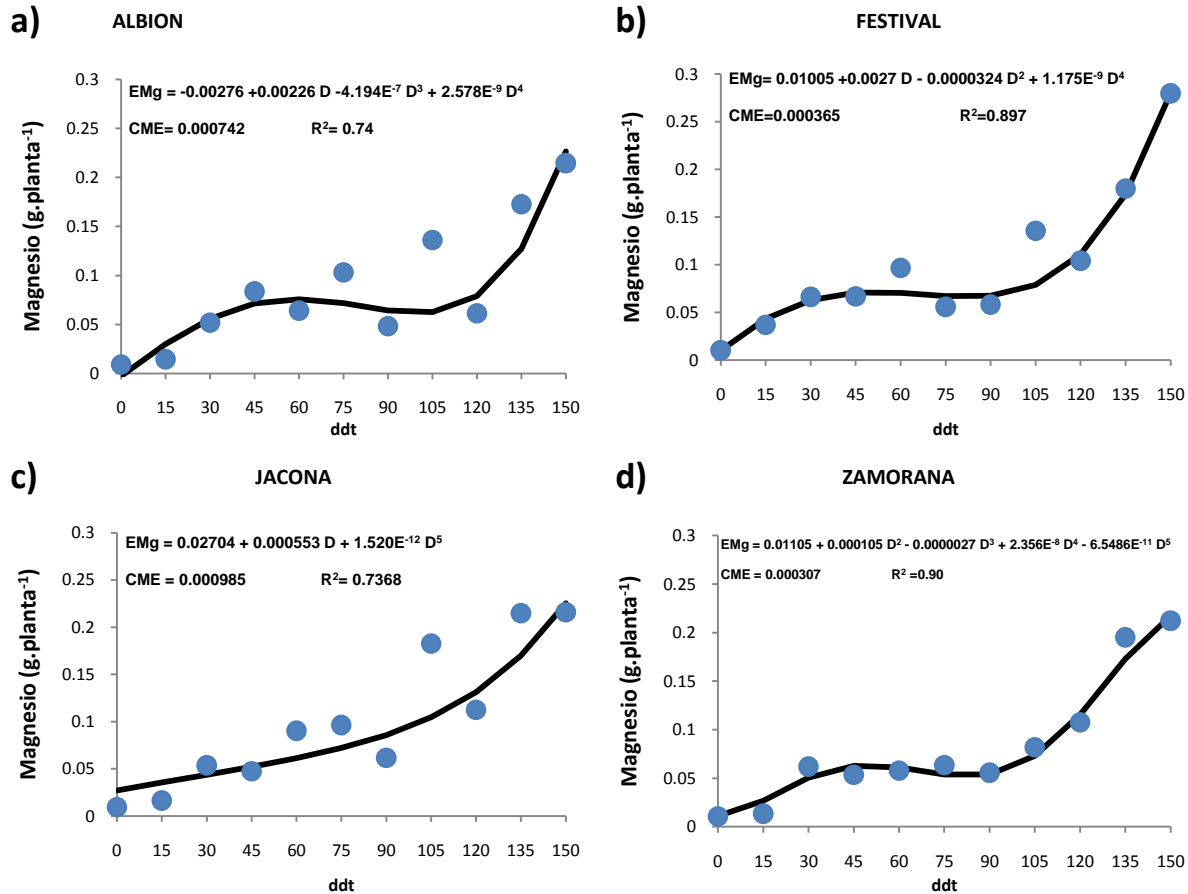
El contenido de magnesio en Jacona, tuvo incrementos en el día 15 con 0.016 g.pl^{-1} , incrementó en los días 30 con 0.05 g.pl^{-1} , 45 con 0.047 g.pl^{-1} , 60 con 0.09 g.pl^{-1} y 75 con 0.09 g.pl^{-1} , bajó el día 90 con 0.06 g.pl^{-1} , subió en el día 105 con 0.18 g.pl^{-1} , disminuyó el día 120 con 0.11 g.pl^{-1} y subió en los días 135 y 150 con 0.22 g.pl^{-1} de magnesio, esta tendencia se observa con más detalle en la Figura 28c. Los días con los mayores incrementos con respecto al muestreo anterior fueron el 105 ddt con 0.12 g.pl^{-1} y 135 ddt, con 0.10 g.pl^{-1} . El día con mayor contenido de magnesio expresado en gramos fue el 150 con 0.22 g.pl^{-1} .

El contenido de magnesio en Zamorana, presentó incrementos en los días 30 con 0.06 g.pl^{-1} , el 90 con 0.05 g.pl^{-1} y el día 150 con 0.21 g.pl^{-1} , este comportamiento se observa mejor en la Figura 28d. Con respecto al muestreo anterior los mayores incrementos en consumo se presentaron alrededor de los días 30 con 0.05 g.pl^{-1} y 135 con 0.09 g.pl^{-1} . El día con mayor contenido de magnesio con respecto al muestreo anterior fue el 150 ddt con 0.21 g.pl^{-1} .

En un estudio realizado por Molina *et al.* (1993), encontró que a partir de la semana 9 comenzaron a darse incrementos importantes en el contenido de magnesio, los picos de absorción se presentaron en las semanas 14, 18 y 28; La absorción de este elemento en el punto más alto de la curva fue de 10.4 kg.ha^{-1} ; Sin embargo las variedades evaluadas en el presente estudio comenzaron a incrementar el contenido de magnesio alrededor de la semana 13 (día 90 ddt); El contenido de este elemento en el punto más alto fue de 11 kg.ha^{-1} , en la variedad Albión, 14 kg.ha^{-1} en Festival, 11 kg.ha^{-1} en Jacona y 11 kg.ha^{-1} en Zamorana, considerando una densidad de población de 50 000 plantas. ha^{-1} , fue Festival la variedad que presentó mayor contenido de magnesio.

En el trabajo realizado por Tagliavini *et al.* (2005), mencionan que el contenido de magnesio en fresa fertilizada varió de 19 a 23 kg.ha^{-1} , en un periodo de evaluación de 11 meses, estos fueron valores elevados en comparación a los encontrados en el presente trabajo sin embargo el periodo de evaluación fue menor.

Figura 28. Consumo de magnesio durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.6 Azufre

Todas las variedades tuvieron un incremento en el día 30 ddt, Festival, Jacona y Zamorana, presentaron incrementos en el día 120 ddt, Alvion, Festival y Zamorana coincidieron en el día 135 ddt, Alvion y Festival presentaron también mayor incremento en el día 150 ddt. El punto más alto de consumo en todas las variedades se posiciono alrededor del día 150 ddt, Festival tuvo mayor contenido de azufre con 0.15 g.pl⁻¹

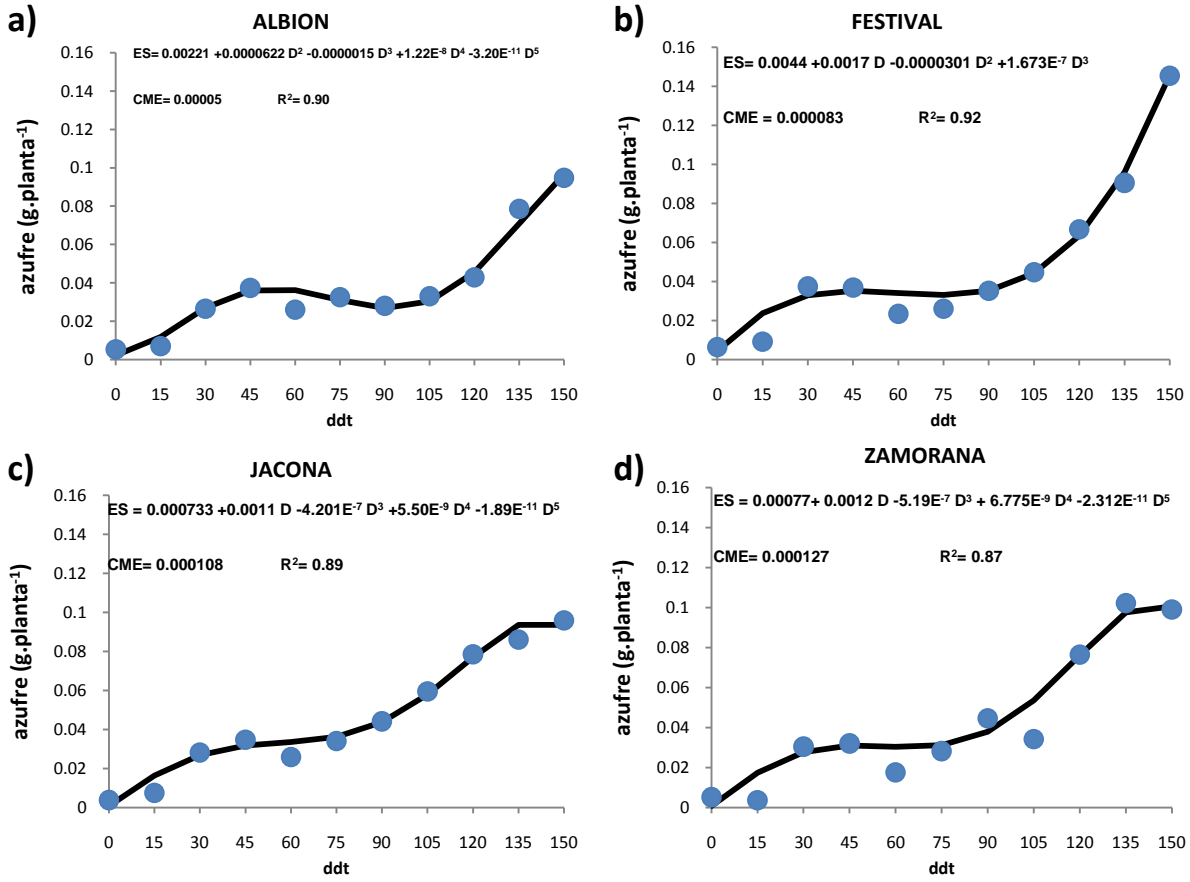
El contenido de azufre en Albion, presentó un incremento en el día 45 con 0.04 g.pl^{-1} , bajó en el día 60 con 0.02 g.pl^{-1} , subió en el día 75 a 0.03 g.pl^{-1} , bajó en el día 90 a 0.02 g.pl^{-1} y subió el día 150 con 0.096 g.pl^{-1} , este comportamiento se puede observar en la Figura 29a. Los días donde se registró el mayor consumo de azufre con respecto al muestreo anterior fueron el 30 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , el 135 ddt con 0.04 g.pl^{-1} , 150 ddt con 0.02 g.pl^{-1} . El día con mayor contenido de azufre expresado en gramos fue el 150 ddt, con 0.096 g.pl^{-1} .

El contenido de azufre en Festival, incrementó en los días 30 y 45 ddt con 0.04 g.pl^{-1} , bajó en el día 60 con 0.02 g.pl^{-1} y se incrementó en el día 150 con 0.15 g.pl^{-1} , este comportamiento se observa en la Figura 29b. Los mayores incrementos de este nutrimento con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt con 0.03 g.pl^{-1} , 120 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , 135 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , 150 ddt con 0.05 g.pl^{-1} . El día donde se presentó el punto más alto en contenido de azufre fue el 150 ddt, con 0.15 g.pl^{-1} .

El contenido de azufre en Jacona, presentó un incremento en el día 45 con 0.03 g.pl^{-1} , bajó el día 60 con 0.04 g.pl^{-1} , subió hasta el día 135 con 0.07 g.pl^{-1} y 150 con 0.10 g.pl^{-1} , esta tendencia se observa en la Figura 29c. Los días con mayor consumo de azufre con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , 105 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , 120 ddt con 0.02 g.pl^{-1} . El día donde se presentó el mayor consumo fue el 150 ddt con 0.10 g.pl^{-1} .

El contenido de azufre en Zamorana, presentó un incremento en los días 30 y 45 con 0.03 g.pl^{-1} cada uno, bajó en el día 60 con 0.01 g.pl^{-1} , subió en el día 90 con 0.034 g.pl^{-1} , bajó en el día 105 con 0.034 g.pl^{-1} y subió en los días 135 con 0.102 g y 150 con 0.10 g.pl^{-1} , para observar mejor la tendencia se puede consultar la Figura 29d. Los mayores incrementos en consumo con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt con 0.03 g.pl^{-1} , 90 ddt con 0.02 g.pl^{-1} , 120 ddt con 0.04 g.pl^{-1} , y 135 g con 0.03 g.pl^{-1} . El día donde se tuvo el mayor contenido de azufre expresado en gramos fue el 150 ddt, con 0.10 g.pl^{-1} .

Figura 29. Consumo de azufre durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.7 Hierro

El día con mayor incremento en el contenido de hierro en las variedades Festival, Jacona y Zamorana, fue el 60 ddt, Albion lo presentó en el día 45 ddt y todas las variedades coincidieron en los días 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, presentando una tendencia similar. El día 150 ddt, fue el que presentó mayor valor de consumo en todas las variedades, en orden descendente, Festival con 20.0 mg.pl⁻¹, Jacona con 19.2 mg.pl⁻¹, Zamorana con 18 mg.pl⁻¹ y Albion con 11 mg.pl⁻¹.

El contenido de hierro en Albion, fue homogénea hasta el día 105 con 4.9 mg.pl⁻¹, con un incremento en los días 45 con 4.0 mg.pl⁻¹, 60 con 2.9 mg.pl⁻¹, 75 ddt con 3.3 mg.pl⁻¹, se incrementó a partir del día 105 hasta el día 150 con 11 mg.pl⁻¹, el comportamiento se puede visualizar en la Figura 30a. Con respecto al muestreo anterior los días con mayor contenido de hierro fueron el 45 ddt con 2.5 mg.pl⁻¹, el 105 ddt con 3.5 mg.pl⁻¹, 135 ddt, con 5.9 mg.pl⁻¹ y 150 con 1.5 mg.pl⁻¹. El mayor consumo de este elemento se dio alrededor del día 150 con 11 mg.pl⁻¹.

El contenido de hierro en Festival, presentó un incremento en los días 30 con 2.9 mg.pl⁻¹, 45 con 3.0 mg.pl⁻¹ y 60 con 4.8 mg.pl⁻¹, bajó el día 90 con 4.9 mg.pl⁻¹, incrementó en el día 150 con 20 mg.pl⁻¹, la tendencia se presenta mejor en la Figura 30b. Con respecto al muestreo anterior los días que presentaron mayores incrementos en consumo de hierro fueron el 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con los valores 1.8 mg.pl⁻¹, 3.4 mg.pl⁻¹, 6.5 mg.pl⁻¹, 8.9 mg.pl⁻¹, respectivamente. El mayor consumo se presentó alrededor del día 150 con 20.0 mg.pl⁻¹.

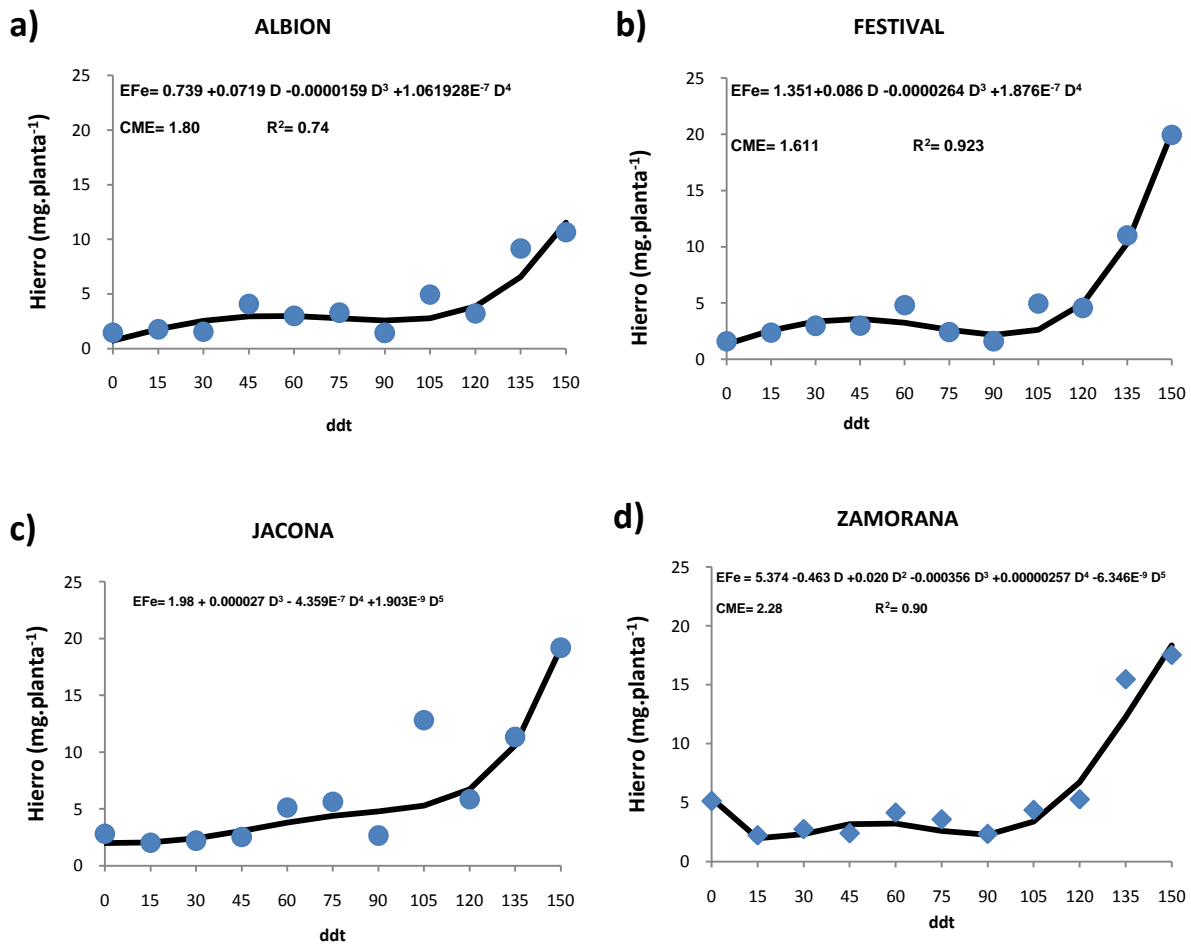
El contenido de hierro en Jacona tuvo el día 45 un consumo de 3.1 mg.pl⁻¹ de hierro, incrementó en los días 60 con 5.1 mg.pl⁻¹ y 75 con 5.6 mg.pl⁻¹, bajó en el día 90 con 2.7 mg.pl⁻¹, subió el día 105 con 12.8 mg.pl⁻¹, bajó el día 120 con 5.8 mg.pl⁻¹ y en los días siguientes hubo un incremento rápido en el consumo de hierro hasta llegar al día 150 con 19.2 mg.pl⁻¹, lo anterior se puede observar en la Figura 30c. Los días con mayor consumo con respecto al muestreo anterior fueron el 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt

con los valores de 2.6 mg.pl⁻¹, 10.1 mg.pl⁻¹, 5.5 mg.pl⁻¹, 7.9 mg.pl⁻¹. El día con mayor consumo fue el 150 ddt, con 19.2 mg.pl⁻¹.

El contenido de hierro en Zamorana, incrementó su contenido de hierro el día 60 con 4.1 mg.pl⁻¹ y el día 90 ddt hasta el 150 ddt con 18 mg.pl⁻¹. Con respecto al muestreo anterior, los días con mayores incrementos en contenido de hierro fueron, el 60 ddt, 105 ddt, 120 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con los valores 1.7 mg.pl⁻¹, 20.0 mg.pl⁻¹, 0.9 mg.pl⁻¹, 10.2 mg.pl⁻¹, 2.1 mg.pl⁻¹ respectivamente. El día con el valor más alto de contenido de hierro fue el 150 con 18 mg.pl⁻¹.

En un estudio realizado por Molina *et al.* (1993), mencionan que la absorción de hierro fue baja al inicio con un ligero incremento a partir de la semana 9, entre las semanas 18 y 30 se presentaron los valores más altos de absorción; las variedades evaluadas presentaron un comportamiento similar entre si, tuvieron un incremento alrededor del día 60 ddt, sin embargo el mayor se produjo a partir del día 105 ddt. El mismo autor menciona que el valor del punto máximo de absorción en hierro fue de 4.4 kg.ha⁻¹; en contraste considerando una densidad de población de 50 000 plantas.ha⁻¹, Albion tuvo 577 g.ha⁻¹, Festival con 1000 g.ha⁻¹, Jacona con 960 g.ha⁻¹, Zamorana con 916 g.ha⁻¹, ninguna llegó a los niveles mencionados por dicho autor.

Figura 30. Consumo de hierro durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.8 Boro

El mayor consumo de boro en las variedades Albion y Festival, lo presentaron alrededor del día 150 ddt; mientras que Jacona y Zamorana lo tuvieron el día 135 ddt; Festival y Jacona, tuvieron el mayor valor en consumo con 23.62 mg.pl^{-1} y 20.38 mg.pl^{-1} respectivamente, después Albion con 19.73 mg y Zamorana con 19.03 mg.pl^{-1} .

El contenido de boro en Albion, incrementó en el día 75 con 6.5 mg.pl^{-1} , disminuyó en el día 90 con 2.9 mg.pl^{-1} , subió el día 105 con 7.6 mg.pl^{-1} y se incrementó de manera constante hasta el día 150 con 20.0 mg.pl^{-1} , el comportamiento anteriormente indicado se puede observar en la Figura 31a. Los mayores incrementos, con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 45 ddt, 75 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con los valores 1.3 mg.pl^{-1} , 3.2 mg.pl^{-1} , 4.7 mg.pl^{-1} , 6.6 mg.pl^{-1} y 7.5 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor contenido se presentó alrededor del día 150 con 20 mg.pl^{-1} .

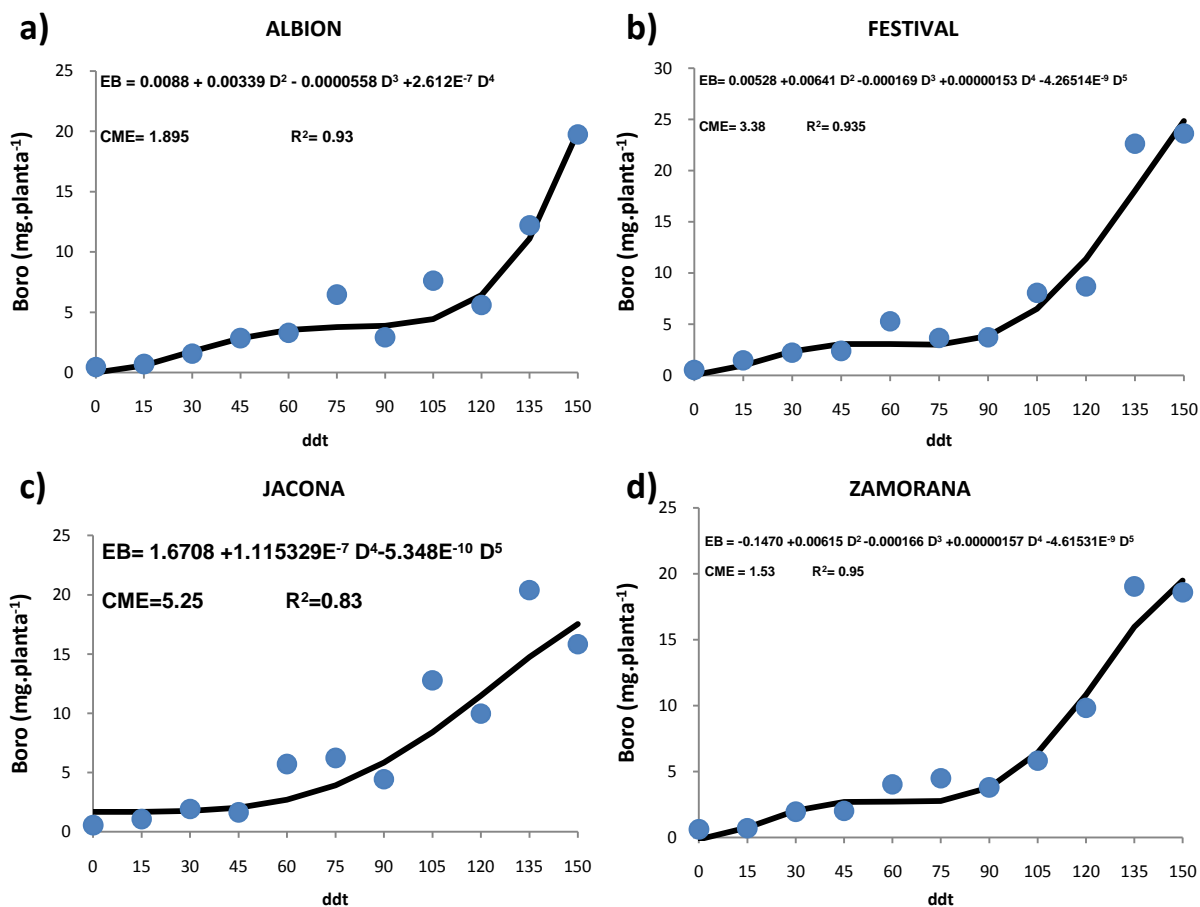
El contenido de boro en Festival presentó un incremento en el día 60 con 5.3 mg.pl^{-1} , disminuyó en los días 75 con 3.6 mg.pl^{-1} y 90 con 3.7 mg.pl^{-1} , se incrementó de forma escalonada en los días 105 con 8.0 mg.pl^{-1} , 120 con 8.6 mg.pl^{-1} , 135 con 22.6 mg.pl^{-1} y 150 con 24 mg.pl^{-1} , la tendencia se observa en la Figura 31b. Los días con mayor consumo con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt, y 150 ddt, con los valores de 2.9 mg.pl^{-1} , 4.3 mg.pl^{-1} , 13.9 mg.pl^{-1} , y 1.0 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se obtuvo el mayor contenido fue el 150 ddt con el valor de 24 mg.pl^{-1} .

El contenido de boro en Jacona, incrementó en los días 60 con 5.7 mg.pl^{-1} , 75 con 6.2 mg.pl^{-1} , disminuyó en el día 90 con 4.4 mg.pl^{-1} , en el día 105 presentó 12.7 mg.pl^{-1} , en el 120 con 10.0 mg.pl^{-1} , en el 135 incrementó a 20.4 mg.pl^{-1} y el día 150 bajó a 15.8 mg.pl^{-1} , la tendencia observada se presenta en la Figura 31c. Los días con mayor incremento en contenido con respecto al muestreo anterior fueron el 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt, con los valores de 4.1 mg.pl^{-1} , 8.4 mg.pl^{-1} y 10.4 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor nivel de contenido fue el 135 ddt, con el valor de 20.4 mg.pl^{-1} .

El contenido de boro en Zamorana, incrementó en los días 60 con 4.0 mg.pl^{-1} y 75 con 4.5 mg.pl^{-1} , disminuyó el día 90 con 3.8 mg.pl^{-1} , incrementó hasta el 135 con 19.0 mg.pl^{-1} y el día 150 con 18.5 mg.pl^{-1} , la tendencia anterior se puede observar en la Figura 31d. Los días con mayor incremento en consumo con respecto al muestreo anterior fueron el 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt, 120 ddt y 135 ddt, con los valores de 1.3 mg.pl^{-1} , 2.0 mg.pl^{-1} , 2.0 mg.pl^{-1} , 4.0 mg.pl^{-1} y 9.2 mg.pl^{-1} respectivamente. El día con mayor consumo fue el 135 ddt con el valor de 19.0 mg.pl^{-1} .

Con respecto al muestreo anterior los mayores incrementos en consumo coinciden en todas las variedades en los días 60 ddt, 105 ddt, y 135 ddt ; Albion y Festival también presentaron un incremento alrededor del día 150 ddt; Albion presentó también incrementos importantes alrededor de los días 45 ddt y 75 ddt.

Figura 31. Consumo de boro, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.9 Zinc

Todas las variedades presentaron incrementos en contenido en el día 30 ddt, Festival y Jacona coincidieron en el día 45 ddt, mientras que Albion, Festival y Jacona, coincidieron en el día 105 ddt; Albion, Festival y Zamorana coincidieron en el día 135 ddt; Festival y Jacona, coincidieron en el día 150 ddt. El día con mayor incremento en consumo coincidió en el 150 ddt en Albion con 1.36 mg.pl^{-1} , Festival con 2.19 mg.pl^{-1} y Jacona con 1.35 mg.pl^{-1} , mientras que Zamorana lo presentó en el día 135 ddt con un valor de 1.93 mg.pl^{-1} , la variedad con mayor contenido fue Festival.

El contenido de zinc en Albion, presentó un incremento en el día 45 con 0.66 mg.pl^{-1} , bajó el 45 con 0.50 mg.pl^{-1} , subió el día 75 con 0.77 mg.pl^{-1} , los días posteriores siguen la misma tendencia con incrementos y decrementos hasta el día 150 donde presentó 1.37 mg.pl^{-1} , el comportamiento de esta variedad se puede observar en la Figura 32a. Los mayores incrementos con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt, 75 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores 0.35 mg.pl^{-1} , 0.27 mg.pl^{-1} , 0.34 mg.pl^{-1} y 0.46 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día donde se presentó el mayor consumo fue el 150 con 1.36 mg.pl^{-1} .

El contenido de zinc en Festival, tuvo un incremento en el día 45 con 0.83 mg.pl^{-1} , disminuyó en los días 45 y 60 con 0.50 mg.pl^{-1} cada uno, mientras que en los días siguientes se presentó un incremento hasta el día 150 con 2.26 mg.pl^{-1} , el comportamiento descrito se observa en la Figura 32b. Con respecto al muestreo anterior los días con mayor consumo fueron el 30 ddt, 45 ddt, 90 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con 0.36 mg.pl^{-1} , 0.24 mg.pl^{-1} , 0.25 mg.pl^{-1} , 0.33 mg.pl^{-1} , 0.50 mg.pl^{-1} y 0.54 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor nivel de consumo fue el 150 ddt, con 2.19 mg.pl^{-1} .

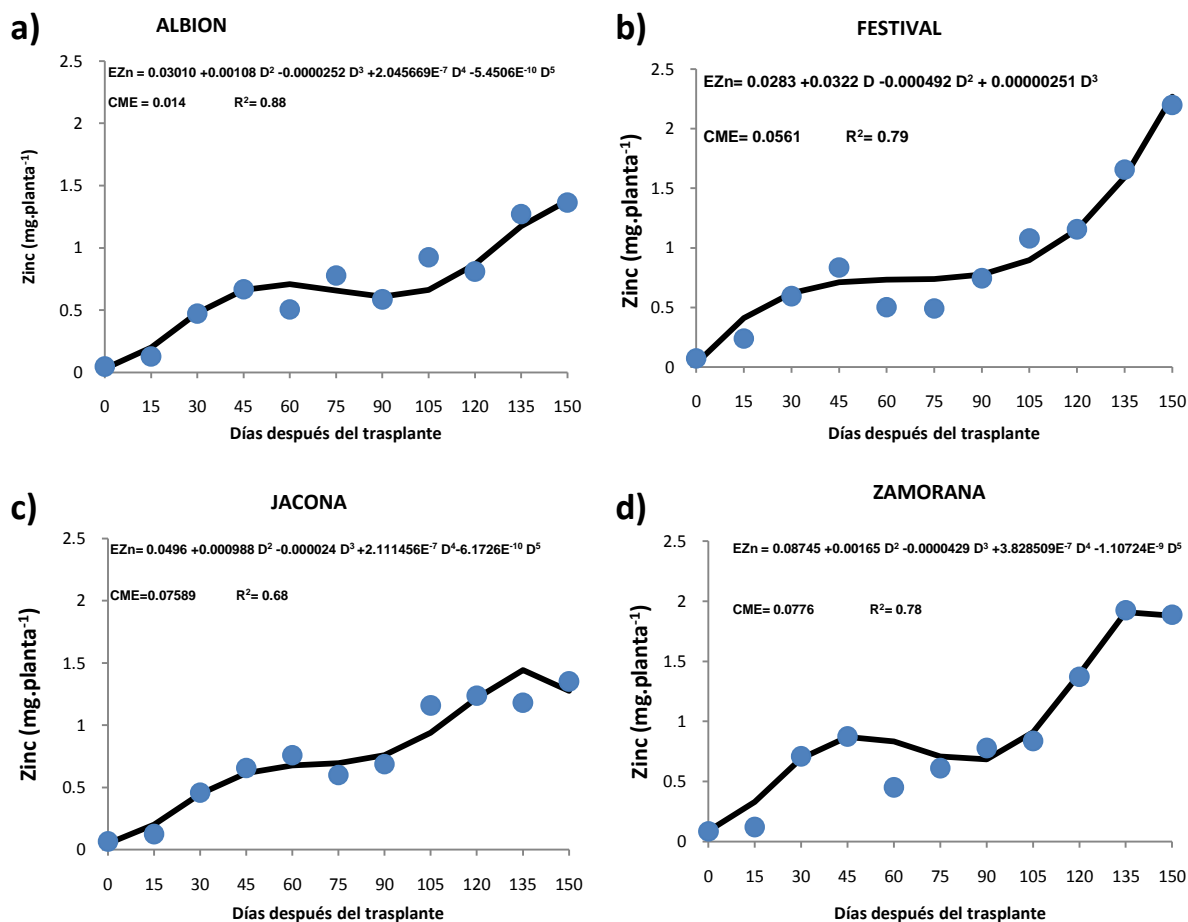
El contenido de zinc en Jacona sufrió un incremento en el día 60 con 0.75 mg.pl^{-1} , bajó el día 75 a 0.60 mg.pl^{-1} , subió el día 105 con 1.15 mg.pl^{-1} , el 120 con 1.21 mg.pl^{-1} , el 135 con 1.18 mg.pl^{-1} y el 150 con 1.35 mg.pl^{-1} , el comportamiento de esta variedad se puede observar en la Figura 32c. Los días con mayor incremento en el consumo con

base en el muestreo anterior se presentaron en los días 30 ddt, 45 ddt, 60 ddt, 105 ddt y 150 ddt, con los valores de 0.33 mg.pl⁻¹, 0.20 mg.pl⁻¹, 0.10 mg.pl⁻¹, 0.47 mg.pl⁻¹, 0.17 mg.pl⁻¹, respectivamente. El día con mayor consumo fue el 150 ddt, con 1.35 mg.pl⁻¹.

El contenido de zinc en Zamorana, presentó un incremento en el día 45 con 0.87 mg.pl⁻¹, bajó el día 60 con 0.45 mg.pl⁻¹, subió en los días 105 con 0.90 mg.pl⁻¹, en los días 120 con 1.39 mg.pl⁻¹, 135 con 1.9 mg.pl⁻¹ y el día 150 con 1.88 mg.pl⁻¹, la tendencia se puede observar en la Figura 32d. Los días con mayor contenido con base en el muestreo anterior fueron el 30 ddt, 45 ddt, 60 ddt, 105 ddt y 150 ddt, con los valores de 0.33 mg.pl⁻¹, 0.20 mg.pl⁻¹, 0.10 mg.pl⁻¹, 0.47 mg.pl⁻¹ y 0.17 mg.pl⁻¹, respectivamente. El día con mayor consumo fue el 135 ddt, con 1.92 mg.pl⁻¹.

En un experimento conducido por Molina *et al.* (1993), mencionaron que la absorción de Zinc fue muy baja al inicio, con un ligero incremento a partir de la semana 9; entre las semanas 18 y 30 se presentaron los valores más altos de absorción, el pico máximo se presentó en la semana 28; en las variedades evaluadas por el presente trabajo presentaron el día de mayor contenido de Zinc alrededor de la semana 19 y 21, el incremento en absorción comenzó a partir de la semana 12, estos resultados son más altos en comparación de los comentados por el mencionado autor.

Figura 32. Consumo de zinc, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.10 Manganeso

El consumo de manganeso se incrementó en todas las variedades en los días 105 ddt y 135 ddt, Festival y Zamorana coincidieron en el día 30 ddt, Albion en el día 75 ddt. El día con mayor consumo se presentó el día 150 en Albion y Festival, en Jacona y

Zamorana fue alrededor del día 135 ddt; Festival fue la variedad que presentó el mayor nivel de consumo.

El contenido de manganeso en Albion se incrementó el día 45 con 0.72 mg.pl^{-1} , bajó día 60 con 0.54 mg.pl^{-1} , el día 135 con 1.57 mg.pl^{-1} y subió el día 150 con 1.69 mg.pl^{-1} , el comportamiento se puede observar con más detalle en la Figura 33^a. Los días con incrementos en consumo con base en el muestreo anterior fueron el 75 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.46 mg.pl^{-1} y 0.75 mg.pl^{-1} , 1.03 mg.pl^{-1} respectivamente. El día con mayor consumo fue el 150 ddt con 1.69 mg.pl^{-1} .

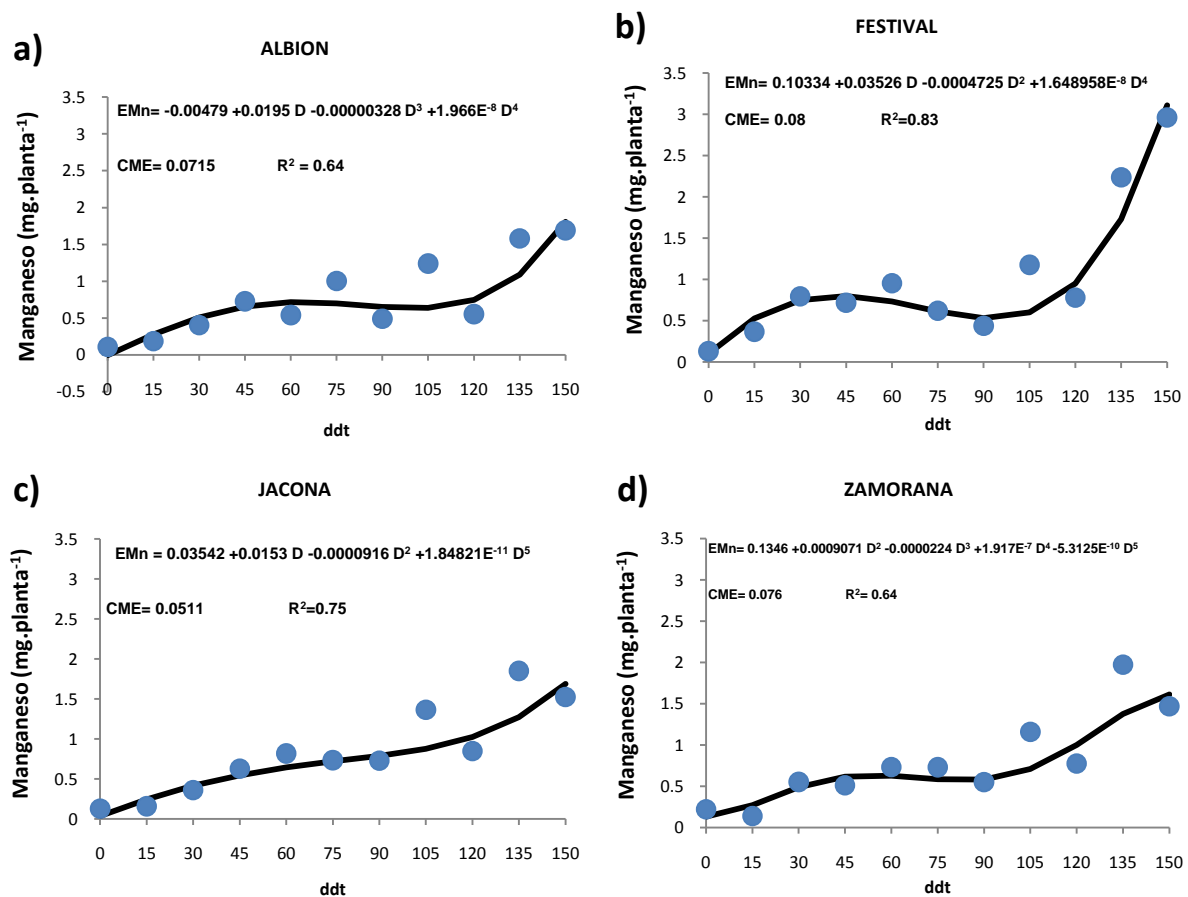
El contenido de manganeso en Festival presentó un incremento a partir del día 30 con 0.79 mg.pl^{-1} , el día 60 con 0.95 mg.pl^{-1} , bajó el día 75 con 0.61 mg.pl^{-1} , el día 90 con 0.53 mg.pl^{-1} , subió el día 105 con 1.17 mg.pl^{-1} , bajó el 120 con 0.77 mg.pl^{-1} , para incrementarse en forma constante hasta el día 150 con 3.1 mg.pl^{-1} , este comportamiento se aprecia en la Figura 33b. Con base en el muestreo anterior los días con mayor incremento en consumo fueron el 30 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.43 mg.pl^{-1} , 0.73 mg.pl^{-1} , y 1.46 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor consumo fue el 150 ddt, con 2.96 mg.pl^{-1} .

El contenido de manganeso en Jacona tuvo un incremento el día 60 con 0.81 mg.pl^{-1} , bajó en el día 60 con 0.78 mg.pl^{-1} , los siguientes días se presentó un comportamiento discontinuo manifestando incrementos y decrementos hasta el día 150 con 1.52 mg.pl^{-1} , este comportamiento se aprecia en la Figura 33c. Los días con incrementos de contenido con base en el muestreo anterior, se presentaron en los días 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.64 mg.pl^{-1} y 1.0 mg.pl^{-1} respectivamente. El día con mayor consumo se presentó alrededor del día 135 ddt, con el valor de 1.85 mg.pl^{-1} .

El contenido de manganeso en Zamorana presentó se incrementó el día 60 con 0.73 mg.pl^{-1} , bajó el día 90 con 0.55 mg.pl^{-1} , se eleva y disminuye hasta llegar al día 150 con 1.47 mg.pl^{-1} , este comportamiento se presenta la Figura 33d. Los días con mayor incremento en consumo con respecto al muestreo anterior fueron el 30 ddt, 105 ddt y 135 ddt, con los valores de 0.41 mg.pl^{-1} , 0.61 mg.pl^{-1} y 1.20 mg.pl^{-1} , respectivamente. El mayor contenido se presentó en el día 135 ddt, con el valor de 1.97 mg.pl^{-1} .

Molina *et al.* (1993), mencionaron que el manganeso comienza a incrementarse a partir de la semana 9, los valores más altos se presentan entre la semana 18 y 30, el pico máximo de absorción se presentó en la semana 28; también mencionaron que el consumo fue de 1.0 kg.ha⁻¹; los resultados obtenidos por el presente trabajo coinciden en que el día con mayor contenido de este nutrimento se presentó alrededor de la semana 21 en las variedades Albion y Festival, con 84.5 g.ha¹ y 148 g.ha⁻¹, respectivamente, considerando una densidad de población de 50 000 plantas.ha⁻¹; Jacona y Zamorana tuvieron el mayor contenido en la semana 19, con 92.5 g.ha⁻¹ y 98.5 g.ha⁻¹, respectivamente.

Figura 33. Consumo de manganeso durante el ciclo de cultivo, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.11 Sodio

Cada variedad presentó incrementos particulares en diferentes días; Festival, Jacona y Zamorana, coincidieron en el día 30 ddt, junto con Alvion en el día 105 ddt, todas coincidieron en el día 135 ddt, Festival y Jacona fueron las de mayor incrementos, por otro lado Alvion y Zamorana, solo presentaron dos y cuatro días con incrementos, respectivamente. El día de mayor consumo de sodio fue el 150 ddt para todas las variedades, Jacona fue la que tuvo mayor contenido de este elemento.

El contenido de sodio en Alvion, incrementó los días 60 con 30.7 mg.pl^{-1} y 75 con 30.59 mg.pl^{-1} , bajó el día 90 con 16.87 mg.pl^{-1} , aumentó el 105 con 37.04 mg.pl^{-1} , para bajar el día 120 con 19.9 mg.pl^{-1} , en los últimos 135 y 150 días, subió el de contenido con 56.7 mg.pl^{-1} y 65 mg.pl^{-1} , respectivamente, este comportamiento se observa en la Figura 34a. Los mayores incrementos en consumo con respecto al muestreo anterior se presentaron en los días 105 ddt, con 20.17 mg.pl^{-1} y 135 ddt con 36.89 mg.pl^{-1} . El día con mayor consumo se presentó alrededor del día 150 ddt, con 65 mg.pl^{-1} .

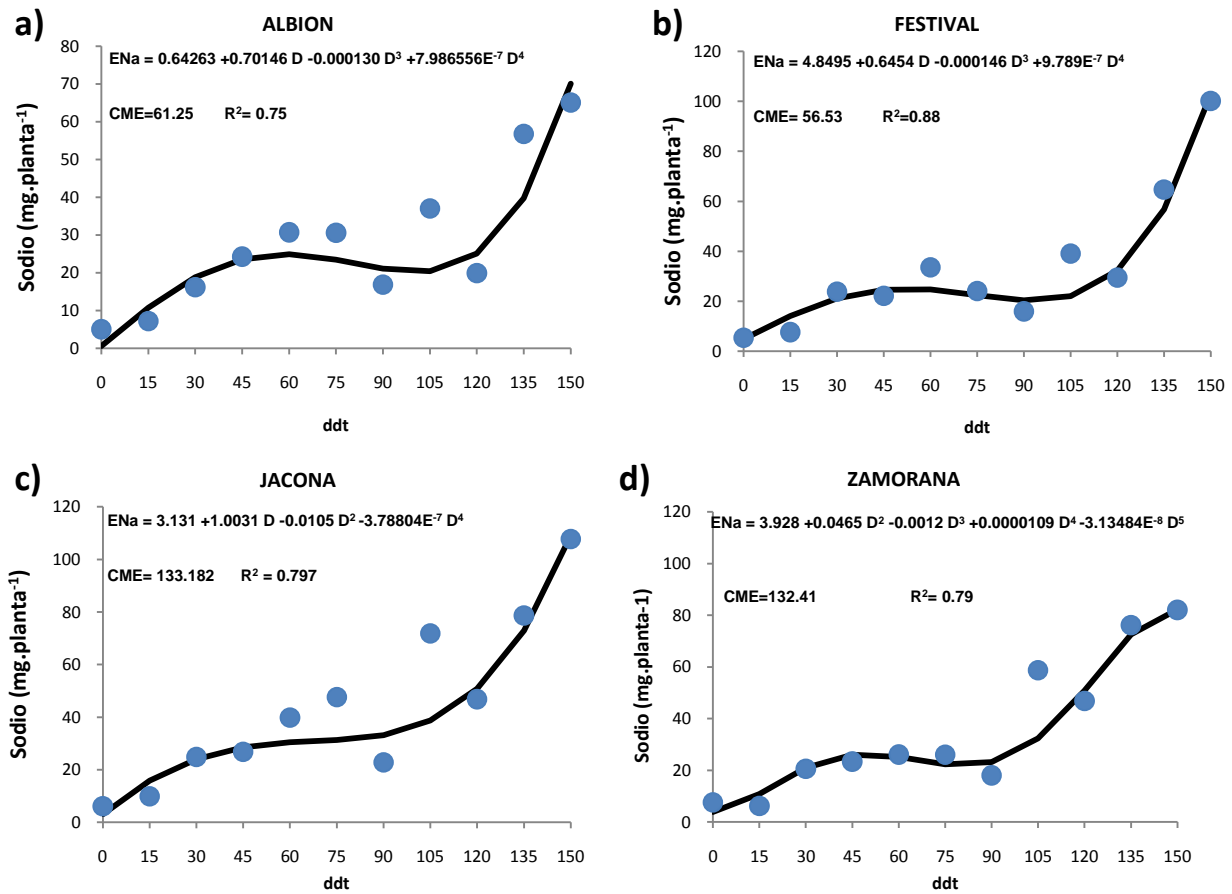
El contenido de sodio en Festival, presentó un incremento en el día 60 con 33.5 mg.pl^{-1} , bajó en el día 90 con 15.89 mg.pl^{-1} , incrementó el día 150 con 102.8 mg.pl^{-1} , este comportamiento se observa en la Figura 34b. Los mayores incrementos en contenido de sodio con respecto al muestreo anterior, se presentó en los días 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con los valores de 16.16 mg.pl^{-1} , 11.42 mg.pl^{-1} , 23.12 mg.pl^{-1} , 35.24 mg.pl^{-1} y 35.55 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor consumo se presentó alrededor del día 150 ddt con 100.2 mg.pl^{-1} .

El contenido de sodio en Jacona fue se incrementó en el día 75 con 47.6 mg.pl^{-1} , bajó en el día 90 con 22.7 mg.pl^{-1} , se incremento en los siguientes días hasta el 150 con $109.08 \text{ mg.pl}^{-1}$, este comportamiento puede observarse en la Figura 34c. Con respecto al muestreo anterior los días con mayor incremento de consumo fueron el 30 ddt, 60 ddt, 105 ddt, 135 ddt y 150 ddt, con 14.99 mg.pl^{-1} , 13 mg.pl^{-1} , 49 mg.pl^{-1} , 31.8 mg.pl^{-1} , 29.14 mg.pl^{-1} , respectivamente. El día con mayor consumo fue el 150 ddt con $107.79 \text{ mg.pl}^{-1}$.

El contenido de sodio en Zamorana incrementó el consumo de sodio el día 60 con 25.1 mg.pl⁻¹, bajó el 90 con 18.07 mg.pl⁻¹ y se incrementó en el día 150 con 82.27 mg.pl⁻¹, lo anterior se puede observar en la Figura 34d. Los días de mayor incremento en consumo con respecto al muestreo anterior fueron el 30 ddt, 105 ddt, 135 ddt, y 165 ddt, con los valores de 14.36 mg.pl⁻¹, 40.67 mg.pl⁻¹, 29.39 mg.pl⁻¹ y 30 mg.pl⁻¹. El día con mayor consumo fue el 150 ddt, con el valor de 82.05 mg.pl⁻¹.

Kuetgen (2009), mencionó que al analizar plantas tratadas con un par de dosis de cloruro de sodio, una baja, otra alta y el control, encontró que el contenido total de sodio en la dosis baja fue de 199.2 mg.pl⁻¹, en el cultivar Korona y de 185.4 mg.pl⁻¹ en el cultivar Elsanta; mientras que la dosis alta presentó 221.5 mg.pl⁻¹ en Korona, y 174.7 mg.pl⁻¹ en el cultivar Elsanta, tuvieron una disminución de materia seca en la dosis alta; Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente trabajo se notó que ninguna variedad pasó de 100 mg.pl⁻¹, por tanto se descarta alguna reducción de materia seca por efecto de este elemento.

Figura 34. Consumo de sodio, durante el ciclo de crecimiento, de cuatro variedades de fresa



ddt = días después del trasplante.

6.5.12 Consumo de nutrientes al final del ciclo de cultivo

Considerando el contenido nutrimental de parte aérea más corona y una densidad de 50 000 pl.ha⁻¹, se calcularon las extracciones nutrimentales alcanzadas al final del ciclo de cultivo (día 150 ddt) de cada variedad. El consumo de N fue de 29 kg.ha⁻¹, 38 kg.ha⁻¹, 29 kg.ha⁻¹, y 31 kg.ha⁻¹ para las variedades Albión, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente, los cuales resultaron bajos en relación a los obtenidos por Tagliavini *et al.* (2005), de 78 kg.ha⁻¹ y 91 kg.ha⁻¹ en las variedades de fresa Ideas y Marmolada, respectivamente, en condiciones de campo abierto, y a los obtenidos por Molina *et al.* (1993), de 57 kg.ha⁻¹, en la variedad Chandler. El consumo de P fue de 17 kg.ha⁻¹, 17 kg.ha⁻¹, 11 kg.ha⁻¹ y 15 kg.ha⁻¹ para Albión, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente, concuerda con lo encontrado por Tagliavini *et al.* (2005) de 12 kg.ha⁻¹ y 17 kg.ha⁻¹, en las variedades Ideas y Marmolada, respectivamente; sin embargo Molina *et al.* (1993), reportó un consumo de 8 kg.ha⁻¹ en la variedad Chandler. El consumo de K fue de 80 kg.ha⁻¹ y 65 kg.ha⁻¹, en Festival y Albión respectivamente, mayores al encontrado por Molina *et al.* (1993), de 55 kg.ha⁻¹, en la variedad Chandler; además de 84 kg.ha⁻¹ y 92 kg.ha⁻¹, para Jacona y Zamorana respectivamente, menores a los reportados por Tagliavini *et al.* (2005), quien encontró un consumo de 92 kg.ha⁻¹ y 125 kg.ha⁻¹, en las variedades Ideas y Marmolada respectivamente. El consumo de Ca fue de 20 kg.ha⁻¹, 34 kg.ha⁻¹, 18.4 kg.ha⁻¹ y 21 kg.ha⁻¹, para Albion, Festival, Jacona y Zamorana respectivamente, valores menores a los reportados por Tagliavini *et al.* (2005), de 58 kg.ha⁻¹ y 91 kg.ha⁻¹ en las variedades Ideas y Marmolada respectivamente, a la vez que resultaron menores a los encontrados por Molina *et al.* (1993), de 55 kg.ha⁻¹ en la variedad Chandler. El contenido de Mg fue de 11 kg.ha⁻¹, 14 kg.ha⁻¹, 11 kg.ha⁻¹ y 11 kg.ha⁻¹ para Albión, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente, lo que difiere de lo encontrado por Tagliavini *et al.* (2005), de 19 kg.ha⁻¹ y 23 kg.ha⁻¹ en las variedades Ideas y Marmolada, respectivamente, sin embargo coinciden con lo reportado por Molina *et al.* (1993) de 11 kg.ha⁻¹ en la variedad Chandler. El contenido de S fue de 4 kg.ha⁻¹, 7 kg.ha⁻¹, 5 kg.ha⁻¹ y 5 kg.ha⁻¹, en las

variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente. El contenido de Fe fue de 577 g.ha⁻¹, 1000 g.ha⁻¹, 960 g.ha⁻¹, 916 g.ha⁻¹, en Albi3n, Festival, Jacona y Zamorana respectivamente, niveles bajos en comparaci3n lo reportado por Molina *et al.* (1993) de 4400 g.ha⁻¹.

El contenido de Mn fue de 90 g.ha⁻¹ y 155 g.ha⁻¹, en las variedades Albion y Festival respectivamente, de 84 g.ha⁻¹ y 81 g.ha⁻¹ en Jacona y Zamorana respectivamente. El Zn present3 un contenido de 69 g.ha⁻¹, 113 g.ha⁻¹, 72 g.ha⁻¹, 96 g.ha⁻¹ en Albi3n, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente. El B present3 un contenido de 998 g.ha⁻¹, 1.2 kg.ha⁻¹, 876 kg.ha⁻¹, 975 g.ha⁻¹ en Albi3n, Festival, Jacona y Zamorana respectivamente. El contenido de Na fue de 4 kg.ha⁻¹, 5.2 kg.ha⁻¹, 6 kg.ha⁻¹ y 4 kg.ha⁻¹, en Albi3n, Festival, Jacona y Zamorana, respectivamente.

Es de importancia mencionar que los valores de consumo nutrimental por hect3rea, mencionados en este apartado indican el contenido total de los elementos en parte a3rea m3s corona, sin embargo en la fertilizaci3n es necesario considerar la eficiencia de absorci3n del nutrimento para obtener el consumo real en cada sistema de producci3n.

6.5.13 Consumo de nutrimentos en cada etapa fenol3gica

A partir de los datos de consumo nutrimental en planta completa mas corona y considerando la diferencia en incremento de cada nutriente por etapa fenol3gica, se calcul3 el consumo de nutrientes por hect3rea, considerando una densidad de poblaci3n de 50 000 pl.ha⁻¹ con un rendimiento de 50 t.ha⁻¹, los datos se presentan en el Cuadro 6, tambi3n se presenta el consumo total, resultado de la suma del contenido de nutriente en cada etapa fenol3gica del cultivo.

El mayor consumo de macroelementos se present3 en las etapas vegetativa, maduraci3n de fruto y colecta de fruto, estas se caracterizan por su intensa divisi3n celular, en la primera se genera hojas, brotes de corona y se diferencian los brotes

florales; en las dos siguientes se incrementa el tamaño de fruto, al mismo tiempo que se desarrollan nuevas flores; el consumo de microelementos es mayor en la etapa vegetativa y de colecta de fruto. El contenido total varía en algunos nutrimentos las cuatro variedades en el Cuadro 6, se pueden observar las diferencias por nutrimentos entre variedades.

Cuadro 6. Consumo de nutrimentos en planta completa por etapa fenológica en fresa para las variedades Albion, Festival, Jacona y Zamorana considerando una densidad de 50 000 pl.ha⁻¹ y un rendimiento de 50 t.ha⁻¹.

ddt	Etapa fenologica	-----Kg.ha ⁻¹ -----										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Zn	B
Albion												
0	trasplante	6	1	9	3	2	1	0.2	0.36	0.03	0.01	0.12
0- 60	vegetativa	52	16	102	34	17	8	6.1	0.38	0.15	0.17	0.77
60-90	floración	4	2	14	4	1	1	0.4	0.05	0.004	0.01	0.09
90-120	Cuaje-maduración	14	17	26	8	2	4	0.4	0.27	0.01	0.05	0.64
120-165	colecta de fruto	76	52	275	60	37	13	11.2	1.92	0.26	0.13	3.38
	total	151	88	427	110	59	27	18	3	0.5	0.4	5
Festival												
0	trasplante	6	1	13	4	3	2	1	0.40	0.03	0.02	0.13
0- 60	vegetativa	49	16	102	36	15	7	5	0.50	0.17	0.17	0.63
60-90	floración	10	3	24	1	1	0	1	0.25	0.05	0.01	0.19
90-120	Cuaje-maduración	32	24	14	21	11	7	2	0.59	0.08	0.09	1.89
120-165	colecta de fruto	91	43	218	110	42	21	18	3.79	0.54	0.28	3.37
	total	188	87	371	171	72	36	27	6	1	1	6
Jacona												
0	trasplante	5	2	10	4	7	1	1	0.70	0.03	0.02	0.14
0- 60	vegetativa	49	13	103	37	9	7	7	0.24	0.13	0.15	0.54
60-90	floración	17	12	6	2	6	3	1	0.25	0.04	0.02	0.78
90-120	Cuaje-maduración	53	19	65	28	11	8	4	0.49	0.06	0.11	1.42
120-165	colecta de fruto	20	12	236	24	24	4	15	3.11	0.17	0.06	1.51
	total	145	56	419	96	56	23	27	5	0.4	0.4	4
Zamorana												
0	trasplante	9	2	11	5	3	1	1.0	1.28	0.06	0.02	0.15
0- 60	vegetativa	41	15	76	31	13	6	5.5	0.48	0.10	0.20	0.52
60-90	floración	19	3	8	3	2	2	0.7	0.15	0.01	0.04	0.27
90-120	Cuaje-maduración	58	24	102	26	15	10	6.9	1.03	0.10	0.17	1.76
120-165	colecta de fruto	27	34	262	48	26	6	7.9	2.90	0.15	0.13	2.17
	total	154	77	458	113	58	25	22	6	0.4	1	5

ddt = días después del trasplante.

VII. CONCLUSIONES

7.1 Acumulación de materia seca en biomasa aérea mas corona

- Albion y Festival presentaron un comportamiento similar en la curva de acumulación de materia seca, alcanzaron el valor máximo alrededor del día 150 ddt, por otra parte, Jacona y Zamorana, tuvieron comportamiento similar entre sí, alcanzando su máximo valor alrededor del día 135 ddt.
- Festival tuvo el mayor valor en acumulación de materia seca, después Zamorana, Jacona y Alvión.
- Jacona y Zamorana, acumularon mayor cantidad de materia seca en menor tiempo, lo anterior indica precocidad en su desarrollo; Albion y Festival retrasaron su máxima acumulación de materia seca, 15 días ddt, en comparación con las otras variedades.

7.2 Concentración nutrimental en planta y órganos

- La concentración nutrimental considerando todas las variedades presentó incrementos en los días 15, 60, 75, 105 y 150, después del trasplante.
- Los decrementos en la concentración nutrimental se presentaron en los días 30, 45, 90, 120, 165, después del trasplante, considerando todas las variedades.
- Cada nutrimento presentó un órgano con mayor contenido del mismo, no hubo diferencias entre variedades.

7.3 Consumo nutrimental en fresa.

- El contenido nutrimental presentó de manera general incrementos en los días 60, 90 y 150 con el valor más alto, esto para las variedades Albion y Festival, en todos los nutrimentos evaluados.
- Jacona y Zamorana, tuvieron incrementos marcados en contenido de nutrientes a partir del día 60, 75, 135 y 150, siendo estos dos últimos los días donde se alcanzó el valor máximo en contenido de nutrimentos.
- Los puntos donde el contenido nutrimental bajó se presentaron en el día 90, en todas las variedades, posterior a este día se observa un incremento progresivo hasta llegar al día con mayor contenido; otro decremento en contenido de nutrimentos sucedió el día 120, sin embargo esto fue válido solo para el Mg, Fe, B, Zn, Mn y Na, en las variedades Albion, Festival y Jacona.

7.4 Concentración, en planta, órganos y consumo nutrimental en cada elemento evaluado

- Nitrógeno
 - i. Albion y Jacona, presentaron un comportamiento similar en cuanto a concentración de este elemento, difirieron de Festival y Zamorana mismas que tuvieron una tendencia parecida entre si.
 - ii. Albion tuvo un rango de concentración de nitrógeno de 1.4 % a 2.1 %, Festival de 1.2% a 1.9 %, Jacona de 1.4 % a 1.8 % y Zamorana de 1.4 % a 1.9 %; Albion y Zamorana tuvieron el rango de concentración más alto.

- iii. El órgano con mayor contenido de nitrógeno fue la flor en todas las variedades evaluadas.
- iv. El contenido nutrimental total en Albion fue de 0.57 g.pl^{-1} ; en Festival de 0.72 g.pl^{-1} ; Jacona de 0.59 g.pl^{-1} y Zamorana de 0.66 g.pl^{-1} .

- Fósforo

- i. La tendencia en la concentración de fósforo fue similar en las cuatro variedades evaluadas, se manifestó de manera creciente durante el desarrollo de la planta.
- ii. El rango que presentó la variedad Albion fue de 0.4 % a 1.1%, Festival de 0.3 % a 0.8 %, Jacona de 0.4 % a 0.7 % y Zamorana de 0.4 % a 0.8 %.
- iii. El órgano con mayor contenido de fósforo fue la hoja en Albion, Zamorana y Festival, en Jacona fue el fruto.
- iv. El contenido nutrimental total de fósforo en Albion fue de 0.33 g.pl^{-1} , en Festival de 0.34 g.pl^{-1} , en Jacona de 0.22 g.pl^{-1} y Zamorana de 0.30 g.pl^{-1} .

- Potasio

- i. La tendencia en la concentración de potasio fue similar en las variedades Albion, Jacona y Zamorana; Festival presentó un

comportamiento distinto sobre todo en las etapas finales del desarrollo de la planta.

- ii. Albion tuvo un rango en concentración de potasio de 2.7 % a 5.1 %, Festival de 2.4 % a 3.5 %, Jacona de 2.7 % a 4.4 % y Zamorana de 2.4 % a 5.0 %.
- iii. El órgano con mayor contenido de potasio fue el fruto en Albion y Festival, en Jacona y Zamorana fue la hoja.
- iv. El contenido total de potasio en Albion fue de 1.60 g.pl^{-1} , Festival de 1.30 g.pl^{-1} , Jacona de 1.63 g.pl^{-1} y Zamorana de 1.82 g.pl^{-1} .

- Calcio

- i. La tendencia en la concentración de calcio fue diferente en cada variedad evaluada.
- ii. La concentración de este nutrimento en Albión vario de 0.8 % a 1.5 %, en Festival de 0.9 % a 1.8 %, Jacona de 0.8 % a 1.4 % y Zamorana de 0.8 % a 1.5 %. La concentración más alta se presento en la variedad Festival.
- iii. El órgano con mayor contenido de calcio en Albion y Festival fueron las hojas, en Jacona y Zamorana fue la corona.
- iv. El contenido de calcio total en Albion fue de 0.41 g.pl^{-1} , Festival de 0.68 g.pl^{-1} , Jacona de 0.41 g.pl^{-1} y Zamorana de 0.41 g.pl^{-1} .

- Magnesio
 - i. En este nutrimento Albion y Jacona tuvieron tendencias similares en cuanto a concentración; Festival y Zamorana presentaron un comportamiento similar también.
 - ii. El intervalo de concentración para Albion fue de 0.4 % a 0.8 %, Festival de 0.4 % a 1.2 %, Jacona de 0.4 % a 0.7 % y Zamorana de 0.4 % a 0.8 %.
 - iii. El órgano con mayor concentración de magnesio fue la raíz en las variedades Albion, Festival y Zamorana, en Jacona fue la corona.
 - iv. El contenido total en Albion fue de 0.22 g.pl^{-1} , Festival de 0.28 g.pl^{-1} , Jacona de 0.22 g.pl^{-1} y Zamorana de 0.21 g.pl^{-1} .

- Azufre
 - i. La tendencia en concentración de azufre fue similar en las cuatro variedades evaluadas.
 - ii. El intervalo de concentración en Albion fue de 0.2 % a 0.4 %, Festival de 0.2 % a 0.5 %, Jacona de 0.2 % a 0.3 % y Zamorana de 0.2 % a 0.4 %.
 - iii. El órgano con mayor contenido fue la raíz en todas las variedades.
 - iv. El contenido total en Albion fue de 0.10 g.pl^{-1} , Festival de 0.15 g.pl^{-1} , Jacona de 0.12 g.pl^{-1} , y Zamorana de 0.12 g.pl^{-1} .

- Hierro

- i. La tendencia para este nutrimento en todas las variedades fue similar; iniciando con una concentración elevada y estabilizándose con el desarrollo de la planta.
- ii. El intervalo de concentración en Albion fue de 164 mg.pl⁻¹ a 1122 mg.pl⁻¹, Festival de 141 mg.pl⁻¹ a 1120 mg.pl⁻¹, Jacona de 162 mg.pl⁻¹ a 1834 mg.pl⁻¹, Zamorana de 177 mg.pl⁻¹ a 2868 mg.pl⁻¹.
- iii. El órgano con mayor contenido es la raíz en todas las variedades evaluadas, seguida de la corona.
- iv. El contenido total de hierro en Albion fue de 11.70 g.pl⁻¹, Festival de 20 g.pl⁻¹, Jacona de 19.2 g.pl⁻¹ y Zamorana de 17.50 g.pl⁻¹.

- Boro

- i. Todas las variedades presentaron una tendencia similar en la concentración, incrementándose conforme avanza el ciclo del cultivo.
- ii. Albion presentó un intervalo de 176 mg.pl⁻¹ a 639 mg.pl⁻¹, Festival de 148 mg.pl⁻¹ a 605 mg.pl⁻¹, Jacona de 126 mg.pl⁻¹ a 500 mg.pl⁻¹, Zamorana de 172 mg.pl⁻¹ a 511 mg.pl⁻¹.
- iii. Las hojas fueron el órgano con mayor contenido de boro en todas las variedades evaluadas.

iv. El contenido total en Albion fue de 19.74 g.pl⁻¹, Festival de 23.63 g.pl⁻¹, Jacona de 20.40 g.pl⁻¹ y Zamorana de 19.03 g.pl⁻¹.

- Zinc

i. La tendencia en todas las variedades es bajar la concentración, al avanzar el desarrollo de la planta.

ii. El rango de la variedad Albion es de 33 mg.pl⁻¹ a 66 mg.pl⁻¹, Festival de 32 mg.pl⁻¹ a 76 mg.pl⁻¹, Jacona de 28 mg.pl⁻¹ a 52 mg.pl⁻¹, Zamorana de 37 mg.pl⁻¹ a 82 mg.pl⁻¹.

iii. El órgano con mayor contenido fue la corona en Albion, Festival y Jacona, en Zamorana fue la raíz.

iv. El contenido total de Zinc en Albion fue de 1.36 g.pl⁻¹, Festival de 2.27 g.pl⁻¹, Jacona de 1.35 g.pl⁻¹ y Zamorana de 2.0 g.pl⁻¹.

- Manganeso

i. La concentración bajó conforme avanzó el desarrollo de la planta.

ii. El intervalo de concentración para Albion fue de 37 mg.pl⁻¹ a 90 mg.pl⁻¹, Festival de 32 mg.pl⁻¹ a 117 mg.pl⁻¹, Jacona de 26 mg.pl⁻¹ a 83 mg.pl⁻¹ y Zamorana de 27 mg.pl⁻¹ a 124 mg.pl⁻¹.

iii. El órgano con mayor contenido de manganeso fue la raíz en todas las variedades evaluadas.

iv. El contenido total de manganeso en Albion fue de 1.70 g.pl^{-1} , en Festival de 3.0 g.pl^{-1} , Jacona de 1.85 g.pl^{-1} y Zamorana de 1.97 g.pl^{-1} .

- Sodio

i. La concentración de este elemento presentó incrementos y decrementos en los mismos días en las cuatro variedades.

ii. El intervalo en concentración para Albion fue de 0.14% a 0.39%, Festival de 0.12% a 0.38%, Jacona de 0.14% a 0.41% y Zamorana de 0.14% a 0.42%.

iii. La corona fue el órgano con mayor contenido en todas las variedades evaluadas.

iv. El contenido total en Albion fue de 65.05 mg.pl^{-1} , Festival de $100.21 \text{ mg.pl}^{-1}$, Jacona de 109.1 mg.pl^{-1} y Zamorana de 82.05 mg.pl^{-1} .

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alcántar, G.G. y M. Sandoval 1999. Publicación especial (10)- Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Alcántar G, G.; L. Trejo. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi prensa – Colegio de Postgraduados. México, D.F.
- Barreiro, M. 1998. Las exportaciones de fresa. Claridades Agropecuarias. 55: 3-14.
- Benton, J. F., B. Wolf., H. Mills.1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991.
- Boucher, F., C. Salas. 2007. La cadena productiva de la fresa en México: el acceso de los productores al mercado. Rimisp-InterCambios 77 (7): 4-40.
- Cárdenas-Navarro, R., P.L López., P. Lobit., C.R. Ruiz., M.V. Castellanos. 2006. Effects of nitrogen source on growth and development of strawberry Plants *Journal of Plant Nutrition*, 29: 1699–1707.
- Cadahía L.,C. 2005. Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Cheng, B.T.1994. Ameliorating *Fragaria* ssp. and *Rubus idaeus* L. productivity through boron and molybden addition. *Agrochemica* 38 (3): 177-185
- Chow, K., T.V. Price., B.C. Hanger. 1992. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems. *Scientia Horticulturae* 52: 95-104.
- Enz M.; Ch. Dachler. 1998. Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas, escala BBCH extendida. Publicación en común por BBA, BSA, IGZ, IVA, AgrEvo, BASF, Bayer, Novartis, Barcelona, España.
- Gonzales M., A. Acuña. 2009. A Strawberry Crop Can Achieve Standard Yields without Fertilization in the Establishment. Strawberry Symposium, Acta Hort. 842.
- Guerena M., A, Guy., H. Born 2003. Fresas Orgánicas y Opciones para el Manejo Integrado de Plagas. Departamento de Agricultura, Centro Nacional de Tecnología Apropriada (NCAT). ATTRA, California, Estados Unidos.
- Hancock, J.F. 1999. Strawberries. CABI Publishing. New York, EUA.
- Hart, J., T. Righetti., A. Sheets., L.W. Martin. 2000. Strawberries. Fertilizer Guide Oregon State University. Department of Agriculture and Oregon Counties, extension Service. Oregon, United States.
- Jaime J. Martínez-Téllez., M. Héctor., L. Gallegos. 2004. Producción de fresa en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Torreón, Coah., México.

- Jeong S.K., J.M. Choi., K.H. Cha., H.J. Chung., J.S. Choi., K.S. Seo. 2001. Deficiency symptoms, growth statistics and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry affected by controlled calcium concentrations in fertilizer solution. Korean: Soc. Hort. Sci, 42 (3): 284-288.
- Kaya C. H., D. Kirnak., D. Higgs., K. Saltali. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae, 93: 65-74.
- Kuetgen, A., E. Pawelzik. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environmental and Experimental Botany 65: 170–176.
- Lamarre M., M.J. Lareau. 1997. Influence of nitrogen, potassium and magnesium fertilization on day-neutral strawberries in Quebec. Acta Hort 439: 701-704.
- Lieten F. 1997. Zinc nutrition of strawberries grown on rockwool. Acta Hort 450:215-220.
- Lieten F. 2000. The effect of nutrient prior to and during flower differentiation on phyllody and plant performance of short day strawberry Elsanta. Acta Hort 567: 345-348.
- Lieten F. 2000. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. Acta Hort 567: 451-454.
- Lieten F. 2000. Iron nutrition of strawberries grown in peat bags. Small Fruits Review 1 (2): 103-112.
- Lundy, M. 2007. Análisis del sistema producto fresa en el Valle de Zamora, Michoacán, México. InterCambios: 7: 54-72.
- Macarthur E. L. Ullio. 2004. Strawberry fertiliser guide. NSW Agriculture, Agfact. second edition. www.agric.nsw.gov.au (consulta: Mayo 2010)
- Mahler and Barney. 2000. Blueberries, Raspberries, and Strawberries. Northern Idaho Fertilizer Guide. Cooperative Extension System. Agricultural Experiment Station; University of Idaho, Moscow, Idaho.
- Martinson, M., A. Kwast., G. Cieslinski., W. Treder. 2006. IMPACT OF PRODUCTION SYSTEMS AND FERTILIZER APPLICATION ON YIELD AND QUALITY OF STRAWBERRIES. Acta Hort. (ISHS) 708:59-64
- Molina, E., R. Salas, A. Castro. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. Agronomía Costarricense 17: 67-73.
- Monroy J., J.A. Vera Nuñez., M.A. Carrera., O.A. Grageda Cabrera., J.J. Peña Cabriales. 2001. Absorción de Nitrógeno (15n) y productividad del agua por el cultivo de fresa (*fragaria x ananasa*) en "El Bajío", México. Terra 20: 65-69.
- Muramoto J., S.R. Gliessman., C. Shennan. 2005. Maintaining agroecosystem health in an organic strawberry / vegetable rotation system. Final Report. Organic Farming Research Foundation Project Report. University of California Santa Cruz.CA. disponible en: http://ofrf.org/funded/reports/muramoto_03f12.pdf (consulta: Mayo 2010)

Nestby R., F. Lieten., D. Pivot., C.R. Lacroix.,M. Tagliavini. 2005. Influence of Mineral Nutrients on Strawberry Fruit Quality and their Accumulation in Plant Organs. A Review. *Acta Hort.* 649:201-206.

Pivot D., J.M. Gillioz. 2001. Mineral imbalance in strawberries grown in a soilless closed system: influence of climate. *Arboric Hortic.*, 33 (4):217-221.

Raviv M., J. H. Lieth. 2007. Soilless Culture, theory and Practice. Hardbound publication. Elsevier B.V. All rights reserved.

Raynal-Lacroix L.C., V. Carmentos. 1992. The nutrition on perpetual fruiting strawberry plants. *Infos Paris* 78 (2):31-36.

Raynal C., M. Carmentran. 2001. Fertilization of strawberry crops-Yield and fruit quality. *Infos-CTIFL* 170:41-44.

SIAP. 2009. Cierre de producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/> (Consultada: marzo 1, 2011).

Tabatabaei S. J., L.S. Fatemi., E. Fallahi. 2006. Effect of Ammonium: Nitrate Ratio on Yield, Calcium Concentration, and Photosynthesis Rate in Strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1273–1285.

Tagliavini, M., D. Scudellari, B. Marangoni, M. Toselli. 1996. Nitrogen fertilization in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. *Fertil. Res.* 43, 93–102.

Tagliavini, M., E. Baldi, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi, W. Faedi. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *Europ. J. Agronomy.* 23: 15-25

Ulrich A., M.A.E. Mostafa., W.W. Allen. 1980. Strawberry deficiency symptoms:a visual and plant analysis guide to fertilization. *Agric. Exp. Univ. California.Bull.*, p. 30-31.

Vega D.R. 2007. Historia de la Introducción del cultivo de la fresa al valle de Zamora, Michoacán (1938 – 2006). Segunda edición. Fundación Produce Michoacán. Michoacán, México.

Yoon H.S., Y.H. Hwang., C.G. An., J.S. Shim., H.J. Hwang., H.Y. Shin. 2009. Effect of NH₄⁺ to NO₃⁻ Ratio on Growth, Yield and Albinism Disorder of Strawberry. *Acta Hort.* 842:987-990.

IX. ANEXO

Cuadro 1 . Concentración de nutrimentos para las variedades de fresa Albion, Festival, Jacona y Zamorana, en el tiempo.

DDT	Nutrimentos										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Zn	B
	-----%-----						----- mg kg ¹ -----				
Albion											
0	1.67	0.37	2.78	0.96	0.7	0.41	0.39	1123	83	36	354
15	2.09	0.78	3.19	1.45	0.71	0.34	0.35	860	91	62	343
30	1.63	0.47	3.38	1.00	0.59	0.3	0.18	175	46	53	176
45	1.72	0.45	3.06	1.19	0.65	0.29	0.19	316	56	52	221
60	1.88	0.58	3.68	1.24	0.53	0.22	0.25	249	45	42	273
75	2.02	0.67	3.54	1.24	0.82	0.26	0.24	261	80	62	513
90	1.92	0.62	3.12	0.96	0.55	0.32	0.19	164	56	67	333
105	1.67	0.66	3.61	1.47	0.8	0.19	0.22	291	73	55	449
120	1.78	0.72	2.9	1.02	0.42	0.29	0.14	220	38	55	383
135	1.38	0.94	3.57	0.96	0.58	0.27	0.19	310	53	43	413
150	1.85	1.06	5.08	1.32	0.7	0.31	0.21	345	55	44	640
165	1.58	0.69	3.19	0.79	0.56	0.28	0.22	467	57	33	540
Festival											
0	1.6	0.48	2.43	1.11	0.72	0.45	0.38	1120	92	51	360
15	1.26	0.79	3.47	1.80	1.18	0.29	0.24	755	117	76	466
30	1.18	0.29	2.84	0.92	0.45	0.25	0.16	201	54	40	149
45	1.6	0.51	3.23	1.20	0.53	0.29	0.17	236	56	66	187
60	1.74	0.52	3.19	1.24	0.63	0.15	0.22	314	62	33	343
75	1.81	0.57	3.26	1.15	0.45	0.21	0.19	196	50	40	294
90	1.74	0.62	2.6	1.07	0.51	0.31	0.14	141	38	65	325
105	1.53	0.79	2.99	0.92	0.59	0.19	0.17	216	51	47	350
120	1.55	0.7	2.58	1.04	0.44	0.28	0.12	193	33	49	366
135	1.66	0.75	3.08	0.93	0.48	0.24	0.17	295	60	44	606
150	1.62	0.78	2.89	1.54	0.63	0.33	0.23	452	67	50	535
165	1.43					0.33					
Jacona											
0	1.36	0.47	2.57	1.09	0.61	0.25	0.4	1835	84	43	364
15	1.81	0.69	3.19	1.12	0.68	0.32	0.41	837	66	52	446
30	1.4	0.4	2.95	0.97	0.48	0.25	0.22	196	32	41	172
45	1.35	0.45	2.91	0.83	0.37	0.27	0.21	196	49	51	127
60	1.7	0.61	3.26	1.36	0.60	0.17	0.27	342	55	51	383
75	1.6	0.59	3.26	1.24	0.56	0.2	0.28	329	43	35	365
90	1.65	0.49	2.64	0.78	0.38	0.27	0.14	162	44	42	270
105	1.71	0.64	3.26	1.26	0.68	0.22	0.27	476	51	43	475
120	1.56	0.58	2.65	0.76	0.36	0.25	0.15	185	27	39	315
135	1.43	0.54	3.75	1.01	0.53	0.21	0.19	278	45	29	500
150	1.44	0.59	4.86	1.06	0.64	0.29	0.32	572	45	40	472
165	1.57	0.56	3.06	1.02	0.41	0.33	0.24	432	39	29	368
Zamorana											
0	1.95	0.39	2.36	1.01	0.59	0.29	0.42	2868	124	48	342
15	1.53	0.57	3.12	1.40	0.75	0.21	0.35	1251	80	69	390
30	1.44	0.43	2.62	1.01	0.55	0.27	0.18	244	49	63	172
45	1.45	0.52	3.03	1.04	0.5	0.3	0.22	227	48	83	190
60	1.64	0.52	3.26	1.32	0.48	0.15	0.22	347	61	38	336
75	1.71	0.58	3.26	1.49	0.47	0.21	0.19	267	55	46	334
90	1.8	0.64	2.73	0.92	0.42	0.34	0.14	177	42	59	287
105	1.91	0.71	3.12	1.10	0.49	0.21	0.35	262	69	50	349
120	1.7	0.55	2.69	0.76	0.37	0.27	0.16	183	27	48	341
135	1.61	0.73	3.13	0.98	0.48	0.25	0.19	377	48	47	464
150	1.54	0.81	5.01	1.14	0.58	0.27	0.23	482	40	52	512
165	1.53	0.7	3.19	1.17	0.57	0.36	0.35	471	47	41	397

DDT = días después del trasplante.

Cuadro 2. Contenido nutrimental de parte aérea mas corona y ecuación de regresión en función del tiempo de las variedades de fresa Albión, Festival, Jacona y Zamorana

Nutrimento	Días después del trasplante													Ecuación de regresión	† CME	§ R ²
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165				
-----Albion-----																
N	gr.pl ⁻¹	0.02	0.04	0.14	0.22	0.23	0.25	0.17	0.28	0.26	0.41	0.57	0.40	N = 0.0016 + 0.00034 D ² - 0.00000758 D ³ + 5.79E ⁻⁸ D ⁴ - 1.42E ⁻¹⁰ D ⁵	0.00162	0.90
P	gr.pl ⁻¹	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.05	0.11	0.11	0.28	0.33	0.17	P = -0.00427+0.000122 D ² -0.00000289 D ³ +2.31E ⁻⁸ D ⁴ -5.76E ⁻¹¹ D ⁵	0.00054	0.93
K	gr.pl ⁻¹	0.04	0.07	0.30	0.39	0.44	0.45	0.27	0.61	0.42	1.05	1.57	0.80	K = 0.00317 + 0.000680 D ² - 0.0000148 D ³ + 1.072E ⁻⁷ D ⁴ - 2.339E ⁻¹⁰ D ⁵	0.011	0.92
Ca	gr.pl ⁻¹	0.01	0.03	0.09	0.15	0.15	0.16	0.08	0.25	0.15	0.28	0.41	0.20	Ca = -0.00131 + 0.000235 D ² - 0.0000053 D ³ + 4.032E ⁻⁸ D ⁴ - 9.7901E ⁻¹¹ D ⁵	0.00172	0.81
Mg	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.05	0.08	0.06	0.10	0.05	0.14	0.06	0.17	0.22	0.14	Mg = -0.00276 + 0.00226 D - 4.194E ⁻³ D ² + 2.578E ⁻⁶ D ³	0.00074	0.74
S	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.10	0.07	S = 0.00221 + 0.0000622 D ² - 0.0000015 D ³ + 1.22E ⁻⁸ D ⁴ - 3.20E ⁻¹¹ D ⁵	0.00005	0.90
Na	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.06	0.07	0.06	Na = 0.64263 + 0.70146 D - 0.000130 D ² + 7.986556E ⁻⁷ D ³	61.25	0.75
Fe	mg. pl ⁻¹	1.46	1.76	1.55	4.08	3.00	3.29	1.44	4.94	3.22	9.16	10.65	11.68	Fe = 0.739 + 0.0719 D - 0.0000159 D ² + 1.061928E ⁻⁷ D ³	1.8	0.74
Mn	mg. pl ⁻¹	0.11	0.19	0.41	0.73	0.54	1.00	0.49	1.24	0.55	1.58	1.69	1.43	Mn = -0.00479 + 0.0195 D - 0.00000328 D ² + 1.966E ⁻⁸ D ³	0.0715	0.64
Zn	mg. pl ⁻¹	0.05	0.13	0.47	0.67	0.51	0.78	0.59	0.93	0.81	1.27	1.36	0.83	Zn = 0.03010 + 0.00108 D ² - 0.0000252 D ³ + 2.045669E ⁻⁷ D ⁴ - 5.4506E ⁻¹⁰ D ⁵	0.014	0.88
B	mg. pl ⁻¹	0.46	0.70	1.56	2.85	3.29	6.46	2.93	7.62	5.60	12.21	19.74	13.50	B = 0.0088 + 0.00339 D ² - 0.0000558 D ³ + 2.612E ⁻⁷ D ⁴	1.895	0.93
-----Festival-----																
N	gr.pl ⁻¹	0.02	0.04	0.18	0.20	0.27	0.22	0.20	0.35	0.37	0.62	0.72	0.48	N = 0.00586 + 0.00680 D - 0.000062 D ² + 2.22E ⁻⁹ D ³	0.0047	0.86
P	gr.pl ⁻¹	0.01	0.03	0.04	0.07	0.08	0.07	0.07	0.18	0.17	0.28	0.34		P = 0.0049 + 0.000107 D ² - 0.00000262 D ³ + 2.26E ⁻⁸ D ⁴ - 6.17E ⁻¹¹ D ⁵	0.00053	0.94
K	gr.pl ⁻¹	0.04	0.11	0.42	0.41	0.49	0.40	0.30	0.69	0.61	1.15	1.28		K = 0.0522 + 0.000829 D ² - 0.0000211M ³ + 1.812704E ⁻⁷ M ⁴ - 5.0004E ⁻¹⁰ M ⁵	0.0124	0.88
Ca	gr.pl ⁻¹	0.02	0.06	0.14	0.15	0.19	0.14	0.12	0.21	0.25	0.35	0.68		Ca = 0.01119 + 0.00563 D - 0.00005575 D ² + 1.41257E ⁻¹⁰ D ³	0.0016	0.93
Mg	gr.pl ⁻¹	0.01	0.04	0.07	0.07	0.10	0.06	0.06	0.14	0.10	0.18	0.28		Mg = 0.01005 + 0.0027 D - 0.0000324 D ² + 1.175E ⁻⁸ D ³	0.00037	0.89
S	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.15	0.11	S = 0.0044 + 0.0017 D - 0.0000301 D ² + 1.673E ⁻⁷ D ³	0.00008	0.92
Na	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.07	0.10		Na = 4.8495 + 0.6454 D - 0.000146 D ² + 9.789E ⁻⁷ D ³	56.53	0.88
Fe	mg. pl ⁻¹	1.59	2.36	2.98	3.00	4.82	2.43	1.61	4.97	4.57	11.02	19.96		Fe = 1.351 + 0.086 D - 0.0000264 D ² + 1.876E ⁻⁷ D ³	1.611	0.92
Mn	mg. pl ⁻¹	0.13	0.37	0.79	0.72	0.95	0.62	0.44	1.18	0.78	2.24	2.96		Mn = 0.10334 + 0.03526 D - 0.00004725 D ² + 1.648958E ⁻⁸ D ³	0.08	0.83
Zn	mg. pl ⁻¹	0.07	0.24	0.59	0.84	0.50	0.49	0.75	1.08	1.16	1.66	2.20		Zn = 0.0283 + 0.0322 D - 0.000492 D ² + 0.00000251 D ³	0.0561	0.79
B	mg. pl ⁻¹	0.51	1.46	2.21	2.37	5.27	3.64	3.71	8.05	8.67	22.62	23.63		B = 0.00528 + 0.00641 D ² - 0.000169 D ³ + 0.00000153 D ⁴ - 4.26514E ⁻⁹ D ⁵	3.38	0.93
-----Jacona-----																
N	gr.pl ⁻¹	0.02	0.04	0.16	0.17	0.25	0.27	0.27	0.46	0.49	0.58	0.48	0.59	N = 0.017 + 0.000312 D ² - 0.00000783 D ³ + 7.23E ⁻⁸ D ⁴ - 2.21E ⁻¹⁰ D ⁵	0.0029	0.92
P	gr.pl ⁻¹	0.01	0.02	0.05	0.06	0.09	0.10	0.08	0.17	0.18	0.22	0.20	0.21	P = 0.04150 + 1.87E ⁻⁸ D ⁴ - 1.004E ⁻¹¹ D ⁵	0.00106	0.82
K	gr.pl ⁻¹	0.04	0.08	0.33	0.38	0.49	0.56	0.43	0.88	0.84	1.53	1.63	1.15	K = 0.0137 + 0.000727D ² - 0.0000176D ³ + 1.498481E ⁻⁷ D ⁴ - 4.0922E ⁻¹⁰ D ⁵	0.01815	0.91
Ca	gr.pl ⁻¹	0.02	0.03	0.11	0.11	0.20	0.21	0.13	0.34	0.24	0.41	0.36	0.38	Ca = 0.00351 + 0.000244 D ² - 0.00000579 D ³ + 4.920E ⁻⁸ D ⁴ - 1.3788E ⁻¹⁰ D ⁵	0.00354	0.77
Mg	gr.pl ⁻¹	0.01	0.02	0.05	0.05	0.09	0.10	0.06	0.18	0.11	0.22	0.22	0.16	Mg = 0.02704 + 0.000553 D + 1.520E ⁻¹² D ²	0.00099	0.74
S	gr.pl ⁻¹	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	S = 0.000733 + 0.0011 D - 4.201E ⁻⁷ D ² + 5.50E ⁻⁹ D ³ - 1.89E ⁻¹¹ D ⁴	0.00011	0.89
Na	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.07	0.05	0.08	0.11	0.09	Na = 3.131 + 1.0031 D - 0.0105 D ² - 3.78804E ⁻⁷ D ³	133.182	0.75
Fe	mg. pl ⁻¹	2.81	2.01	2.20	2.52	5.11	5.62	2.66	12.81	5.84	11.33	19.20	16.20	Fe = 1.98 + 0.000027 D ³ - 4.359E ⁻⁷ D ⁴ + 1.903E ⁻⁹ D ⁵		
Mn	mg. pl ⁻¹	0.13	0.16	0.36	0.63	0.82	0.73	0.73	1.37	0.85	1.85	1.53	1.48	Mn = 0.03542 + 0.0153 D - 0.0000916 D ² + 1.84821E ⁻¹¹ D ³	0.0511	0.75
Zn	mg. pl ⁻¹	0.07	0.13	0.46	0.66	0.76	0.60	0.69	1.16	1.24	1.18	1.35	1.11	Zn = 0.0496 + 0.000988 D ² - 0.000024 D ³ + 2.111456E ⁻⁷ D ⁴ - 6.1726E ⁻¹⁰ D ⁵	0.07589	0.68
B	mg. pl ⁻¹	0.56	1.07	1.93	1.63	5.72	6.23	4.43	12.78	9.97	20.39	15.83	13.83	B = 1.6708 + 1.115329E ⁻⁷ D ⁵ - 5.348E ⁻¹⁰ D ⁵	5.25	0.83
-----Zamorana-----																
N	gr.pl ⁻¹	0.04	0.03	0.16	0.15	0.20	0.23	0.24	0.32	0.49	0.66	0.56	0.49	N = 0.0320 + 0.000264 D ² - 0.00000673 D ³ + 6.34D ⁴ - 1.95E ⁻¹⁰ D ⁵	0.00463	0.89
P	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08	0.12	0.16	0.30	0.30	0.22	P = 0.00218 + 0.00010939 D ² - 0.0000027 D ³ + 2.43E ⁻⁸ D ⁴ - 6.8693E ⁻¹¹ D ⁵	0.0004	0.95
K	gr.pl ⁻¹	0.04	0.06	0.30	0.32	0.39	0.44	0.36	0.52	0.77	1.29	1.82	1.02	K = 0.0179 + 0.000495 D ² - 0.0000114 D ³ + 9.188776E ⁻⁸ D ⁴ - 2.2668E ⁻¹⁰ D ⁵	0.00364	0.98
Ca	gr.pl ⁻¹	0.02	0.03	0.11	0.11	0.16	0.20	0.12	0.18	0.22	0.40	0.41	0.37	Ca = 0.00958 + 0.00023572 D ² - 0.00000573 D ³ + 4.819E ⁻⁸ D ⁴ - 1.3088E ⁻¹⁰ D ⁵	0.00228	0.82
Mg	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.11	0.20	0.21	0.18	Mg = 0.01105 + 0.000105 D ² - 0.0000027 D ³ + 2.356E ⁻⁸ D ⁴ - 6.5486E ⁻¹¹ D ⁵	0.00031	0.90
S	gr.pl ⁻¹	0.01	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.08	0.10	0.10	0.12	S = 0.00077 + 0.0012 D - 5.19E ⁻⁷ D ² + 6.775E ⁻⁹ D ³ - 2.312E ⁻¹¹ D ⁴	0.00013	0.87
Na	gr.pl ⁻¹	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.08	0.08	0.11	Na = 3.928 + 0.0465 D ² - 0.0012 D ³ + 0.0000109 D ⁴ - 3.13484E ⁻⁸ D ⁵	132.41	0.79
Fe	mg. pl ⁻¹	5.14	2.22	2.75	2.40	4.15	3.58	2.34	4.37	5.27	15.46	17.52	15.01	Fe = 5.374 - 0.463 D + 0.020 D ² - 0.0000356 D ³ + 0.00000257 D ⁴ - 6.346E ⁻⁹ D ⁵	2.28	0.90
Mn	mg. pl ⁻¹	0.22	0.14	0.55	0.51	0.73	0.73	0.55	1.16	0.78	1.97	1.47	1.49	Mn = 0.1346 + 0.0009071 D ² - 0.0000224 D ³ + 1.917E ⁻⁷ D ⁴ - 5.3125E ⁻¹⁰ D ⁵	0.076	0.64
Zn	mg. pl ⁻¹	0.09	0.12	0.71	0.88	0.45	0.61	0.78	0.84	1.37	1.93	1.89	1.32	Zn = 0.08745 + 0.00165 D ² - 0.0000429 D ³ + 3.828509E ⁻⁷ D ⁴ - 1.10724E ⁻⁹ D ⁵	0.0776	0.78
B	mg. pl ⁻¹	0.61	0.69	1.94	2.01	4.02	4.48	3.79	5.82	9.81	19.03	18.59	12.63	B = -0.1470 + 0.00615 D ² - 0.000166 D ³ + 0.00000157 D ⁴ - 4.61531E ⁻⁹ D ⁵	1.53	0.95

† CME = Cuadrado medio del error; § R² = Coeficiente de determinación