

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

INSTITUTO DE HORTICULTURA

EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN BANANO
'DOMINICO' (*Musa* spp.) EN ATZALAN, VER.

F
2921
C 2

TESIS



QUE COMO REQUISISTO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

JOSÉ ALFREDO HERNÁNDEZ MARURI

Chapingo, Estado de México. Enero de 2007.



Instituto de Horticultura

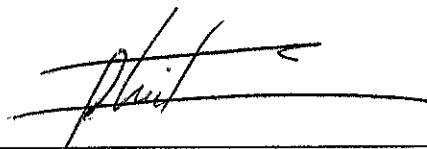


**EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN BANANO 'DOMINICO' (*Musa spp.*) EN
ATZALAN, VER.**

Tesis realizada por **JOSÉ ALFREDO HERNÁNDEZ MARURI** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

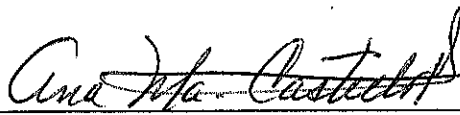
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



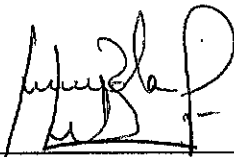
Dr. Edilberto Avitia García

ASESOR:



Dra. Ana María Castillo González

ASESOR:



M.C. Joel Pineda Pineda

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme completar un proyecto más de mi vida, esto por medio de la gente que participó de alguna forma en la elaboración de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico proporcionado durante los dos años de mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y al Departamento de Fitotecnia a través de la Coordinación Departamental de Postgrado en Horticultura por todas las facilidades prestadas durante mis estudios de Postgrado.

Al Dr. Edilberto Avitia García y a la Dra. Ana María Castillo González, por su acertada dirección, sugerencias y apoyo durante el desarrollo de esta investigación; así como también por su amistad brindada.

Al M.C. Joel Pineda Pineda por la revisión del escrito, sugerencias y aportaciones realizadas al trabajo de investigación.

A mis maestros por participar en mi formación profesional y por compartir sus conocimientos.

Al personal de laboratorio que participó en esta investigación; el señor Wenseslao, el señor Antonio y la señora Angela.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Emilio Hernández Sánchez y Emma Maruri Hernández

Con todo mi amor para ellos, que siempre me han sabido aconsejar de una forma sencilla y humilde, inculcando en mí el respeto, humildad y un espíritu de lucha.

A MIS HERMANOS

Nieves Hernández Maruri, Noe Hernández Maruri y Emilio Hernández Maruri

Con mucho cariño a ellos, les deseo todo lo mejor en su vida.

DATOS BIOGRAFICOS

El autor de la presente Tesis el C. José Alfredo Hernández Maruri, es originario de Tlapacoyan, Veracruz. Nació el 26 de mayo de 1979 en la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz. Es Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Veracruzana en el 2003.

En el 2003 se desempeñó como asesor técnico en el manejo del cultivo de jitomate bajo cubiertas plásticas y el armado de invernaderos. En ese mismo año se desempeñó como asesor técnico por la Secretaría de Economía dentro del programa de Fondos Nacionales de Apoyo a las Empresas Sociales en el manejo del cultivo de banano 'Dominico' y del banano 'Morado'. En el 2005 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la misma Universidad.

EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN BANANO 'DOMINICO' (*Musa* spp.) EN ATZALAN, VER.

NUTRIENT EXTRACTION IN BANANO 'DOMINICO' (*Musa* spp.) IN ATZALAN, VER.

José Alfredo **Hernández-Maruri**¹, Edilberto **Avitia-García**²

RESUMEN

La investigación se realizó en la localidad de Cochota perteneciente al municipio de Atzalan, Veracruz, México. En este sitio el cultivar Dominico tiene un período de floración a cosecha de aproximadamente dos meses. Se evaluaron cuatro etapas, dividido en semanas a partir de la emergencia de la inflorescencia (SDEI), quedando de la manera siguiente: etapa 1 a las 2 SDEI, etapa 2 a las 4 SDEI, etapa 3 a las 6 SDEI y etapa 4 a las 8 SDEI. Esta última etapa coincidió con la cosecha. Para cada una de las etapas se muestrearon tres unidades, constituidas cada una por la planta madre con dos plantas hijas. Se determinaron las extracciones nutrimentales y el contenido de materia seca.

ABSTRACT

Present research was conducted in Cochota, a community from the municipality of Atzalan, Veracruz, Mexico. In this locality, after flowering, banana cv. Dominico requires approximately a two month period for harvesting. Four growth phases were evaluated, phase 1, at 2 weeks after inflorescence emergence (WAFE); phase 2, at 4 WAFE; phase 3, at 6 WAFE; and phase 4, at 8 WAFE. Phase 4 occurred at harvest time. For each phase, three units were sampled, the main plant part (mother plant), and two suckers (daughter plants). For each unit, the nutrient extraction and the dry mass were determined.

¹ Tesista. Posgrado en Horticultura. UACH.

² Director de tesis. Profesor Investigador, Posgrado en Horticultura. UACH.

Las plantas se dividieron en raíz, cormo, pseudotallo, pecíolos de las hojas, hojas, raquis del racimo, frutos y bellota. Se encontró que el órgano con mayor acumulación de materia seca fue el pseudotallo ($4,509 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$), seguido por el cormo ($3,465 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$) y las hojas ($1,133 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$). El potasio fue el macronutriente con mayor extracción ($206 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$), siguiendo el comportamiento de la materia seca. El micronutriente con mayor extracción en todos los órganos fue el sodio ($5.4 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$). La extracción de macronutrientes por un racimo de frutos (raquis + frutos) con un peso fresco de 9 kg en la etapa de cosecha fue de 20 g de K, 7.5 g de N, 2.3 g de Ca, 1.9 g de Mg y 1.7 g de P; mientras que la extracción de micronutrientes fue de 0.15 g de Na, 0.06 g de B, 0.04 g de Mn, 0.03 g de Fe y 0.02 g de Zn.

Palabras clave: Extracción nutricional, inflorescencia, racimo de frutos.

Plants were sectioned in root, corm, pseudostem, leaf petiole, leaves, raquis of the raceme, fruit, and bell. Pseudostem was the plant part with higher dry mass accumulation ($4,509 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$), followed by the corm ($3,465 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$) and the leaves ($1,133 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$). Potassium was the most highly extracted macronutrient ($206 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$), and it was accumulated in the same sequence as dry mass. Sodium was the most extracted micronutrient in all plant parts ($5.4 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$). The raceme of fruits (raquis + fruits) accumulated a fresh mass of 9 kg, and its macronutrient extraction at harvest time was 20 g K, 7.5 g N, 2.3 g Ca, 1.9 g Mg, and 1.7 g P; whereas the micronutrient extraction was 0.15 g Na, 0.06 g B, 0.04 g Mn, 0.03 g Fe and 0.02 g Zn.

Keywords: Nutrient extraction, inflorescence, fruit raceme.

INDICE

	Pág.
RESUMEN Y ABSTRACT.....	i
ÍNDICE.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia del cultivo de plátanos y bananos.....	4
2.1.1. Situación mundial.....	5
2.1.2. Situación nacional.....	6
2.1.3. Problemática nacional.....	6
2.2. Descripción del genero <i>Musa</i>	7
2.2.1. Clones de importancia económica en México.....	7
2.2.2. Descripción del banano 'Dominico'.....	8
2.3. Importancia de la nutrición en los cultivos.....	9
2.4. Función de los elementos en las plantas.....	10
2.4.1. Macronutrientes.....	10
2.4.2. Micronutrientes.....	15
2.5. Distribución de nutrientes.....	21
2.6. Extracción y acumulación de nutrientes.....	22
2.6.1. Importancia de las determinaciones nutrimentales.....	23
2.6.2. Extracción nutrimental en frutales.....	24
2.6.3. Extracción y requerimientos nutrimentales en banano.....	26
2.5. Acumulación de Biomasa en banano.....	28

III. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1. Ubicación del experimento.....	30
3.2. Clima.....	30
3.3. Suelo.....	30
3.4. Plantación.....	31
3.5. Material vegetal utilizado.....	32
3.6. Descripción de los muestreos.....	33
3.7. Manejo de las muestras.....	34
3.8. Determinación de nutrimentos.....	34
3.9. Análisis estadístico.....	36
IV. RESULTADOS.....	38
4.1. Dinámica de la acumulación de la materia seca y extracción de nutrimentos por órganos.....	38
4.1.1. Raíz.....	38
4.1.2. Cormo.....	41
4.1.3. Pseudotallo.....	43
4.1.4. Pecíolos.....	46
4.1.5. Hojas.....	49
4.1.6. Raquis.....	52
4.1.7. Frutos.....	55
4.1.8. Bellota.....	57
4.2. Concentración nutrimental por órganos.....	60
4.3. Dinámica de acumulación total de materia seca y extracción total de por planta.....	76
4.4. Dinámica en la extracción de nutrimentos.....	81
4.4.1. Nitrógeno.....	81
4.4.2. Fósforo.....	82

4.4.3. Potasio.....	83
4.4.4. Calcio.....	84
4.4.5. Magnesio.....	85
4.4.6. Hierro.....	86
4.4.7. Manganeseo.....	87
4.4.8. Boro.....	88
4.4.9. Zinc.....	89
4.4.10. Cobre.....	90
4.4.11. Sodio.....	91
4.5. Extracción nutrimental total por órganos.....	92
4.5.1. Macronutrientes.....	92
4.5.2. Micronutrientes.....	95
4.6. Extracción total del racimo de frutos en cosecha.....	99
4.7. Extracción nutrimental en una cosecha.....	102
4.8. Niveles de suficiencia en la concentración nutrimental en banano.....	103
4.9. Manejo de la fertilización.....	104
V. DISCUSIÓN.....	115
VI. CONCLUSIONES.....	121
VII. LITERATURA CITADA.....	122

LISTA DE CUADROS

Cuadro.1. Características físico-químicas del suelo del huerto de banano 'Dominico' en Atzalan, Veracruz.....	31
Cuadro 2. Acumulación de materia seca total ($\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$) por órganos y a través de las diferentes etapas evaluadas.....	77
Cuadro 3. Comparación de los niveles de concentración nutrimental en Banano 'Dominico' con los rangos de concentración en Banano reportado por Jones <i>et al.</i> (1991).....	103
Cuadro 4. Extracciones de macronutrientes promedio de las cuatro etapas evaluadas en la fase productiva de banano 'Dominico'.....	105
Cuadro 5. Análisis de suelo del sitio de investigación en Atzalan, Veracruz.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalles de los órganos y su muestreo en banano 'Dominico': A, sistema radical y cormo; B, muestreo del cormo; C, muestreo del pseudotallo; D, muestreo del pecíolo; E, medición de la hoja a muestrear; F, corte de la hoja para la toma de la muestras.....	35
Figura 2. Acumulación de materia seca en la raíz de banano 'Dominico'.....	39
Figura 3. Extracción de macronutrientes por la raíz de banano 'Dominico'.....	40
Figura 4. Extracción de micronutrientes por la raíz de banano 'Dominico'.....	40
Figura 5. Acumulación de materia seca en el cormo de banano 'Dominico'.....	42
Figura 6. Extracción de macronutrientes por el cormo de banano 'Dominico'.....	42
Figura 7. Extracción de micronutrientes por el cormo de banano 'Dominico'.....	43
Figura 8. Acumulación de materia seca en el pseudotallo de banano 'Dominico'.....	45
Figura 9. Extracción de macronutrientes por el pseudotallo de banano 'Dominico'.....	45
Figura 10. Extracción de micronutrientes por el pseudotallo de banano 'Dominico'.....	46
Figura 11. Acumulación de materia seca en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.....	47
Figura 12. Extracción de macronutrientes por los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.....	48

Figura 13. Extracción de micronutrientes por los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.....	48
Figura 14. Acumulación de materia seca en las hojas de banano 'Dominico'.....	50
Figura 15. Extracción de macronutrientes por las hojas de banano 'Dominico'.....	51
Figura 16. Extracción de micronutrientes por las hojas de banano 'Dominico'.....	51
Figura 17. Acumulación de materia seca en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.....	53
Figura 18. Extracción de macronutrientes por el raquis del racimo de banano 'Dominico'.....	54
Figura 19. Extracción de micronutrientes por el raquis del racimo de banano 'Dominico'.....	54
Figura 20. Acumulación de materia seca en los frutos de banano 'Dominico'.....	56
Figura 21. Extracción de macronutrientes por los frutos de banano 'Dominico'.....	56
Figura 22. Extracción de micronutrientes por los frutos de banano 'Dominico'.....	57
Figura 23. Acumulación de materia seca en la bellota de banano 'Dominico'.....	58
Figura 24. Extracción de macronutrientes por la bellota de banano 'Dominico'.....	59
Figura 25. Extracción de micronutrientes por la bellota de banano 'Dominico'.....	59
Figura 26. Concentración de macronutrientes en la raíz de banano 'Dominico'.....	60

Figura 27. Concentración de micronutrientos en la raíz de banano 'Dominico'.....	61
Figura 28. Concentración de macronutrientos en el corno de banano 'Dominico'.....	62
Figura 29. Concentración de micronutrientos en el corno de banano 'Dominico'.....	63
Figura 30. Concentración de macronutrientos en el pseudotallo de banano 'Dominico'.....	64
Figura 31. Concentración de micronutrientos en el pseudotallo de banano 'Dominico'.....	65
Figura 32. Concentración de macronutrientos en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.....	66
Figura 33. Concentración de micronutrientos en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.....	67
Figura 34. Concentración de macronutrientos en las hojas de banano 'Dominico'.....	68
Figura 35. Concentración de micronutrientos en las hojas de banano 'Dominico'.....	69
Figura 36. Concentración de macronutrientos en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.....	70
Figura 37. Concentración de micronutrientos en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.....	71
Figura 38. Concentración de macronutrientos en los frutos de banano 'Dominico'.....	72
Figura 39. Concentración de micronutrientos en los frutos de banano 'Dominico'.....	73
Figura 40. Concentración de macronutrientos en la bellota de banano 'Dominico'.....	74

Figura 41. Concentración de micronutrientos en la bellota de banano 'Dominico'	75
Figura 42. Acumulación total de materia seca en la planta de banano 'Dominico' en sus diferentes etapas evaluadas.....	76
Figura 43. Acumulación de materia seca total por órganos.....	78
Figura 44. Acumulación de materia seca en la parte baja (A) y acumulación de materia seca en la parte alta (B) de la planta de banano 'Dominico'	79
Figura 45. Extracción total de macronutrientos (A) y extracción total de micronutrientos (B) en la planta de banano 'Dominico'	80
Figura 46. Extracción total y porcentual de Nitrógeno en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	81
Figura 47. Extracción total y porcentual de Fósforo en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	82
Figura 48. Extracción total y porcentual de Potasio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	83
Figura 49. Extracción total y porcentual de calcio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	84
Figura 50. Extracción total y porcentual de magnesio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	85
Figura 51. Extracción total y porcentual de hierro en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	86
Figura 52. Extracción total y porcentual de manganeso en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	87
Figura 53. Extracción total y porcentual de boro en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	88
Figura 54. Extracción total y porcentual de zinc en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'	89

Figura 55. Extracción total y porcentual de cobre en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.....	90
Figura 56. Extracción total y porcentual de sodio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.....	91
Figura 57. Extracción de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	93
Figura 58. Extracción de fósforo en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	93
Figura 59. Extracción de potasio en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	94
Figura 60. Extracción de calcio en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	94
Figura 61. Extracción de magnesio en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	95
Figura 62. Extracción de hierro en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	96
Figura 63. Extracción de manganeso en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	97
Figura 64. Extracción de boro en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	97
Figura 65. Extracción de zinc en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	98
Figura 66. Extracción de cobre en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	98
Figura 67. Extracción de sodio en los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.....	99

Figura 68. Extracción total de los macronutrientes (A) y extracción total de los micronutrientes (B) por etapas en el racimo de banano 'Dominico'	100
Figura 69. Extracción promedio general de los macronutrientes por el racimo de banano 'Dominico'	101
Figura 70. Extracción promedio general de los micronutrientes por el racimo de banano 'Dominico'	102

I. INTRODUCCIÓN

Los plátanos y bananos son considerados dentro de los frutales más importantes a nivel mundial, dado que se cultivan en una gran diversidad de suelos, como: andosoles, muy fértiles, derivados de cenizas volcánicas recientes (Islas del Caribe, Camerún, América Central y América del sur) y ferralíticos antiguos con una baja fertilidad natural (África del Este, del Oeste y América del Sur) (Delvaux, 1995).

El fruto representa una fuente nutricional y energética en la alimentación del ser humano y se encuentra disponible en el mercado durante todo el año; por lo cual se considera un cultivo atractivo y rentable. En México los principales estados productores son Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima y Jalisco (Anónimo, 2006a).

En el Estado de Veracruz, en la última década, ha tomado gran auge este cultivo, contando con los cultivares Enano Gigante, Dominico, Morado, Macho, Blanco o Hembra y Bolsa. De éstos, quizá el menos estudiado ha sido el 'Dominico', conocido también como 'Dátil', 'Ciento en Boca', 'Bocadillo' y 'Titiaro' (Contreras, 1982). Este cultivar cada vez toma mayor importancia económica en la región de Tlapacoyan-Atzalan, ya que va en aumento la superficie cultivada y por ende su producción; esto gracias al uso de insumos agrícolas, entre los que destacan los fertilizantes químicos que proporcionan uno o más de los nutrimentos que requieren las plantas para su desarrollo; surgiendo la incógnita de si la dosis y la fuente que utilizan en esta región son las

adecuadas para la nutrición de la planta y sobre todo para mantener la fertilidad del suelo.

Por otro lado, los cultivos extraen nutrimentos del suelo y el conocimiento de las cantidades es de gran importancia para mantener el balance nutrimental a largo plazo; lo cual quiere decir, que las pérdidas y las aportaciones deben estar más o menos balanceadas. Esto es importante para realizar programas de fertilización adecuados a la demanda nutrimental de la planta y características agronómicas del cultivo.

A pesar de la importancia que esta adquiriendo el banano 'Dominico', especialmente en el Estado de Veracruz, no existe información que mencione las exigencias nutrimentales de dicho cultivo, por lo que es necesario realizar estudios que permitan cuantificar la capacidad de extracción nutrimental

Objetivos

- Evaluar la distribución de biomasa a través del tiempo en los diferentes órganos de la planta durante su fase productiva.
- Conocer la dinámica de extracción de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Fe, Cu y B) por la planta de banano 'Dominico' en cuatro etapas diferentes de su fase productiva.
- Cuantificar la extracción nutrimental para el banano 'Dominico' en su fase productiva.
- Proponer un programa de fertilización para el cultivo del banano 'Dominico', con base en la extracción nutrimental.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia del Cultivo de Plátanos y Bananos

El cultivo de plátanos y bananos a nivel mundial es de gran importancia para los productores de África, América Latina, el Caribe y Asia; que son los centros de mayor producción de este cultivo. Es preciso aclarar la diferencia que se hace a nivel mundial entre plátanos y bananos, siendo los primeros los que se consumen después de haber recibido un proceso de cocción; mientras que los bananos son los consumidos directamente en fresco (Galán, 1992).

En México se cultivan alrededor de 20 especies perennes, y dentro de éstas los plátanos y bananos ocupan el quinto lugar en producción (Anónimo, 2006b). El consumo *per cápita* promedio de esta fruta es de 23 kilogramos por año (Ramírez y Rodríguez, 1996).

Los plátanos y bananos son un componente esencial en la dieta básica para millones de personas ya que además representan una fuente económica de energía. El fruto proporciona una caloría por gramo de fruta fresca, así como vitaminas y minerales, principalmente potasio (0.37 gramos por 100 gramos de pulpa) (Ramírez y Rodríguez, 1996).

2.1.1. Situación mundial

Los principales países productores de plátano y banano a nivel mundial son la India (23.74 %), Brasil (9.33%), China (8.44%), Ecuador (8.09%) y Filipinas (7.93%); mientras que el resto de países productores constituyen el 42.47% de un total de 69 286 046 toneladas. Los principales exportadores son Ecuador, Costa Rica, Filipinas y Colombia (Anónimo, 2004a).

El banano es exportado en su mayoría para ser consumido como fruta fresca, pero hay otras formas de utilización como la fabricación de almidón y harina para uso alimentario e industrial; obtención de pulpa de banano para la elaboración de alimentos infantiles; jugo de banano clarificado o como bananos deshidratados. Asimismo, se han hecho esfuerzos para utilizar partes de la planta y del fruto como materia prima para la fabricación de papel y de alcohol, a partir de los desechos fibrosos. Por ejemplo, de 13 kg de fruta se obtiene un litro de alcohol (Cartay, 1997).

El banano a nivel mundial es objeto de una reglamentación internacional muy precisa, de una marcada competencia entre los productores y de agudas disputas comerciales y políticas, entre miembros de la Unión Europea, y de otros países con la Unión Europea (Cartay, 1997).



2.1.2. Situación nacional

En México se cuenta con una superficie sembrada de 78 516 ha, de la cual solamente se cosechan 62 139 ha, obteniendo una producción de 1 301 017 toneladas; los principales estados productores son Tabasco (31.5%), Chiapas (30,3%), Veracruz (11.6%), Colima (7.8%) y Jalisco (5.4%). Esta producción se obtiene de los cultivares Tabasco, Macho, Valery, Dominico, Manzano, Pera y Morado, principalmente (Anónimo, 2006a).

2.1.3. Problemática nacional

La producción comercial de plátanos y bananos se enfrenta a diversos problemas agronómicos propios del clima tropical; entre los que más afectan su productividad se pueden citar: Sigatoka, desbalances nutrimentales, drenaje deficiente del suelo, uso ineficiente de agroquímicos, sistemas de deshije inapropiados y acanelamiento de la fruta por bajas temperaturas ($<15\text{ }^{\circ}\text{C}$), entre otros (Mosqueda *et al.*, 1994; Ramírez y Rodríguez, 1996).

Para que la investigación en banano y plátano en México pueda contribuir a elevar la productividad, se necesita evolucionar aumentándose la cantidad y calidad de los recursos humanos dedicados a este fin; esto implica necesidades de capacitación de los investigadores; así como el establecimiento de laboratorios bien equipados de nutrición vegetal, fisiología pre y postcosecha, fitopatología y otros que se consideren necesarios (Mosqueda *et al.*, 1994).

2.2. Descripción del Género *Musa*

Los plátanos y bananos pertenecen al género *Musa*, clasificado por Carlos Linnaeo. Este género pertenece a la familia Musaceae, comprendida dentro del orden Scitaminales (Haarer, 1965; Champion, 1968).

El género *Musa* se divide en cuatro secciones: Australimusa, Callimusa, Eumusa y Rhodochlamys. La sección Eumusa es la más extendida y comprende el mayor número de especies y formas; ubicándose aquí todos los bananos comestibles y desprovistos de semillas (partenocárpicos). Su importancia radica en que en ella quedan comprendidas las especies *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla, que han dado origen a la mayoría de los plátanos comestibles (Champion, 1968).

2.2.1. Clones de importancia económica en México

Contreras (1982) indica las características de 16 clones en el estado de Tabasco, con los siguientes nombres regionales: 'Roatán', 'Morado', 'Morado Verde', 'Cocos B', 'Cocos A', 'Rombón', 'Valery', 'Enano Gigante', 'Enano Mill', 'Manzano', 'Guineo', 'Dátil', 'Macho', 'Dominico', 'Ceda' y 'Cuadrado'. Los clones de importancia económica en México son: 'Tabasco', 'Macho', 'Valery', 'Dominico', 'Manzano', 'Pera' y 'Morado'; ya que estos son los que se exportan y se cultivan a escalas comerciales (Anónimo, 2006a).

2.2.2. Descripción del banano 'Dominico'

Este cultivar ha sido descrito por varios investigadores, del cual se han hecho notar algunas variantes. Gajon (1943) indica que se le conoce también como banano 'Ciento en Boca' o 'Dátil', y menciona que tiene un pseudotallo de 3 a 4 m y de 20 a 25 cm de diámetro, hojas largas, estrechas, de color verde claro, pecíolos amarillos; bellota violácea, con envés violeta claro; racimo mediano con 100 a 150 frutos, de 8 a 10 cm de largo y 2 a 3 cm de diámetro, que son lisos y de epidermis fina; cultivados especialmente en los estados de Veracruz, Morelos, Oaxaca y Chiapas. Champion (1968) señala que es el único clon diploide comestible que tiene genomas Acuminata. Es una planta de follaje con un color característico verde a amarillento, frutos cortos y pulpa muy azucarada, conocido como 'Figue Sucrée' (higo azucarado).

Contreras (1982) menciona las características de este clon, señalando que es una planta de porte alto, que en condiciones de Tabasco alcanza alturas de 4 a 5 metros. El pseudotallo es cónico, de color amarillento, con algunas manchas pardas; con un perímetro que varía de 53 a 69.5 cm a un metro de altura. Por su porte alto, este clon es bastante susceptible a daños por viento, aún cuando el peso de su racimo es poco. El color de las hojas es verde pálido, amarillento con aspecto aceitoso que las hace ser inconfundibles. El racimo es pequeño de 50 a 60 cm de longitud y de 6 a 7 kg de peso, aunque algunas ocasiones llega a pesar 10 kg en los suelos más fértiles. La pulpa del fruto es de color amarillo y de exquisito sabor.

2.3. Importancia de la Nutrición en los Cultivos

Las plantas en cultivo necesitan para crecer de una serie de sustancias nutritivas o nutrimentos; siendo aquellos que pueden ser absorbidos por las plantas y que sirven para su desarrollo; pueden ser moléculas (CO_2 , agua) o partículas cargadas eléctricamente (iones). Estas sustancias pueden ser minerales (inorgánicas) u orgánicas, cuyos componentes son los elementos nutritivos (Finck, 1988). La planta requiere de 17 elementos para su crecimiento, éstos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, níquel y zinc; de éstos el carbono, hidrógeno y oxígeno se toman del aire y el agua. Los otros 14 son absorbidos normalmente del suelo por las raíces de las plantas (Anónimo, 2004b).

En la actualidad las técnicas de aplicación de fertilizantes han demostrado su versatilidad potencial en lo referente a la capacidad de suministro de nutrimentos en momentos de alta demanda por los cultivos. Alta capacidad productiva y facilidad de aplicación de nutrimentos en los momentos que más los requieren los cultivos, son la base de los cambios de criterios utilizados en la decisión que involucra «cuándo» y «cuánto» aplicar de cada uno de ellos. El cambio de criterios, al considerar la aplicación de los nutrimentos minerales que las plantas extraen de la solución del suelo, en proporciones y momentos diferentes a través del ciclo productivo, se está dando ya en la agricultura intensiva que busca mayores rendimientos con calidad de exportación (Lazcano, 2005).

2.4. Función de los Elementos en las Plantas

2.4.1. Macronutrientes

Nitrógeno

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes más abundantes y versátiles de la tierra (Parker, 2000). Bajo condiciones naturales el N que se encuentra en el suelo no proviene de la degradación de la roca madre. Todo el N que normalmente se encuentra en él deriva, en última instancia, del que existe en la atmósfera terrestre a través de los distintos procesos de fijación (Navarro y Navarro, 2000). Uno de esos procesos es la fijación natural por parte de las leguminosas (Parker, 2000), también es tomado de tejidos muertos (restos de plantas, animales y microorganismos); en ambos casos es transformado por las bacterias en nitrato y amonio (Mehra y Farago, 1994).

Desde el suelo la planta absorbe las dos formas iónicas nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) (Salisbury y Ross, 2000). El N se combina con carbono, hidrógeno y oxígeno, y algunas veces con azufre para formar aminoácidos, amino-enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purinas. Aunque el N inorgánico puede acumularse en las plantas, principalmente en tallos y tejidos conductores, en la forma de NO_3 , el N orgánico predomina como proteínas de alto peso molecular en las plantas (Jones, 2003).

La clorofila, sustancia de la que forma parte el nitrógeno, proporciona el color verde. Cuando las plantas no absorben suficiente cantidad de nitrógeno, sus hojas pierden el color verde normal y se tornan amarillas, en una deficiencia de nitrógeno manifiestan un crecimiento muy lento, presentando troncos y tallos débiles (Parker, 2000). Cuando crecen con un exceso de N suelen tener hojas con un color verde oscuro y presentan abundante follaje, generalmente con un sistema radical de tamaño mínimo (Salisbury y Ross, 2000).

Fósforo

Este elemento procede sólo de la descomposición de la roca madre durante el proceso de la meteorización y representa alrededor del 0.1 % de la corteza terrestre. Su contenido, pequeño en las rocas primitivas o sedimentarias (0.03-0.08%), es notablemente más elevado en las rocas volcánicas (0.1-0.3 %), las cuales constituyen la fuente original del fósforo (Navarro y Navarro, 2000). El fósforo (P) es liberado también en la solución del suelo por descomposición de los residuos de cosecha y microorganismos; de tal manera, que éstas son las principales fuentes de P para su utilización (Jones, 2003).

El P es el elemento que con mayor frecuencia resulta limitante en los suelos. Se absorbe principalmente en forma de anión monovalente fosfato (H_2PO_4^-) y menos rápidamente como el anión divalente (HPO_4^{2-}) (Salisbury y Ross, 2000). En la planta es un componente de ciertas enzimas y proteínas, así como del ATP, ARN, ADN y fitina (Jones, 2003).

El pH del suelo controla la abundancia relativa de las formas disponibles del fósforo; el H_2PO_4^- es favorecido a un pH menor de 7 y el HPO_4^{2-} lo es por encima de este valor. En términos generales, el fósforo es absorbido con mayor facilidad a pH de 6.5-7.5 (Navarro y Navarro, 2000).

Cuando hay deficiencia de P, la planta presenta retraso en su crecimiento y la proporción de materia seca de la parte aérea con relación a la raíz es baja. Los síntomas de deficiencia ocurren en las hojas más viejas, en donde se presenta un color verde oscuro; también se puede presentar una coloración púrpura rojiza en las hojas y tallos (Mengel y Kirkby, 1982).

Potasio

El potasio (K) es absorbido por las raíces bajo la forma de K^+ y es un elemento siempre importante cuantitativamente en las cenizas vegetales, bajo la forma de óxido potásico (Navarro y Navarro, 2000). Aunque la cantidad total del K encontrada en los suelos es generalmente superior a la del resto de los otros elementos, las cantidades disponibles para las plantas en cualquier momento son relativamente escasas. Gran parte del K se encuentra fijado a los minerales del suelo (Parker, 2000). Sin embargo, con el tiempo y debido a la acción de diversos procesos (hidrólisis, acidificación, disolución, etc.), pueden sufrir gradualmente una degradación para dar lugar a otras formas más aprovechables (Navarro y Navarro, 2000).

El K se encuentra involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, presión de turgencia de las células, y la apertura y cierre de estomas. También es requerido para la acumulación y traslocación de los nuevos carbohidratos formados (Jones, 2003). Participa en la fotosíntesis por aumentar directamente el crecimiento y el índice de área foliar (Jones *et al.*, 1991).

Las deficiencias de K aparecen con mayor probabilidad en las plantas que se desarrollan en suelos arenosos (Parker, 2000). El ión K^+ se redistribuye fácilmente desde los órganos maduros hacia los jóvenes, así es que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas de mayor edad. En las dicotiledóneas dichas hojas se tornan primero un poco cloróticas, especialmente en las cercanías de las lesiones necróticas oscuras. En muchas monocotiledóneas mueren primero las células de las puntas y los bordes de las hojas, y la necrosis se va esparciendo en forma basípeta a lo largo de los bordes, hacia las partes inferiores y más jóvenes de las hojas (es decir, la base) (Salisbury y Ross, 2000).

Calcio

El calcio (Ca) es absorbido fundamentalmente bajo la forma de Ca^{+2} es, después del potasio, el elemento básico más abundante que existe en las plantas. En proporciones mucho menores, también es absorbido mediante un intercambio directo entre los pelos radicales y el complejo coloidal al que se encuentra adsorbido (Navarro y Navarro, 2000).

El Ca es un elemento esencial para la formación de la estructura celular de la planta, participa en el transporte, en la retención de otros elementos y en el vigor de la planta. También se cree que contrarresta el efecto de las sales alcalinas y de los ácidos orgánicos en la planta (Parker, 2000). Además, mejora la germinación de los granos del polen y el crecimiento del tubo polínico en las flores, activa enzimas para la división y expansión celular; es importante también para la síntesis de proteínas y movimiento de carbohidratos (Jones, 2003).

El exceso de calcio, tal como ocurre en los suelos calcáreos o aquellos que se han sometido a un excesivo encalado, reduce la absorción de boro, manganeso y hierro, lo cual puede dar lugar a la aparición de deficiencias inducidas de tales elementos (Paterson y Ede, 1970).

Magnesio

El magnesio (Mg) es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, según diversas estimaciones su contenido medio puede situarse en un 2.3% (Navarro y Navarro, 2000). El magnesio existe como catión Mg^{2+} en la solución del suelo y como Mg intercambiable en los coloides del suelo (Jones, 2003).

El Mg se encuentra en la clorofila de todas las plantas verdes y es esencial para la fotosíntesis. También colabora en la activación de determinadas enzimas responsables del crecimiento de la planta (Parker, 2000). Este sirve como cofactor en la mayoría de las enzimas que activan la fosforilación, como un puente entre estructuras de pirofosfato de ATP o ADP y moléculas de enzimas (Jones, 2003).

En ausencia de magnesio el primer síntoma que se produce es clorosis de las hojas de mayor edad, esta suele ser intervenal, debido a razones aun desconocidas; las células de mesófilo situadas cerca de los haces vasculares retienen la clorofila durante más tiempo que las células del parénquima que se encuentran entre ellos (Salisbury y Ross, 2000).

2.4.2. Micronutrientos

Hierro

El hierro (Fe) puede ser absorbido por la planta mediante su sistema radical como Fe^{+2} o como quelatos de hierro. La forma Fe^{+3} es de menor importancia, debido a la pequeña solubilidad de los compuestos férricos en la mayor parte de los suelos (Navarro y Navarro, 2000).

Es un componente importante en muchos sistemas enzimáticos vegetales, tales como la citocromo oxidasa (transporte de electrones) y citocromo (paso terminal de la respiración). Funciona como un catalizador o es parte de un sistema enzimático asociado



con la formación de clorofila y puede estar involucrado en la síntesis de clorofila y crecimiento del meristemo apical de la raíz (Jones, 2003).

La deficiencia de Fe puede estar determinada por altos niveles de manganeso (Mn). Del mismo modo, altas cantidades de Fe pueden causar deficiencia de Mn (Parker, 2000). Las plantas con carencia de Fe se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal bastante pronunciada, parecida a la que se produce por la deficiencia de magnesio, pero en este caso se presenta en hojas jóvenes. En casos agudos llegan a ponerse blancas, con lesiones necróticas (Salisbury y Ross, 2000).

Manganeso

El manganeso (Mn) se absorbe principalmente en forma iónica (Mn^{2+}) (Parker, 2000). La asimilación del Mn está en relación con el pH y aumenta cuando éste desciende por debajo de 5.5 y es menos disponible por arriba de 6.5 (Márquez, 2000).

Las concentraciones de Mn son generalmente más altas en las raíces que en las hojas y aún mayor en hojas maduras que en las jóvenes, y más altas en las hojas que en los tallos, flores y semillas (Domínguez, 1989).

El Mn está involucrado en los procesos de óxido-reducción en el sistema fotosintético de transporte de electrones. Es esencial en el fotosistema I para la fotólisis, y actúa como puente para ATP, complejos fosfoquinasa y fosfotransferasas, y activa las AIA-oxidasas (Jones, 2003).

El Mn puede sustituir al Mg en la activación de determinadas enzimas fosfato transferasas, que a su vez influyen sobre muchos procesos metabólicos (Parker, 2000).

Las deficiencias de Mn no son habituales, pero cuando existe carencia de este elemento se presentan síntomas que consisten en una clorosis intervenal en las hojas muy jóvenes o muy viejas; esto va a depender de la especie y está asociada o seguida por ciertas lesiones necróticas (Salisbury y Ross, 2000).

Boro

El boro (B) se absorbe desde el suelo casi siempre en forma de ácido bórico sin disociar (H_3BO_3) que queda representado con más precisión como $\text{B}(\text{OH})_3$ (Salisbury y Ross, 2000). La mayor parte del B en el suelo existe en la materia orgánica y los residuos de microorganismos. Este se libera por descomposición de los residuos y sirve como la principal fuente para la utilización de los cultivos. La disponibilidad de B está influenciada por el pH de la solución del suelo; el intervalo óptimo para la disponibilidad máxima se ubica entre 5.5 y 7.0 (Jones, 2003).

El boro se encuentra asociado con la síntesis de carbohidratos, se cree que es importante para la síntesis del uracilo; que es una base para la formación de ARN (Azcón-Bieto y Talón, 2000). También participa en actividades celulares (división, diferenciación, maduración, respiración, crecimiento, etc.); además está asociado con la germinación de los granos de polen y el crecimiento de los tubos polínicos (Jones, 2003).

La deficiencia de B puede darse en suelos tanto alcalinos como ácidos, pero es más probable en suelos calcáreos y alcalinos (Parker, 2000).

Los síntomas que se manifiestan son diferentes y dependen del cultivo. No obstante, las características más comunes se concretan a una disminución del crecimiento, superficie foliar y concentración de clorofila, y a la resistencia a infecciones (Navarro y Navarro, 2000).

Zinc

El zinc (Zn) es absorbido por la planta como Zn^{+2} , o como quelato por vía radical o foliar. En ella su movilidad no es grande, hallándose preferentemente acumulado en los tejidos de la raíz cuando encuentra un suministro adecuado en el suelo (Navarro y Navarro, 2000). La disponibilidad es afectada por el pH del suelo, ésta disminuye con el incremento del pH y cuando el nivel de P disponible en el suelo es muy alto (Jones, 2003).

El Zn es necesario para el crecimiento de las plantas, ya que controla la síntesis del ácido indoleacético, el gran regulador del crecimiento de la planta. También activa muchas otras reacciones enzimáticas (Parker, 2000).

Los síntomas de deficiencia de Zn en las plantas consisten en una disminución de la longitud del tallo y crecimiento en roseta de las hojas terminales; menor formación de

yemas florales, hojas moteadas (clorosis intervenal) y muerte descendente de las ramas nuevas (Anónimo, 2004b).

Cobre

El cobre (Cu) es absorbido por la planta como Cu^{+2} , o como complejo orgánico (Cu-EDTA) por vía radical o foliar (Navarro y Navarro, 2000). Este elemento se encuentra en el suelo, principalmente en forma de complejos como compuestos orgánicos de bajo peso molecular; tales como ácidos húmicos y fúlvicos. Aunque el suministro de Cu en la solución del suelo es muy bajo (menos de 0.2 mg de Cu por kg), la mayoría de los suelos tiene suficiente Cu para satisfacer los requerimientos de las cosechas. Sin embargo, cuando se incrementan los contenidos de materia orgánica se puede reducir su disponibilidad (Jones, 2003).

Las plantas casi nunca manifiestan deficiencias de cobre, normalmente porque lo necesitan en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, en ausencia de este elemento, las hojas jóvenes suelen tomar un color verde oscuro y están arrugadas o deformes, y muchas veces tiene manchas necróticas (Salisbury y Ross, 2000).

La deficiencia de Cu influye en la síntesis de proteínas, originando la acumulación de componentes nitrogenados solubles. Excesivas cantidades de Cu también pueden inducir deficiencias de hierro (Parker, 2000).

Sodio

Desde hace muchos años existen evidencias que sugieren que el sodio (Na) es necesario para numerosas especies del desierto. Peter F. Browell y Christopher J. Crossland investigaron y revisaron la nutrición mediante sodio en 32 especies, y determinaron que las plantas que tienen el camino fotosintético C-4 probablemente necesitan Na como micronutriente (Salisbury y Ross, 2000). Sin embargo, actualmente la mayoría de los autores sólo lo aceptan en estos casos y consideran que no puede generalizarse a todas las plantas (Navarro y Navarro, 2000).

El Na es absorbido por la planta como Na^+ . Su contenido puede variar ampliamente, dependiendo del existente en el suelo, de la especie que se considere y del órgano que se analice (Navarro y Navarro, 2000). El Na es tóxico para algunas plantas en concentraciones altas (Mehra y Farago, 1994). De acuerdo con ello las plantas son descritas como natrofilicas o natrofóbicas; esto depende de su respuesta al Na y de su capacidad de transporte a larga distancia.

El Na en la nutrición tiene que ser considerado desde dos puntos de vista principales: su esencialidad y/o hasta que punto puede reemplazar las funciones de K en las plantas (Marschner, 1986).

2.5. Distribución de Nutrimentos

Las formas disponibles de los nutrimentos están localizadas en o cerca de la superficie de las partículas del suelo, como es el caso de la arcilla, el limo y el humus. A medida que las raíces de las plantas entran en contacto con estas partículas y con la solución del suelo que les rodea, los nutrimentos disponibles se van incorporando a las plantas (Parker, 2000).

En el suelo existen dos fuentes generales de nutrimentos fácilmente asimilables por la planta. Los elementos esenciales están presentes como iones, pero con la particularidad de que los cargados positivamente (cationes) son adsorbidos por los coloides en su mayor parte, y los cargados negativamente (aniones) y una pequeña fracción de cationes se hallan en la disolución del suelo (Navarro y Navarro, 2000).

Arciniega (1999) señala que los nutrimentos disueltos en el suelo llegan a las raíces de tres maneras:

1. Intercepción. El crecimiento de la raíz hacia las zonas de alta concentración nutrimental, desplazando un determinado volumen del suelo, permite que estas se pongan en contacto con algunos elementos, dependiendo de la cantidad en que se encuentren y su disponibilidad.

2. Flujo de masas. Es un mecanismo que se presenta por el efecto de la absorción de agua, genera un gradiente hídrico; el agua entonces, se moverá por los poros del suelo hacia el sistema radical, llevando los elementos presentes en la solución del suelo.
3. Difusión. Se presenta cuando un elemento pasa de una zona de alta a baja concentración de éste.

El balance de nutrimentos es importante en la nutrición de las plantas. Cualquier exceso de un nutrimento puede hacer que exista una menor absorción de otro, mantener este balance en el suelo es un objetivo importante del manejo del suelo (Anónimo, 2004b). El contenido de sustancias nutritivas en las hojas es decisivo para el desarrollo vegetal. Una vez absorbidas las sustancias nutritivas son transportadas por el flujo de agua hacia los principales centros de producción de la planta: las hojas. Como la producción depende de que exista en las hojas una óptima concentración de sustancias nutritivas, la asimilación de éstas es una precondition de la producción de masa vegetal (Finck, 1988)

2.6. Extracción y Acumulación de Nutrimentos

Los elementos nutritivos son absorbidos por las raíces desde la solución del suelo en contacto con la misma, mediante procesos físicos-químicos y fisiológicos (Domínguez, 1990). La absorción para cada uno de los nutrimentos de las plantas es diferente y ésta no transcurre paralela a la curva de formación del material vegetal, puesto que los distintos nutrimentos son requeridos de acuerdo con sus funciones fisiológicas en forma

integral, pero también diferencial en los diferentes estadios de crecimiento (Anguiano y Lascares, 1998).

La curva de absorción de nutrimentos determina las cantidades extraídas por una planta a través de su ciclo de vida. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el que se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina *et al.*, 1993).

2.6.1. Importancia de las determinaciones nutrimentales

Los estudios de absorción nutrimental no constituyen una herramienta de diagnóstico, como lo es el análisis foliar; sino más bien contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización a recomendar; pues concretamente, permiten conocer la cantidad de nutrimento, en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento determinado en un tiempo definido (Bertsch, 2003).

El objetivo de los programas de fertilización es complementar la capacidad de los suelos para suministrar los nutrimentos, que de otro modo existirían en cantidades deficientes para permitir el crecimiento sano y normal de las plantas (Anónimo, 2004b)

2.6.2. Extracción nutrimental en frutales

El desarrollo de los árboles, su productividad y la calidad de fruta obtenida están íntimamente relacionados con la condición nutrimental de las plantas, ya que los procesos bioquímicos básicos como la fotosíntesis y la respiración requieren de un adecuado equilibrio de elementos minerales; así como de la presencia de agua para realizar diversas reacciones (Díaz, 2002).

La nutrición mineral es una de las vías más eficaces para influir sobre la productividad de los frutales. Los análisis de suelo determinan el estado nutrimental de éste, pero en los árboles frutales ello es insuficiente. Para mejorar el cultivo es necesario conocer su estado nutrimental (Agustí, 2004).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, es de gran importancia tener el conocimiento de las cantidades de nutrimentos que extraen las plantas. Con esta información es posible definir un programa de fertilización adecuado al cultivo (Molina *et al.*, 1993).

No todos los nutrimentos que el árbol extrae del suelo son invertidos en el fruto. Por ejemplo, el potasio es el nutrimento más requerido por el fruto en la mayoría de los frutales. Sin embargo, del calcio absorbido por el árbol, una gran proporción es usada para el crecimiento de brotes vegetativos y raíces (Salazar, 2002).

Avilán *et al.* (1980) determinaron la extracción de nutrimentos por una cosecha en frutales como aguacate, mango, níspero y guanábana, en el que se analizaron los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. En aguacate encontraron: 3.152 g de N, 736 g de P, 3.530 g de K, 547 g de Ca y 474 g de Mg. En mango: 5.134 g de N, 758 g de P, 6.504 g de K, 5.122 g de Ca y 2.829 de Mg. En níspero: 1.006 g de N, 156 g de P, 1.508 g de K, 1.067 g de Ca y 145 g de Mg. En guanábana: 2.966 g de N, 535 g de P, 2.527 g de K, 988 g de Ca y 153 g de Mg.

Domínguez (1989) indica que en manzano para una producción de 40 t ha⁻¹ de fruta, se ha calculado una extracción total de 99 kg de N, 35 kg de P₂O₅ y 149 kg de K₂O. Para una producción de 60 t ha⁻¹ de naranja se exportan del suelo 90 kg de N, 27 kg de P₂O₅, 168 kg de K₂O, 60 kg de CaO y 20 kg de MgO.

Guzmán *et al.* (1996) reportaron el contenido y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango 'Manila'. En la madurez comercial del fruto encontraron que extrae 348.6 mg de N, 42.1 mg de P, 529.5 mg de K, 66.9 mg de Ca, 47.8 mg de Mg, 1.5 mg de Fe, 0.4 mg de Cu, 0.1 mg de Mn y 0.6 mg de Zn.

Gómez (2005) señala la extracción nutrimental en el frambueso rojo, en el que encontró que por hectárea extrae 12.30 kg de N, 27.74 kg de P₂O₅, 33.42 kg de K₂O, 19.98 kg de CaO y 19.98 kg de MgO en un ciclo de cuatro meses.

2.6.3. Extracción y requerimientos nutrimentales en banano

Es frecuente escuchar aseveraciones en el sentido de que una determinada especie cultivada no responde a la fertilización, desconociéndose las causas por las cuales ésta presenta dicho comportamiento. Al respecto, según algunos investigadores, el banano es una de las especies que está enmarcada dentro de la citada clase de cultivos. En realidad, con base en las experiencias, una explicación a este comportamiento podría estar relacionada tanto con el nivel de fertilidad del suelo, como con los requerimientos nutrimentales y capacidad extractora de la planta (Belalcázar *et al.*, 1976).

Un aspecto fundamental a tener en cuenta para la extracción nutrimental, es el conocimiento del ciclo de vida de la planta, ya que éste será clave para establecer las épocas apropiadas de muestreo del órgano o estructura de la planta a analizar. En términos generales, el ciclo de vida del banano consta de tres fases o etapas: vegetativa, floración y fructificación. De éstas, aparentemente las dos últimas son las más importantes, pues se ha encontrado que desde la floración hasta el llenado final de los frutos es el momento más representativo para hacer los muestreos y determinar los requerimientos nutrimentales de la planta. En general, se puede decir que el proceso de absorción, reciclaje y reposición de los nutrimentos es bastante dinámico, alcanzando su punto máximo en las etapas de floración y llenado de los frutos (Belalcázar *et al.*, 1976).

Belalcázar *et al.* (1976) mencionaron que los mayores porcentajes de extracción corresponden al K (76.02%) y al Ca (13.62%), seguido por N, Mg y P. De éstos, los que mayormente se extraen son el N (23.55%), seguido por el Mg (20.09%) y el P (19.80 %).

Martín-Prevel (1984) encontró que la extracción de cosecha por tonelada de fruta producida es de 1-2 kg de N, 0.2 kg de P, 5.0 kg de K, 0.2 kg de Ca y 0.25 kg de Mg.

Mascarell *et al.* (1987) registraron que las extracciones de cosecha por tonelada de fruta producida es de 2.0 kg de N, 0.6 kg de P_2O_5 , 6.4 kg de K_2O , 0.2 kg de CaO y 0.5 kg de MgO.

Neves *et al.* (1991) indicaron la extracción de nutrientes en banano cv. 'Pacovan', encontrando que por cada tonelada de fruta se extraen: 1.9 kg de N., 0.68 kg de P_2O_5 , 7.04 kg de K_2O , 0.53 kg de CaO y 0.44 kg de MgO.

Agustí (2004) indica que las extracciones de elementos minerales por la planta de plátano se han evaluado en 2.0 kg de N, 0.6 kg de P_2O_5 y 6.4 kg de K_2O , por tonelada de fruta. Así mismo, las extracciones de CaO y MgO alcanzan $0.2 \text{ kg} \cdot \text{ton}^{-1}$ y $0.5 \text{ kg} \cdot \text{ton}^{-1}$, respectivamente; las extracciones de Fe ($18 \text{ g} \cdot \text{ton}^{-1}$), Mn ($10 \text{ g} \cdot \text{ton}^{-1}$) y Cu ($4 \text{ g} \cdot \text{ton}^{-1}$) son más reducidas.

Chamhum *et al.* (2004) reportaron la acumulación y distribución de minerales en el banano cv. Mysore, encontrando que extrae en $\text{kg} \cdot \text{ton}^{-1}$ de fruta fresca 3.164 de K, 0.977 de N, 0.268 de Mg, 0.195 de P y 0.117 de Ca dentro de los macronutrientes, y para micronutrientes la extracción se expresó en $\text{g} \cdot \text{ton}^{-1}$ de fruta fresca, siendo los valores siguientes: 7.92 de Mn, 5.99 de Fe y 2.92 de Zn.

2.7. Acumulación de Biomasa en Banano

El estado vegetativo o juvenil, se caracteriza por un rápido desarrollo de hojas, tallos y raíces, en todo este periodo los requerimientos nutrimentales están determinados por la tasa de asimilación de CO_2 convirtiéndose los fotoasimilados en los numerosos metabolitos necesarios para el crecimiento vegetal (Mengel y Kirkby, 1982).

Durante el crecimiento vegetativo del banano hay una acumulación de biomasa, cuyo valor oscila entre 120 y 130 kg de peso fresco, mientras que el racimo sólo alcanza por lo general 17 kg en promedio. Las mayores cantidades de biomasa generada como peso seco, corresponden al pseudotallo con 5.52 kg, el cormo con 4.64 kg, el sistema radical con 1.6 kg y las láminas foliares con 1.19 kg; mientras que el total de la biomasa seca exportada; en este caso el racimo, sólo alcanza un peso de 3.5 kg (Belalcázar *et al.*, 1976).

De acuerdo a las fases de crecimiento relacionadas con el peso de materia seca producida, se ha encontrado que la fase donde se acumula la mayor cantidad de materia seca es en la madurez fisiológica, en esta fase las ganancias en materia seca están equilibradas con las pérdidas (Gardner *et al.*, 1985).

En un estudio realizado por Eckstein *et al.* (1995) se encontró que la acumulación de materia seca en las hojas fue más alta durante los primeros cuatro meses posteriores a la plantación, después de lo cual disminuyó. A los 7 a 9 meses después de la plantación el pseudotallo fue el que presentó los valores más altos de materia seca, y durante los meses 10 a 14 la mayor cantidad de materia seca se encontraba en el corno e hijuelos. Las hojas son los órganos más ricos en materiales minerales en comparación con las raíces (Baeyens, 1970).

Una vez que la planta alcanza el punto máximo de acumulación de biomasa, el cual generalmente coincide con el corte de racimo, se lleva a cabo el proceso de reincorporación de los elementos extraídos, los cuales en un 76 % vuelven al suelo a través del reciclaje por descomposición de todas las estructuras u órganos de la planta como residuos de la cosecha, mientras que un 24% de ellos se pierde o exporta con los racimos producidos (Belalcázar *et al.*, 1976).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del Experimento

La presente investigación se realizó en una parcela de banano 'Dominico' ubicada en la localidad de Cochota, perteneciente al municipio de Atzalan en el estado de Veracruz. Esta localidad se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas 19° 57' 05" de latitud norte y 97° 11' 15" de longitud oeste, cuenta con una altitud de 440 m (Anónimo, 2002).

3.2. Clima

El tipo de clima es (A)C(fm) semicálido húmedo, se caracteriza por presentar una temperatura media anual que varía de 18 °C a 22° C, con lluvias todo el año y un porcentaje de lluvia invernal menor a 18%; la precipitación anual fluctúa de 2,000 a más de 2,500 mm y el mes más seco presenta una precipitación mayor de 40 mm (Anónimo, 1988; Vidal, 2005).

3.3. Suelo

De acuerdo con el análisis de suelo realizado, este lugar presenta suelos profundos, con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa, pH ácido, un contenido de materia orgánica alto, un contenido de fósforo alto, el contenido de calcio es bajo, mientras que el resto de los nutrimentos se encuentran en un nivel medio, como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del huerto de banano 'Dominico' en Atzalan, Veracruz.

pH	4.65
M.O	3.05 %
CIC	17.63 Cmol (+) kg ⁻¹
C.E	0.16 ds·m ⁻¹
Dap	1.00 g/cm ⁻³
N	12.98 mg·kg ⁻¹
P	112.92 mg·kg ⁻¹
K	299.33 mg·kg ⁻¹
Ca	371.67 mg·kg ⁻¹
Mg	230.50 mg·kg ⁻¹
Fe	90.12 mg·kg ⁻¹
Cu	0.98 mg·kg ⁻¹
Zn	1.10 mg·kg ⁻¹
Mn	24.34 mg·kg ⁻¹
B	1.45 mg·kg ⁻¹

3.4. Plantación

Para realizar la plantación se marcaron los lugares en donde posteriormente se cavaron los hoyos, lo cual se hizo bajo un sistema en marco real a 4 x 4 m. Los hoyos se hicieron con dimensiones de 40 x 40 cm a 60 x 60 cm, dependiendo de la topografía del terreno; siendo la primera dimensión para los lugares planos y la segunda para las laderas. Para el establecimiento se seleccionaron plantas hijas vigorosas, con alturas entre 1.0 y 1.5 m. Inicialmente la plantación tenía una densidad de 1,250 plantas por hectárea; sin embargo, actualmente se tienen alrededor de 2,100 unidades por hectárea; considerando como una unidad a la planta madre con sus hijas. Debido a las características propias de la especie, actualmente los distanciamientos entre la unidades ha cambiado un poco;

causados por las labores de replantación en lugares libres y la poda de algunas plantas hijas.

Una vez que las plantas hijas crecieron y se presentó competencia entre ellas, se procedió a la realización del deshije, seleccionando las hijas de mayor vigor y mejor ubicadas, con respecto a la luminosidad y separación. Dicha actividad se realizó con una pala, procurando sacar el corno para evitar su posterior desarrollo.

La plantación es de temporal y se fertilizó cuatro veces por año (enero, abril, agosto, noviembre), aplicando de 150 a 200 g de la fórmula 20-10-20.

Con respecto a la producción durante el año 2005 se cosecharon 160,893 kg en una superficie de 13 hectáreas ($12,376 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

3.5. Material Vegetal Utilizado

Se trabajó con el cv. Dominico. En este sitio dicho cultivar tiene un periodo de floración a cosecha de aproximadamente 2 meses. Con esta información se tomó la decisión de evaluar este periodo en 4 etapas, dividido en semanas a partir de la emergencia de la inflorescencia, siendo la primera Etapa a las 2 semanas, Etapa 2 a las 4 semanas, Etapa 3 a las 6 semanas y Etapa 4 a las 8 semanas. Esta última coincidió con la cosecha. Para cada una de las etapas se seleccionaron tres unidades comprendiendo en un sistema de planta madre con dos plantas hijas, buscando que tuvieran una similitud dentro de cada etapa.

3.6. Descripción de los Muestreos

Se muestrearon 3 unidades (planta madre y 2 hijas) en cada etapa. Para la determinación de las extracciones nutrimentales y contenido de materia seca, las plantas se dividieron separando sus órganos (raíz, cormo, pseudotallo, pecíolos de las hojas, hojas, raquis del racimo, frutos y bellota). Cabe señalar que se manejaron por separado los órganos de las plantas hijas (pseudotallo, pecíolos y hojas).

Para el caso de la raíz (Figura 1A) del total de su peso se tomó un kilogramo como muestra; para el cormo y el pseudotallo se utilizó un tubo de cobre de 50 cm de largo y de 1 pulgada de diámetro como sacabocados, con él se atravesó el pseudotallo extrayendo muestras cilíndricas (Figura 1C); las muestras se sacaron a cada 20 cm a lo largo del pseudotallo en las plantas chicas (hijas) y a cada 50 cm en plantas grandes (plantas madre). En el cormo la muestra se obtuvo del centro del mismo (Figura 1B). De los pecíolos se tomaron 15 cm de la parte central de cada uno de ellos (Figura 1D). Para las hojas se tomaron 30 cm de largo de la parte central (Figuras 1E y F); un método muy parecido al propuesto por Martín-Prével (1974), sólo que en nuestro caso se aplicó a todas las hojas funcionales de la planta. El racimo se dividió en tres partes (raquis, frutos y bellota); el raquis se dividió a lo largo en dos partes, para tomar como muestra una de ellas; de los frutos se tomaron tres por cada mano (penca de frutos), uno de la parte central y dos de las partes laterales; la bellota se muestreó completa.

Las muestras de cada órgano se introdujeron en bolsas de plástico transparentes, para después meterlas en una hielera portátil, en la cual se transportaron hasta el laboratorio. Cabe indicar que para cada uno de los órganos se obtuvo el peso fresco total al momento del muestreo en el campo, para después estimar el peso seco total.

3.7. Manejo de las Muestras

En el laboratorio se lavaron las muestras, primero con agua de la llave y después con agua destilada dos veces, para posteriormente colocarlas en bolsas de papel con perforaciones y meterlas en una estufa a 70 °C durante un período de una semana aproximadamente; una vez secas las muestras se obtuvo su peso seco y posteriormente se molieron en un molino de acero inoxidable (Thomas Wiley Mill Modelo Ed-5), con malla del número 40; se recolectaron las muestras molidas en bolsas de papel y posteriormente se realizó el análisis nutrimental.

3.8. Determinación de Nutrientes

Se hizo la determinación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y cobre (Cu).

Para la determinación se usaron 0.5 g de muestra seca, que se sometió a una digestión húmeda con una mezcla de solución diácida (ácido sulfúrico y ácido perclórico, en relación 2:1) de la cual se agregaron 4 ml más 2 ml de peróxido de hidrógeno al 30%.

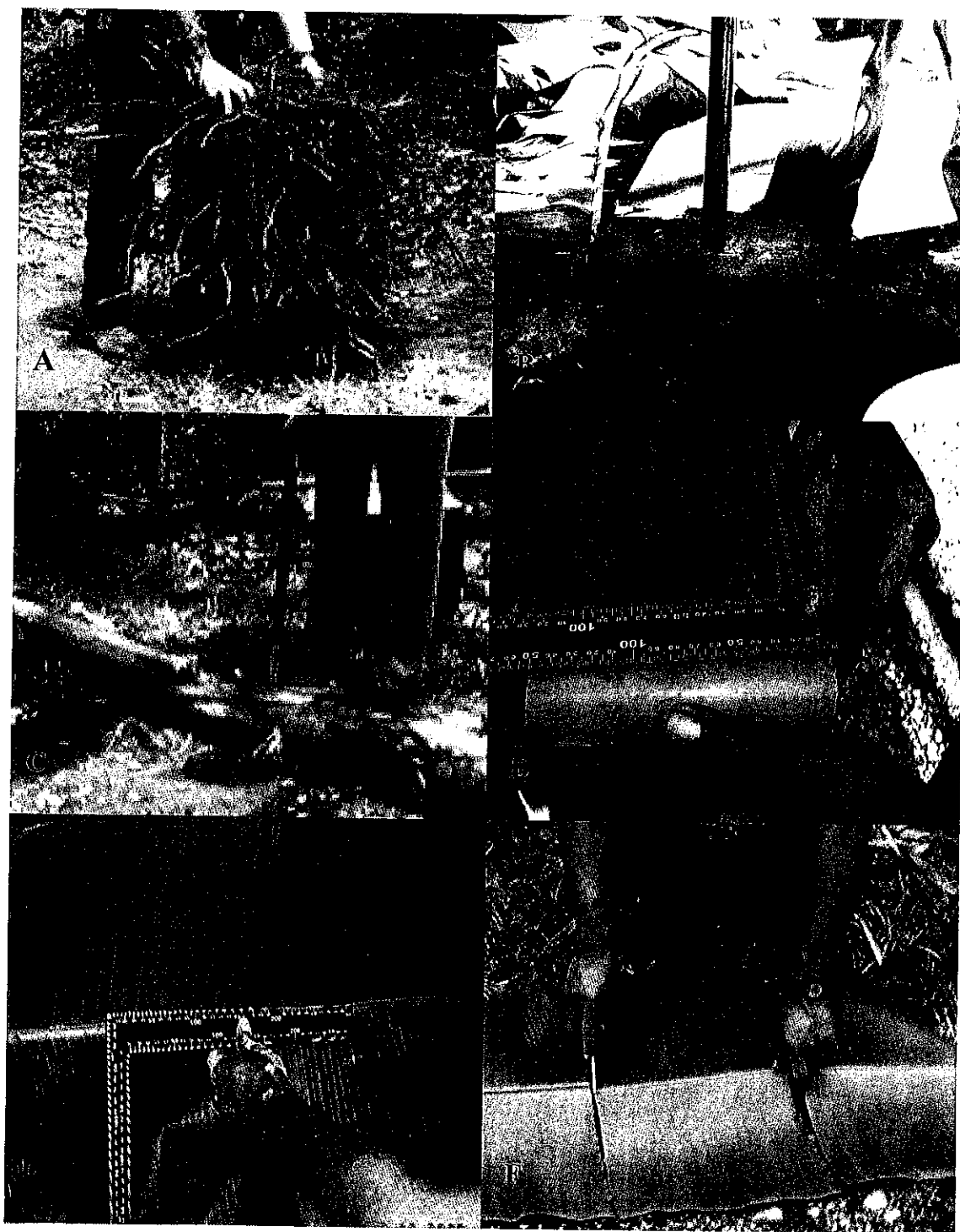


Figura 1. Detalles de los órganos y su muestreo en banano 'Dominico': A, sistema radical y cormo; B, muestreo del cormo; C, muestreo del pseudotallo; D, muestreo del pecíolo; E, medición de la hoja a muestrear; F, corte de la hoja para la toma de la muestra.

Una vez obtenida la digestión de las muestras, cada una se aforó a 50 ml con agua destilada. La determinación del contenido de nitrógeno se hizo por el método de microkjeldahl (Chapman y Pratt, 1973); mientras que el resto de los nutrimentos se determinó en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES, por su siglas en inglés) de Varian.

3.9. Análisis Estadístico

Para el análisis de resultados se realizaron análisis de varianza, tomando como base un diseño de tratamientos completamente al azar. Así mismo, para todos los casos se hicieron las pruebas de medias de Tukey utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis system versión 8.0) (SAS, 1999).

Para determinar la tasa de acumulación de materia seca total por órgano (raíz, cormo, pseudotallo, pecíolos, hojas, raquis, frutos y bellota), se usó el peso seco de las muestras y el peso fresco total por órgano obtenido en el campo; el valor del peso seco de la muestra se usó para determinar el valor del peso seco total del órgano, esto de acuerdo al valor del peso fresco total; estos valores fueron determinados en gramos por planta (unidad). Para la extracción nutrimental de cada órgano se usaron los valores del análisis vegetal, los cuales fueron determinados en miligramos de nutrimento por peso seco.

Para cada etapa evaluada se promediaron los valores obtenidos de las tres repeticiones o unidades (plantas madres e hijas) en cada una de las etapas evaluadas. Cabe señalar que en los valores de la raíz, corno y pseudotallo se consideraron la planta madre e hijas.

La extracción nutrimental por órganos, se calculó promediando los valores de extracción ($\text{mg} \cdot \text{planta}^{-1}$) por cada nutriente obtenido en las tres unidades de cada etapa. Para la extracción total por racimo se consideró el valor obtenido del raquis más el valor de los frutos, en el cual finalmente se contempló el valor que se obtuvo en la etapa de 8 semanas después de la emergencia de la inflorescencia (SDEI), esta considerada la etapa de cosecha. Estos últimos valores fueron para un racimo de 9 kg que fue extrapolado para una tonelada.

IV. RESULTADOS

4.1. Dinámica de la Acumulación de la Materia Seca y Extracción de Nutrientes por Órganos

4.1.1. Raíz

En la Figura 2 se observa que la mayor acumulación de materia seca en la raíz se presentó en la etapa de 4 semanas después de la emergencia de la inflorescencia (SDEI), con un valor promedio de $275 \text{ g.planta}^{-1}$; aunque de acuerdo con el análisis estadístico no presentó diferencias significativas entre etapas.

En las Figuras 3 y 4 se muestra la extracción de los nutrientes, el potasio fue el macronutriente más extraído por la raíz (Figura 3). Como se observa, los macronutrientes siguieron una tendencia similar a la de la acumulación de materia seca, presentando mayor extracción en la etapa con plantas de mayor contenido de biomasa (4 SDEI). Con respecto a los demás macronutrientes, los que no presentaron diferencias estadísticas entre etapas fueron el nitrógeno y el calcio, mientras que el resto de nutrientes presentaron diferencias en la etapa de 4 SDEI. Los valores más altos para cada uno de los macronutrientes fueron de 7,716 mg de K por planta; 1,964 de N; 1,845 de Ca; 812 de Mg y 340 de P; todos alcanzados en la etapa de 4 SDEI.

Con respecto a la extracción de micronutrientes los que marcaron diferencias significativas según la Figura 4 son el sodio, seguido del hierro; se observa que el sodio al igual que los macronutrientes siguió una tendencia muy similar a la de la acumulación de materia seca, resaltando mucho la extracción en la etapa de 4 SDEI; sólo que al final disminuyó y se mantuvo hasta la cosecha. Los valores máximos alcanzados fueron de 253.36 mg de Na por planta; 134.40 de Fe; 31.90 de Mn; 18.85 de B; 15.34 de Zn y 6.85 de Cu; todos extraídos en la etapa de 4 SDEI; de éstos el único que no presentó diferencia estadística entre sus etapas fue el manganeso.

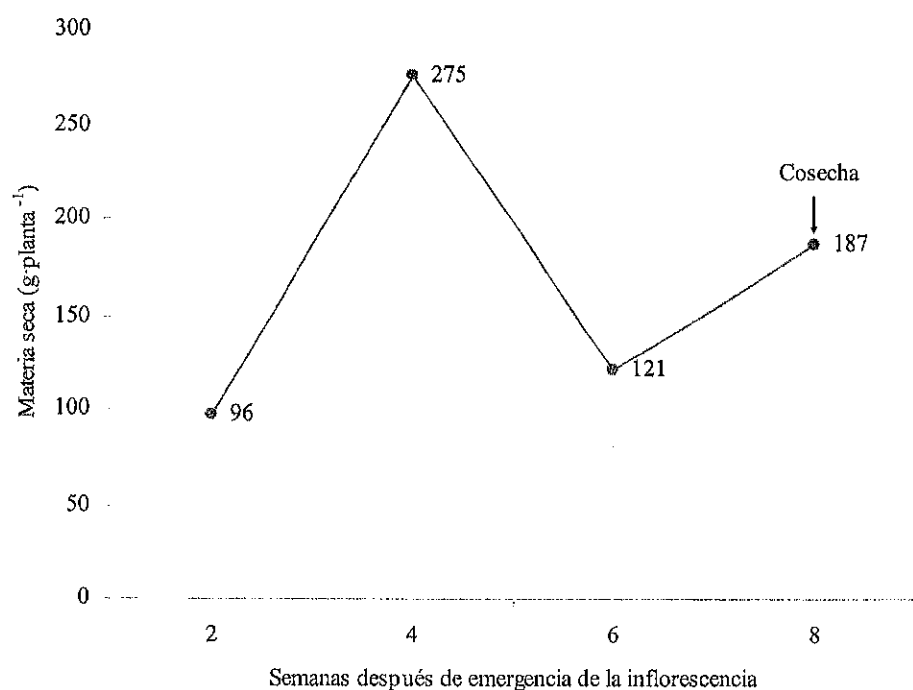


Figura 2. Acumulación de materia seca en la raíz de banano 'Dominico'.

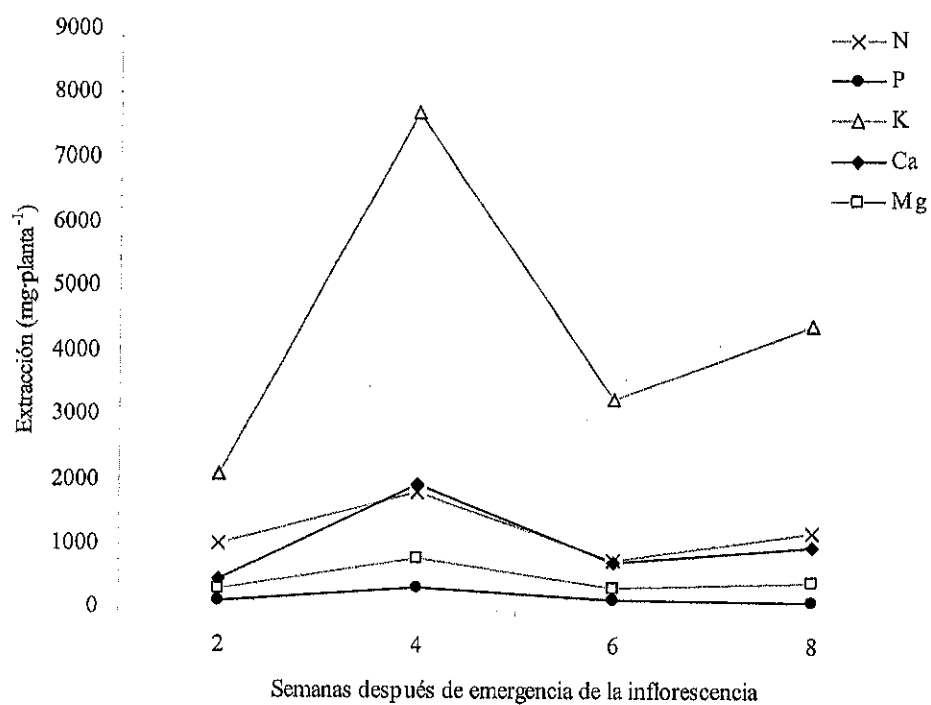


Figura 3. Extracción de macronutrientes por la raíz de banano 'Dominico'.

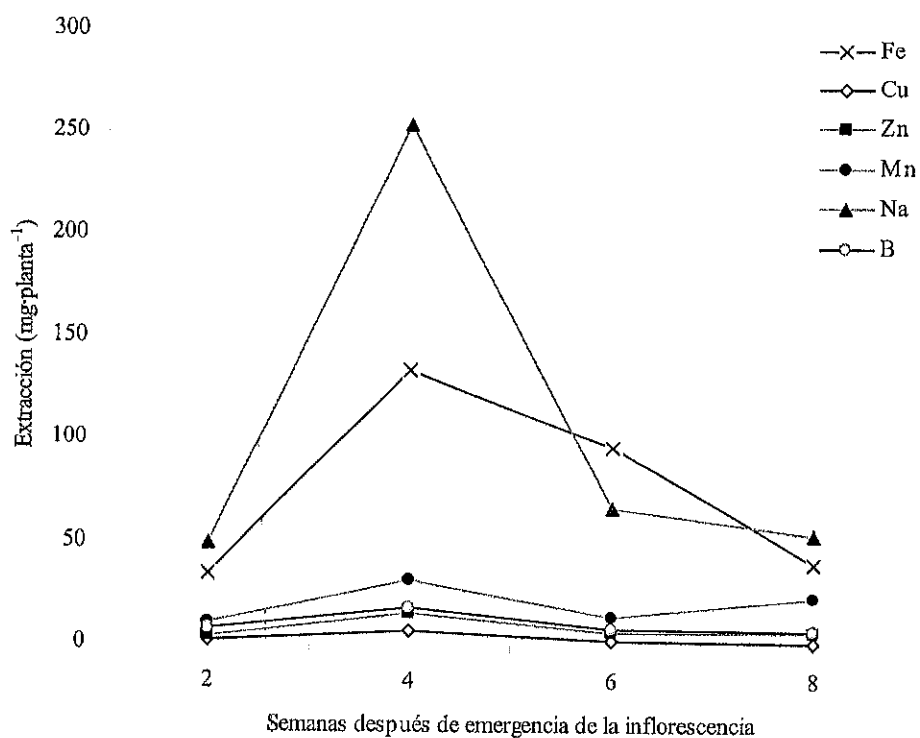


Figura 4. Extracción de micronutrientes por la raíz de banano 'Dominico'.

4.1.2. Cormo

En la Figura 5 se observa que la mayor acumulación de materia seca en el cormo, igual que en la raíz, se presentó en la etapa de 4 SDEI alcanzando un valor máximo de 5,470 g.planta⁻¹; de acuerdo con el análisis estadístico el contenido de materia seca en el cormo, no presentó diferencias significativas entre cada una de las etapas.

En la extracción de macronutrientes (Figura 6) el potasio fue el elemento que más se extrajo, seguido del nitrógeno; el resto de los macronutrientes analizados siguió la tendencia de la acumulación de materia seca. Los valores máximos alcanzados fueron de 65.78 g de K por planta; 42.74 de N; 16.13 de Ca; 9.84 de Mg y 7.90 de P; todos en la etapa de 4 SDEI; el contenido del potasio fue el único que presentó diferencia significativa, esto en la etapa de 2 SDEI.

En la Figura 7 se observa que de los micronutrientes el Na fue el elemento que más fue extraído por el cormo. Su máxima extracción se alcanzó en la etapa de 4 SDEI, con una considerable disminución en las etapas posteriores. Los valores máximos alcanzados fueron de 3.82 mg de Na por planta en la etapa de 4 SDEI; 1.10 mg de Fe en la etapa de 2 SDEI; 0.41g de B en la etapa de 4 SDEI; 0.31 g de Mn en la etapa de 8 SDEI; 0.30 g de Zn en la etapa de 4 SDEI y 0.15 g de Cu en la etapa de 6 SDEI. El único que mostró diferencia estadística entre etapas fue el boro en la etapa de 4 SDEI.

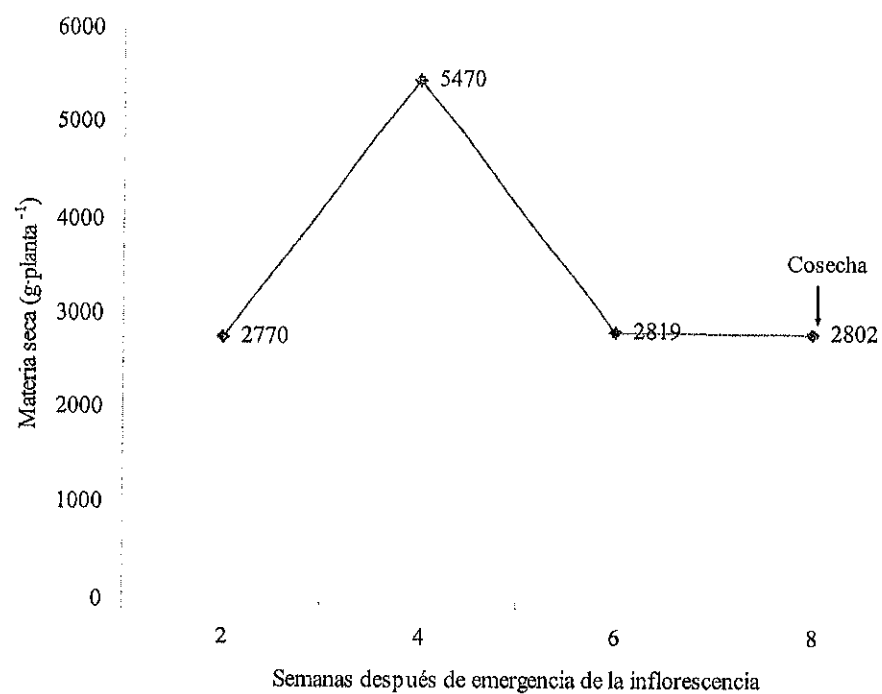


Figura 5. Acumulación de materia seca en el corno de banano 'Dominico'.

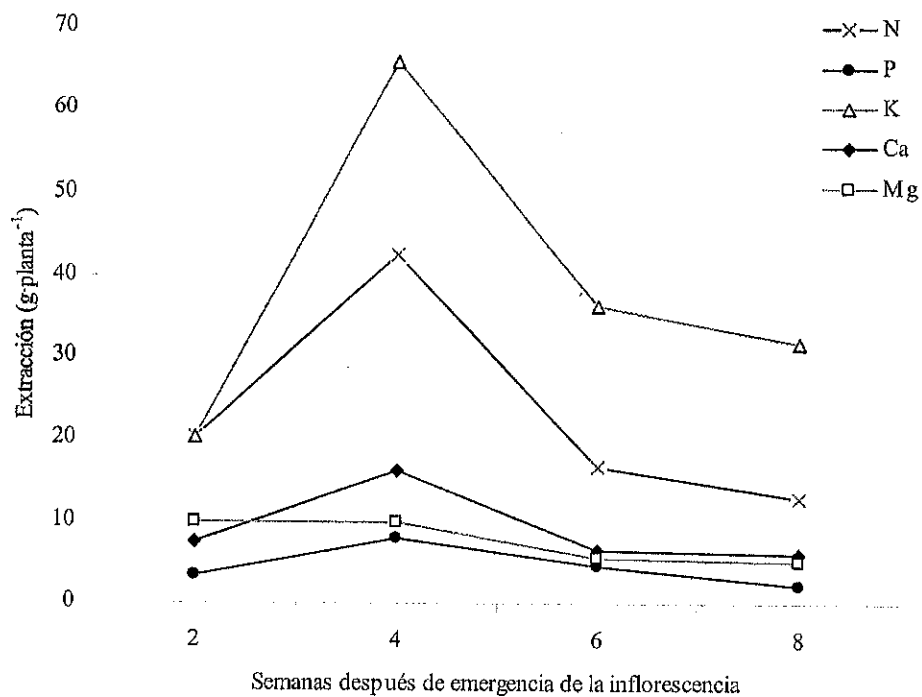


Figura 6. Extracción de macronutrientes por el corno de banano 'Dominico'.

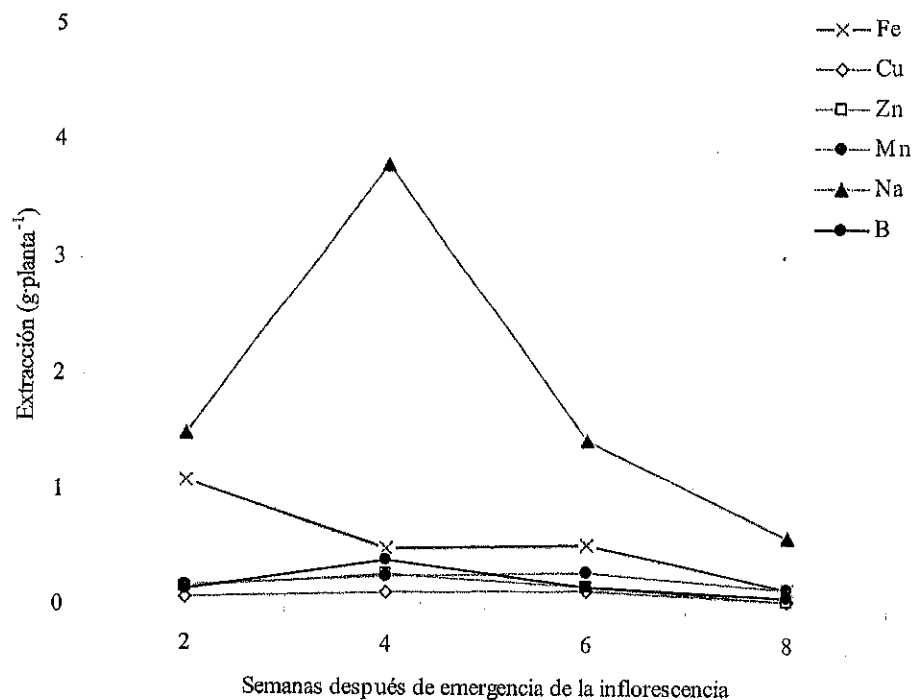


Figura 7. Extracción de micronutrientes por el corno de banano ‘Dominico’.

4.1.3. Pseudotallo

La acumulación de materia seca en el pseudotallo (Figura 8) mostró una tendencia ascendente a través del tiempo de acuerdo a las etapas evaluadas, siendo en la etapa de 8 SDEI cuando se presentó la mayor acumulación con un valor de 5,621 g.planta⁻¹; sin embargo, no presentaron diferencias estadísticas en ninguna de las etapas evaluadas.

De acuerdo con la extracción de macronutrientes, en la Figura 9 se observa como el potasio, igual que en los demás órganos descritos anteriormente, fue el elemento más extraído con una tendencia a través del tiempo igual a la de la materia seca. En realidad todos los macronutrientes diferentes al potasio se mantuvieron constantes en las cuatro

etapas evaluadas. Para el caso del nitrógeno se observa un descenso en pequeña proporción en la etapa de 8 SDEI; el calcio y el magnesio igual, que el potasio, fueron aumentando a través del tiempo. De acuerdo a los valores máximos alcanzados de cada uno de los macronutrientes se tuvo el siguiente orden: 160.12 g de K por planta en la etapa de 8 SDEI; 32.18 g de Ca en la etapa de 6 SDEI; 31.81 g de N en la etapa de 4 SDEI; 11.29 g de Mg en la etapa de 8 SDEI y 8.43 g de P en la etapa de 6 SDEI; de estos el que presentó diferencia estadística a través del tiempo fue el potasio en la última etapa (8 SDEI).

Para el caso de los micronutrientes (Figura 10) el sodio fue el elemento más extraído; mientras que el resto presentaron valores muy cercanos entre cada una de las etapas; en general ninguno presentó diferencias estadísticas entre etapas; los valores máximos alcanzados fueron de 3,337.6 mg de Na por planta en la etapa de 4 SDEI; 635.96 mg de Mn en la etapa de 8 SDEI; 486.89 mg de Cu en la etapa de 6 SDEI; 466.62 mg de Fe en la etapa de 2 SDEI; 395.19 mg de B en la etapa de 4 SDEI y 311.03 mg de Zn en la etapa de 6 SDEI.

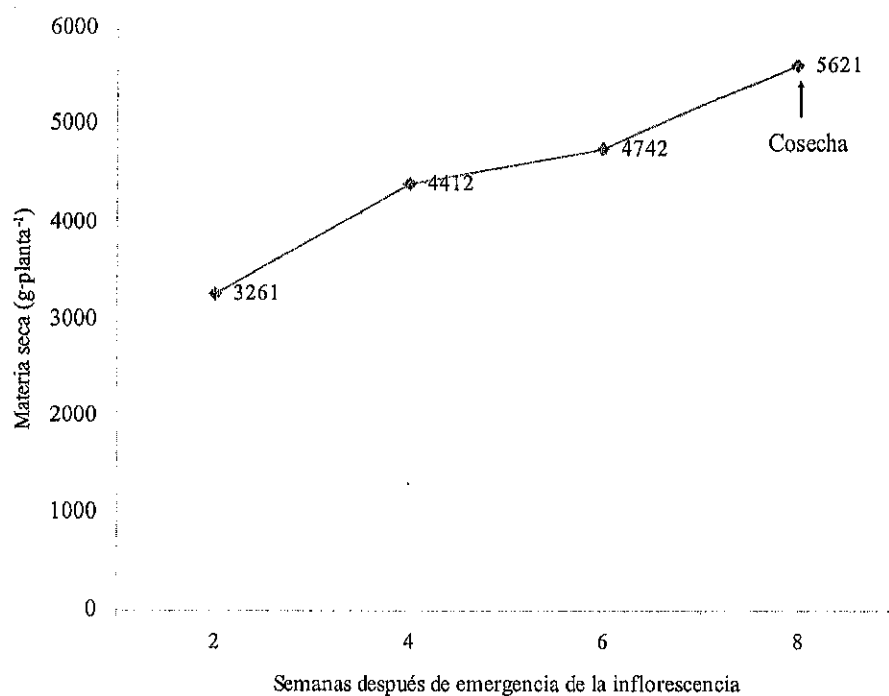


Figura 8. Acumulación de materia seca en el pseudotallo de banano 'Dominico'.

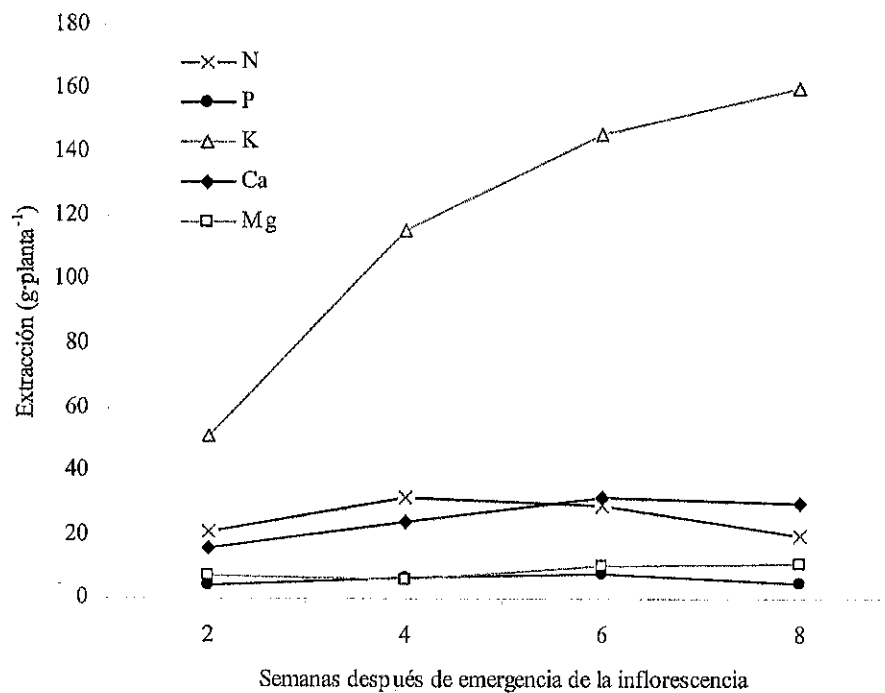


Figura 9. Extracción de macronutrientes por el pseudotallo de banano 'Dominico'.

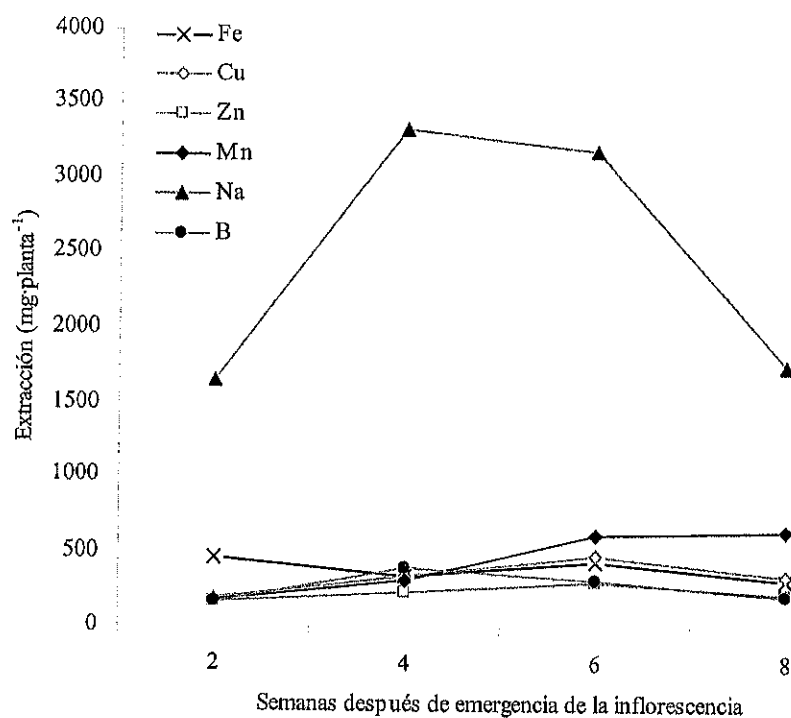


Figura 10. Extracción de micronutrientes por el pseudotallo de banano 'Dominico'.

4.1.4. Pecíolos

En la Figura 11 se observa la acumulación de materia seca en los pecíolos de las hojas, la mayor acumulación ($474 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), al igual que la raíz y el cormo (Figuras 2 y 5) se presentó en la etapa de 4 SDEI.

En la extracción de macronutrientes (Figura 12) se observa que el potasio fue el elemento más extraído, seguido del calcio; ambos siguen la dinámica de la materia seca. Los valores máximos alcanzados para cada macronutriente fueron de 14.4 g de K por planta; 8.16 g de Ca; 2.16 g de N; 1.0 g de P y 0.8 g de Mg, todos en la etapa de 4 SDEI. El

potasio, calcio y fósforo presentaron diferencias estadísticas en el muestreo de las 4 SDEI siguiendo la dinámica de la materia seca.

En lo que respecta a la extracción de los micronutrientes (Figura 13) el sodio siguió siendo el elemento de mayor extracción, en segundo lugar se encontró el manganeso que en la última etapa presentó mayor extracción que el sodio. El hierro, cobre, zinc y boro presentaron diferencias estadísticas en la etapa de 4 SDEI, donde obtuvieron la mayor extracción. Los valores máximos alcanzados fueron: 326.5 mg de Na por planta; 97.82 de Mn; 52.21 de B; 38.19 de Fe; 14.43 de Zn y 6.84 de Cu, todos se presentaron en la etapa de 4 SDEI.

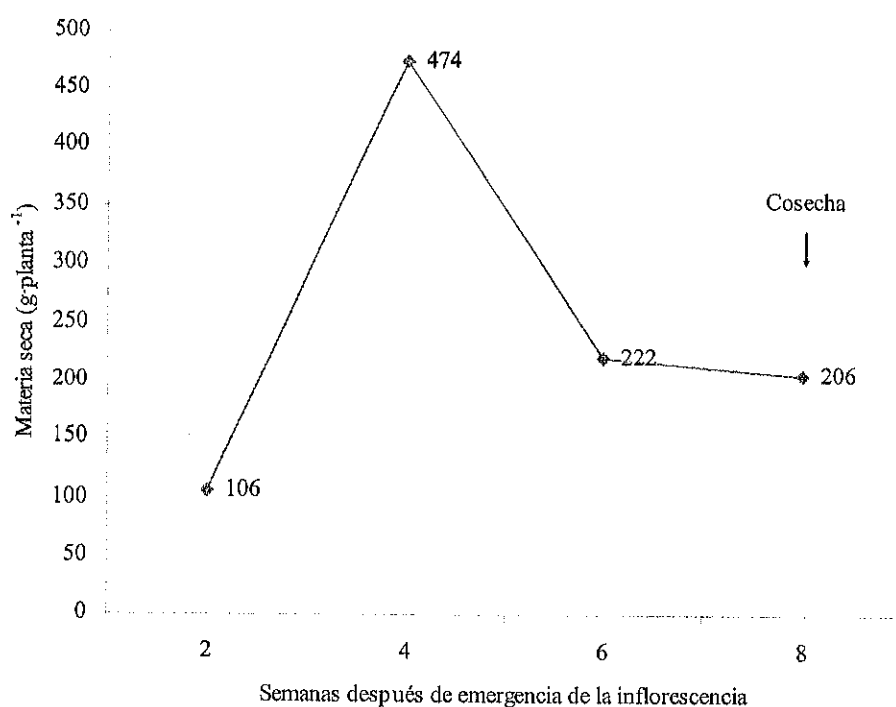


Figura 11. Acumulación de materia seca en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.

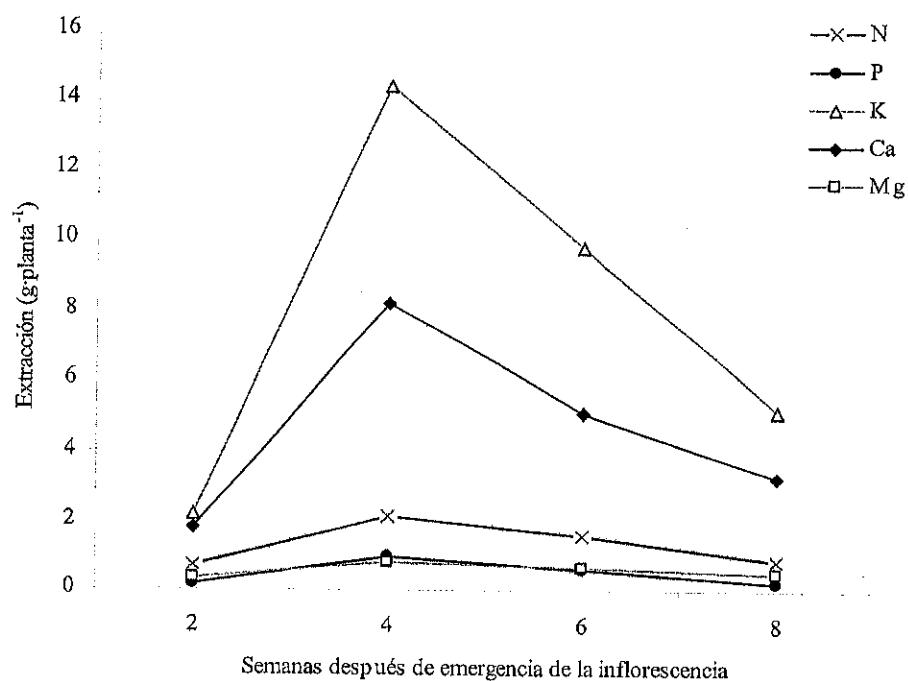


Figura 12. Extracción de macronutrientes por los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.

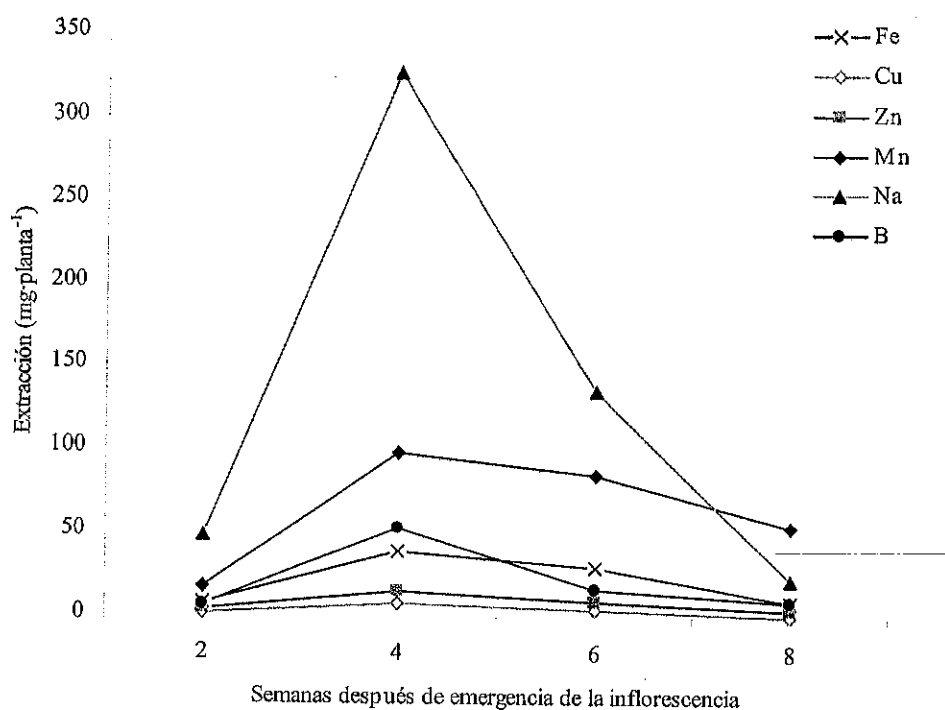


Figura 13. Extracción de micronutrientes por los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.

4.1.5. Hojas

En la Figura 14 se observa, al igual que en la mayoría de los órganos de la planta, que las hojas presentaron mayor acumulación de materia seca en la etapa de 4 SDEI. Se encontraron diferencias estadísticas a las 4 SDEI con un valor de $1,633 \text{ g-planta}^{-1}$ y en las 6 SDEI con un valor de $1,230 \text{ g-planta}^{-1}$; siendo estas etapas de la planta los valores más altos de acumulación.

Con respecto a la extracción de macronutrientes (Figura 15) el potasio fue el elemento que más extrajeron las hojas, seguido del nitrógeno con valores muy cercanos. En la Figura 15 se observa que en la etapa de 2 SDEI hay mayor extracción de nitrógeno que de potasio. Los valores máximos alcanzados para cada macronutriente fueron de 31.6 g de K por planta; 26.3 de N; 19.5 de Ca; 3.9 de Mg y 3.6 de P, todos estos en la etapa de 4 SDEI; el potasio presentó diferencias estadísticas en las etapas de 4 SDEI y a las 6 SDEI; mientras que el nitrógeno y fósforo presentaron diferencias en la etapa de 4 SDEI; el resto no presentó diferencias.

En la Figura 16 el sodio fue el micronutriente más extraído por las hojas en las dos primeras etapas, alcanzando su valor máximo en la etapa de 4 SDEI y en las siguientes etapas descendió su extracción; mientras que el manganeso fue ascendiendo alcanzando su valor máximo en la etapa de 6 SDEI, para luego descender en pequeña proporción. Los valores máximos alcanzados de cada micronutriente fueron: 1,199.08 mg de Na por planta en la etapa de 4 SDEI; 1,036.69 mg de Mn y 181.95 mg de Fe, ambos se alcanzaron en la etapa de 6 SDEI; 126.95 mg de B; 63.52 mg de Zn y 28.92 mg de Cu,

éstos alcanzados en la etapa de 4 SDEI. El hierro y el manganeso mostraron diferencias estadísticas en la etapa de 6 SDEI; mientras que el zinc fue en la etapa de 4 SDEI; el cobre reportó diferencias estadísticas en las etapas de 4 y 6 SDEI; boro en la etapa de 4 SDEI y el sodio marcó diferencias en la etapa de 8 SDEI, sólo que a diferencia de los anteriores ésta fue su extracción más baja.

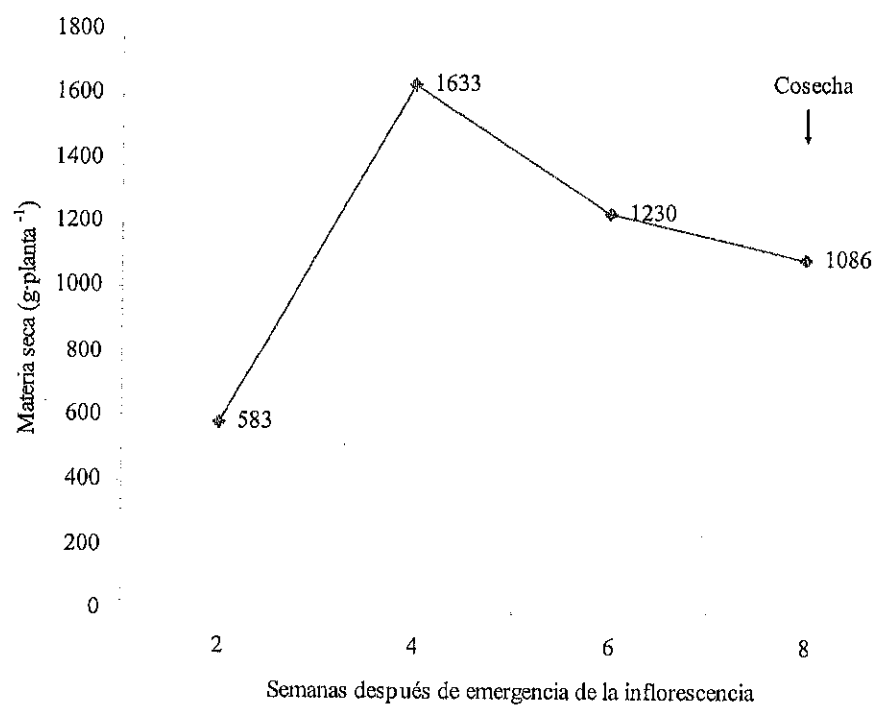


Figura 14. Acumulación de materia seca en las hojas de banano 'Dominico'.

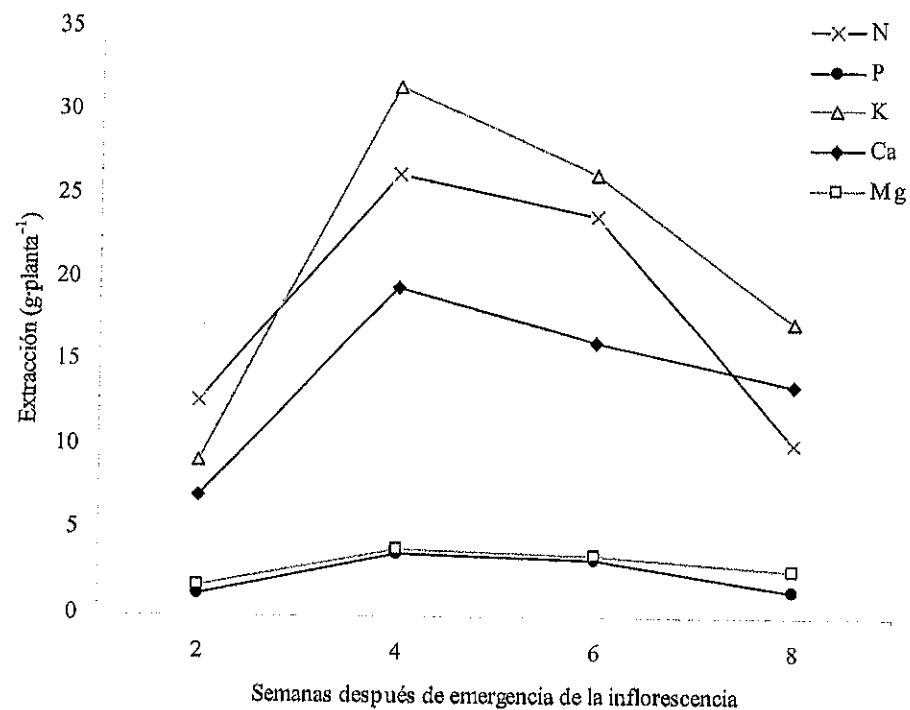


Figura 15. Extracción de macronutrientes por las hojas de banano 'Dominico'.

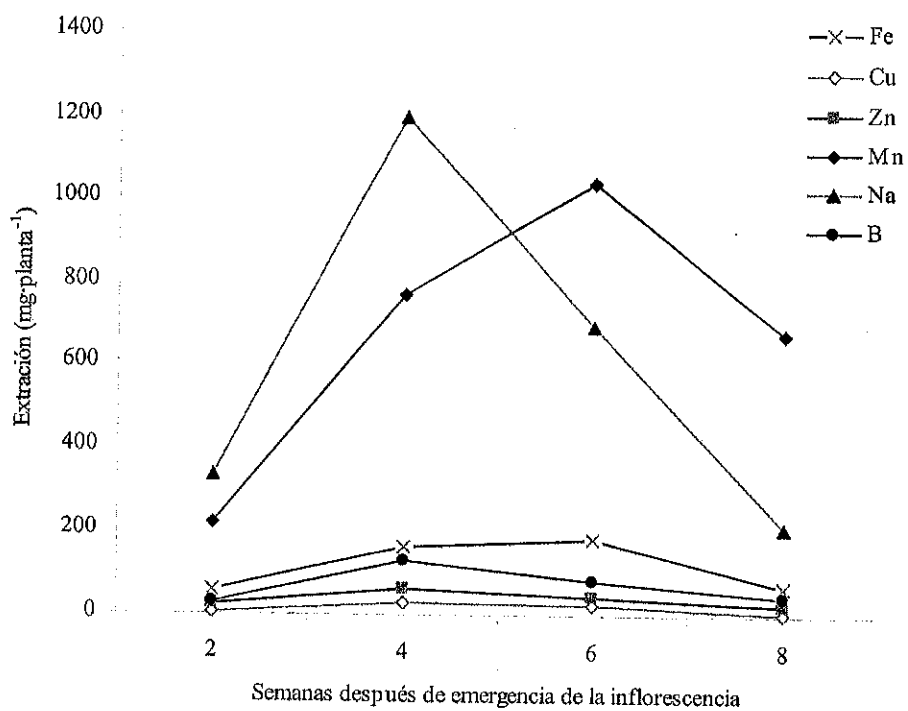


Figura 16. Extracción de micronutrientes por las hojas de banano 'Dominico'.

4.1.6. Raquis

En la Figura 17 se observa la acumulación de materia seca en forma ascendente alcanzando su valor máximo en la etapa de 6 SDEI y disminuyó un poco en la etapa de 8 SDEI. El valor más alto fue de $111 \text{ g.planta}^{-1}$, estadísticamente no presentó diferencias entre las tres últimas etapas.

En lo que respecta a la extracción de macronutrientes (Figura 18) el potasio sobresale de los demás elementos alcanzando la mayor extracción en la etapa de 6 SDEI; los demás elementos se mantuvieron con una dinámica muy similar entre sus etapas. Los valores máximos alcanzados por los macronutrientes fueron de 7,196 mg de K por planta y 788 mg de Ca, ambos en la etapa de 6 SDEI; 712 mg de N en la etapa de 4 SDEI; 546 mg de P en la etapa de 6 SDEI y 242 mg de Mg en la etapa de 8 SDEI. El fósforo y potasio presentaron diferencias estadísticas en la etapa de 6 SDEI, mientras que el resto no mostró ninguna diferencia entre etapas.

En la Figura 19 se muestra la extracción de los micronutrientes, en la que la extracción del sodio sobresale al igual que en órganos anteriores alcanzando su valor máximo en la etapa de 4 SDEI y en las etapas siguientes descendió; mientras que la extracción del manganeso fue en forma ascendente, alcanzando su valor máximo en la etapa de 8 SDEI. Los valores máximos alcanzados para los micronutrientes fueron de 58.49 mg de Na por planta en la etapa de 4 SDEI; 18.81 mg de Mn en la etapa de 8 SDEI; 11.03 mg de Fe y 8.84 mg de B, ambos en la etapa de 6 SDEI; 3.35 mg de Zn en la etapa de 4 SDEI y 1.51 mg de Cu en la etapa de 6 SDEI. Con respecto al análisis estadístico el

hierro presentó diferencias en la etapa de 6 SDEI; cobre y boro en las etapas de 6 y 4 SDEI; manganeso en las etapas de 8 y 6 SDEI; el sodio presentó estas diferencias estadísticas en las etapas de 4 y 6 SDEI.

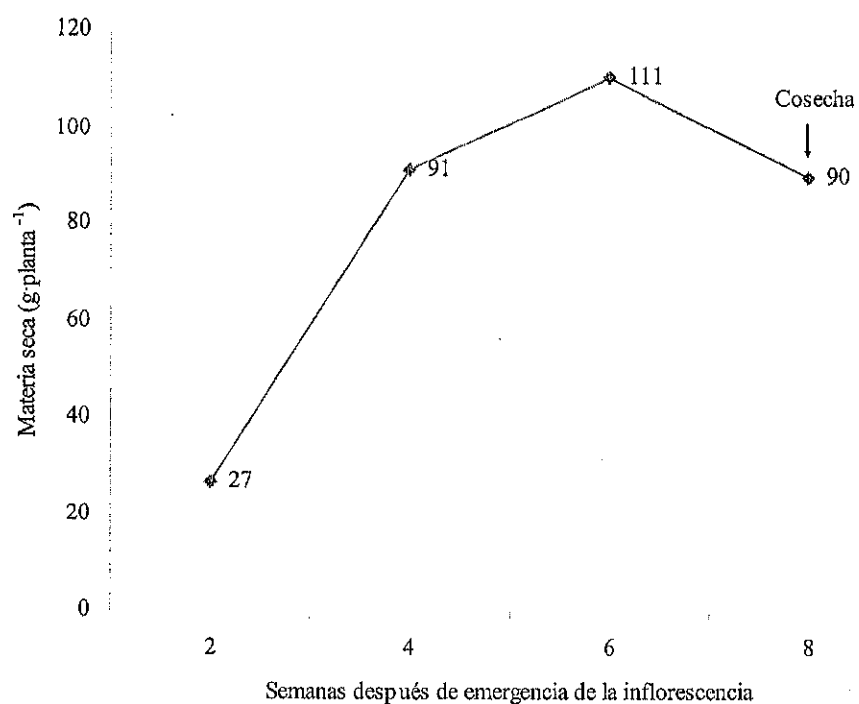


Figura 17. Acumulación de materia seca en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.

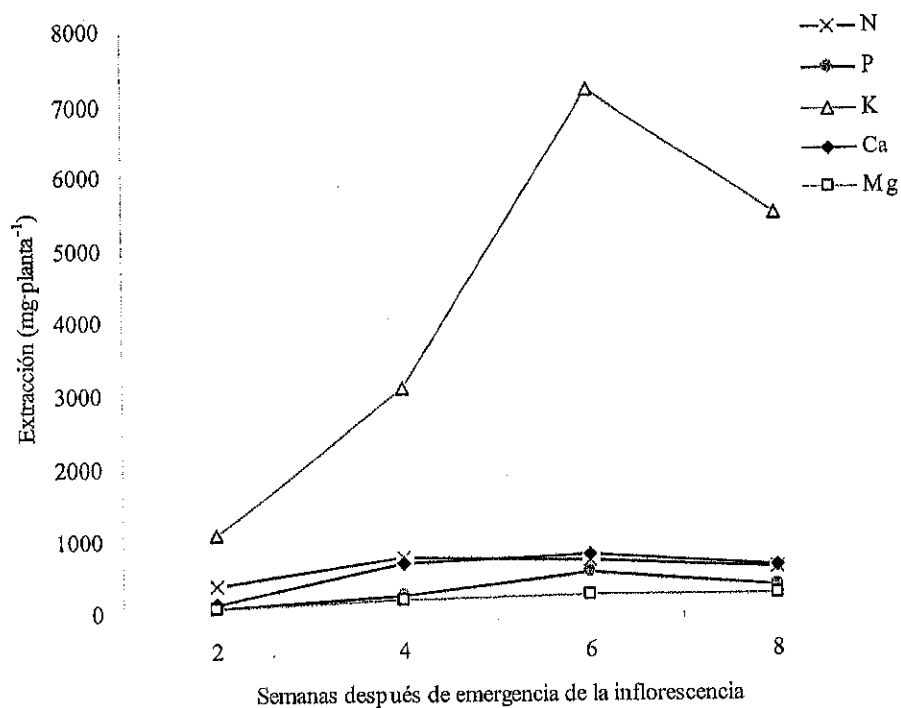


Figura 18. Extracción de macronutrientes por el raquis del racimo de banano 'Dominico'.

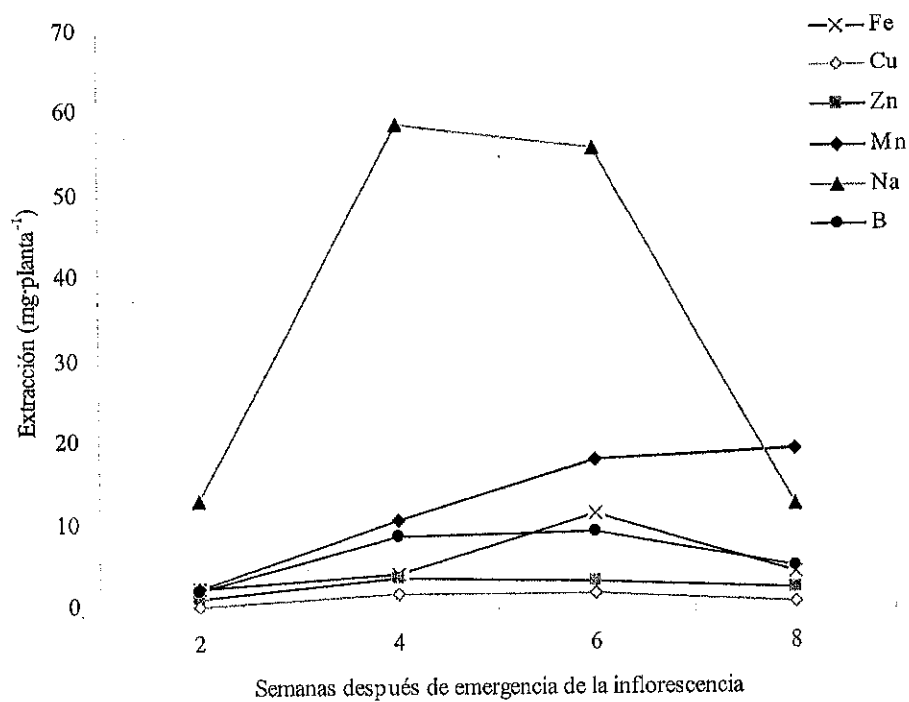


Figura 19. Extracción de micronutrientes por el raquis del racimo de banano 'Dominico'.

4.1.7. Frutos

La mayor acumulación de materia seca para los frutos (Figura 20) fue $1,825 \text{ g.planta}^{-1}$. Se observaron diferencias estadísticas en las etapas de 6 SDEI ($1,825 \text{ g.planta}^{-1}$) y 8 SDEI ($1,734 \text{ g.planta}^{-1}$), ambos valores considerados iguales.

De acuerdo con la extracción de macronutrientes (Figura 21) se observó una dinámica similar a la de la materia seca; el potasio fue el elemento más extraído por los frutos, seguido del nitrógeno. Los valores máximos alcanzados para cada uno de los macronutrientes fueron: 19,769 mg de K por planta; 10,654 de N; 2,593 de P; 2,123 de Mg y 2,014 de Ca, todos alcanzados en la etapa de 6 SDEI. El análisis estadístico reporta que el potasio y el magnesio presentaron diferencias estadísticas en la etapa de 8 SDEI; mientras que el nitrógeno, fósforo y calcio en la etapa de 6 SDEI.

En la extracción de micronutrientes (Figura 22) sobresale la extracción de sodio, alcanzando su valor máximo en la etapa de 6 SDEI y los demás micronutrientes siguieron una dinámica similar, sin ser muy notorios como en el sodio. El hierro, cobre, zinc y boro estadísticamente mostraron diferencias en la etapa de 6 SDEI; mientras que el manganeso no reportó diferencia entre las etapas. Los valores máximos alcanzados fueron: 725.96 mg de Na por planta; 109.41 de B; 77.28 de Fe y 35.72 de Zn, estos en la etapa de 6 SDEI; 23.61 mg de Mn en la etapa de 4 SDEI y 13.84 mg de Cu en la etapa de 6 SDEI.

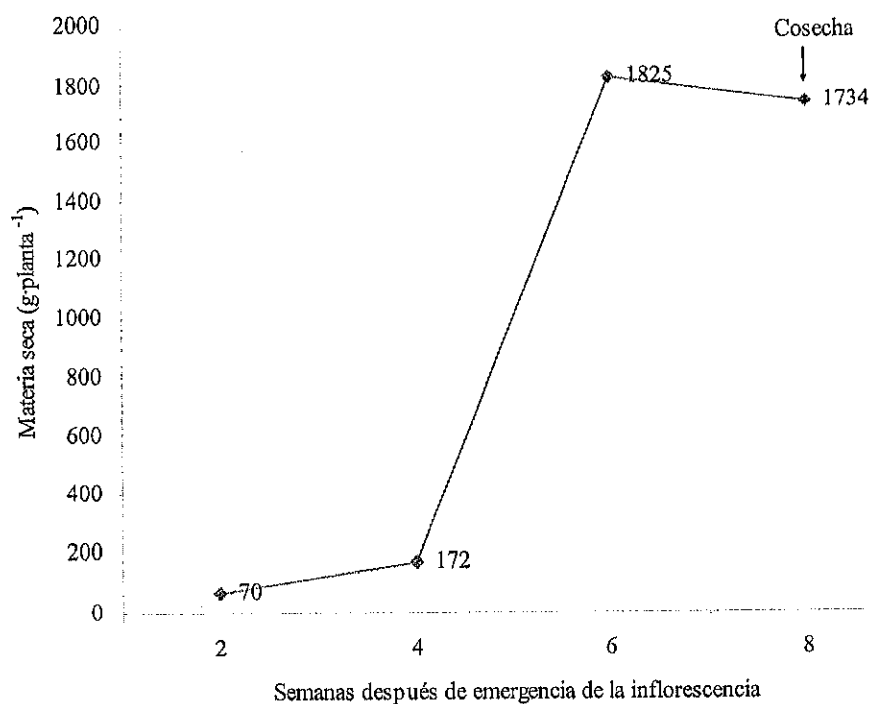


Figura 20. Acumulación de materia seca en los frutos de banano 'Dominico'.

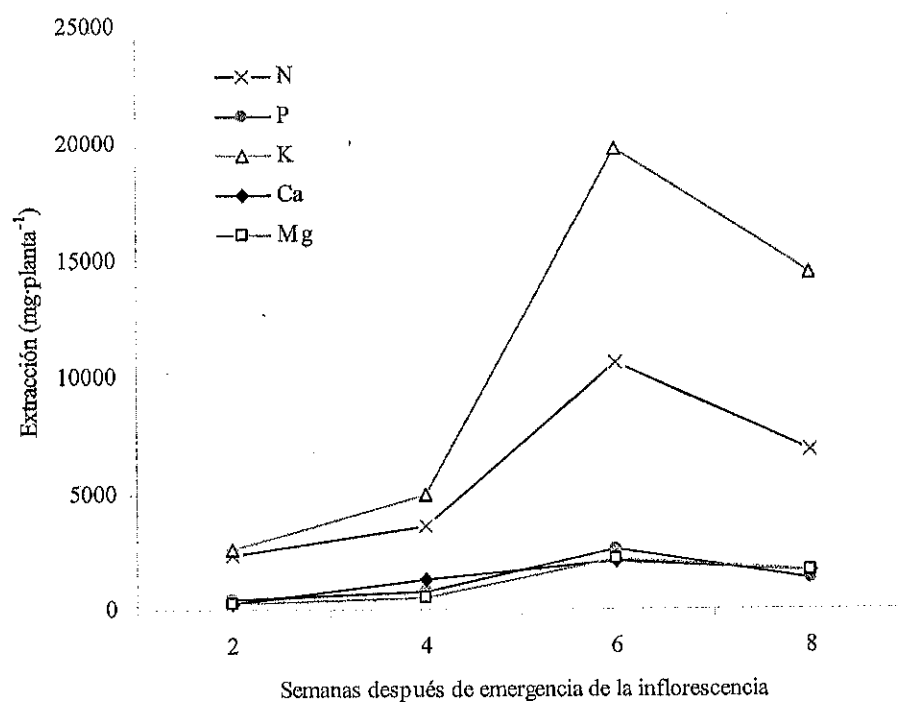


Figura 21. Extracción de macronutrientes por los frutos de banano 'Dominico'.

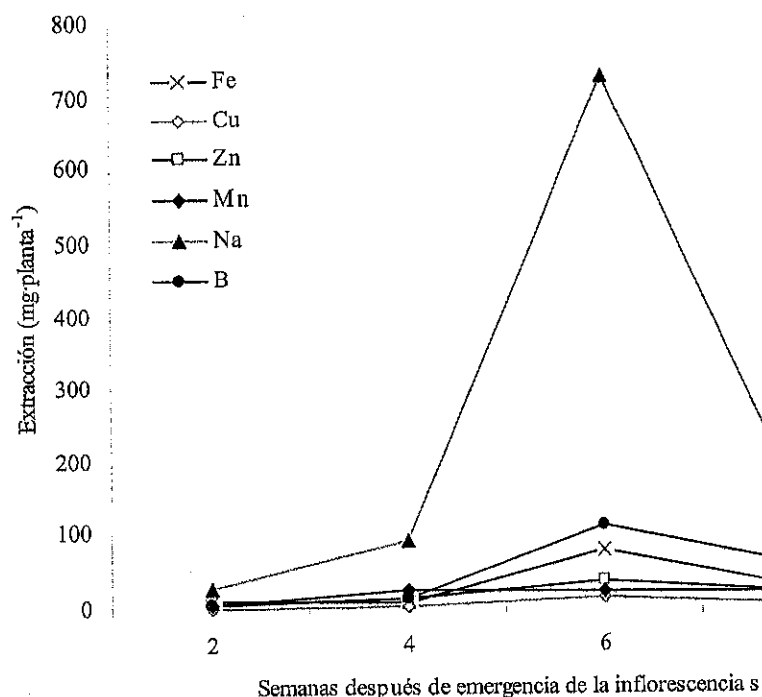


Figura 22. Extracción de micronutrientes por los frutos de banano 'Dominico'.

4.1.8. Bellota

La acumulación de materia seca en la bellota (Figura 23) fue en forma inversa a la acumulación en los frutos (Figura 20); la materia seca alcanzó su valor máximo en la etapa de 4 SDEI con un valor de 42 g·planta⁻¹, esta etapa no presentó diferencia significativa con la etapa de 2 SDEI con 39 g·planta⁻¹, lo que nos señala que en las primeras etapas es cuando hubo mayor acumulación de biomasa.

En la Figura 24 se observa que la extracción máxima siguió siendo la del potasio, seguida del nitrógeno; los valores máximos alcanzados por cada uno de los macronutrientes fueron los siguientes: 1,538 mg de K por planta; 1,219 de N; 295 de

Ca; 241 de P y 170 de Mg, todos en la etapa de 2 SDEI. El nitrógeno presentó diferencia estadística significativa en los valores obtenidos en las etapas de 2 y 4 SDEI; el valor de fósforo y magnesio en la etapa de 2 SDEI; el de calcio en la etapa de 4 SDEI y potasio presentó diferencias en todas las etapas.

Con respecto a la extracción de micronutrientes (Figura 25) el sodio fue el elemento más extraído, alcanzando su valor máximo en la etapa de 4 SDEI; el resto de los micronutrientes siguieron una dinámica muy similar. Los valores máximos alcanzados por los micronutrientes fueron: 24.75 mg de Na por planta; 6.12 de Mn; 4.38 de B; 4.35 de Zn, estos alcanzados en la etapa de 4 SDEI; el resto fue de 3.82 mg de Fe por planta en la etapa de 2 SDEI y 1.01 mg de Cu en la etapa de 6 SDEI. El hierro y cobre no presentaron diferencias estadísticas entre las etapas.

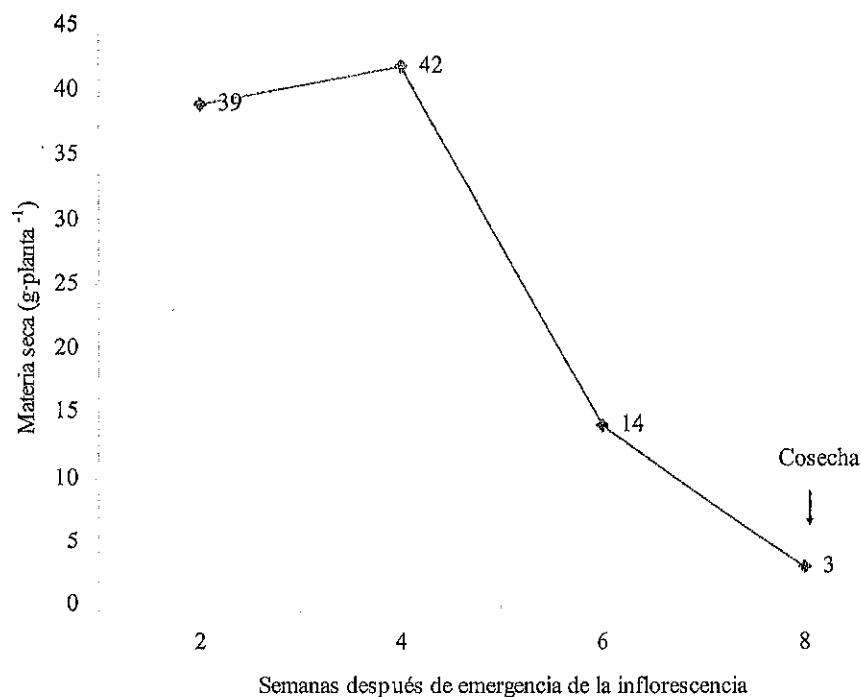


Figura 23. Acumulación de materia seca en la bellota de banano 'Dominico'.

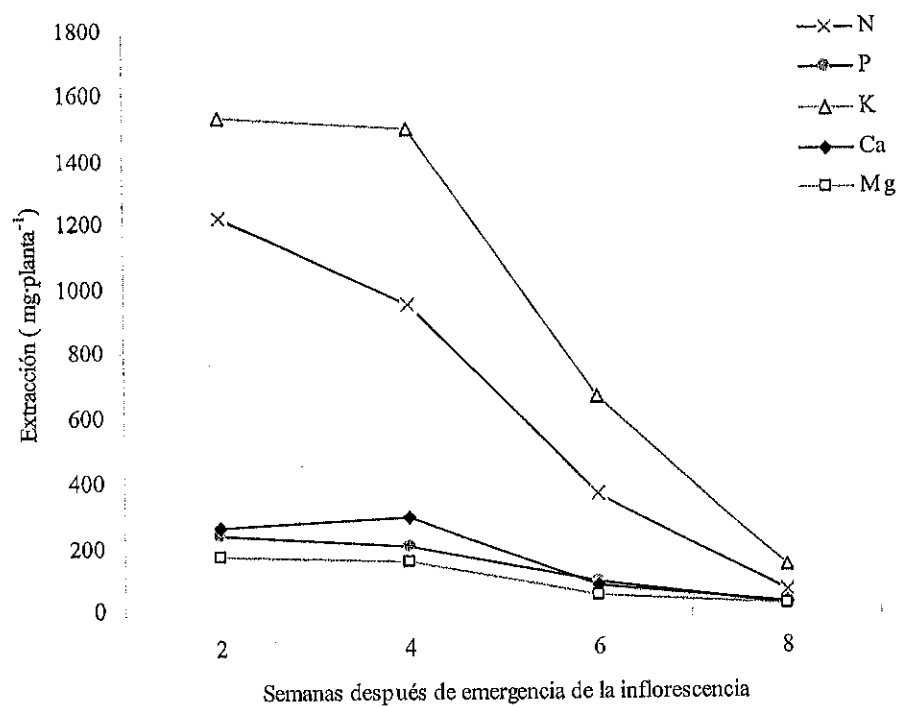


Figura 24. Extracción de macronutrientes por la bellota de banano 'Dominico'.

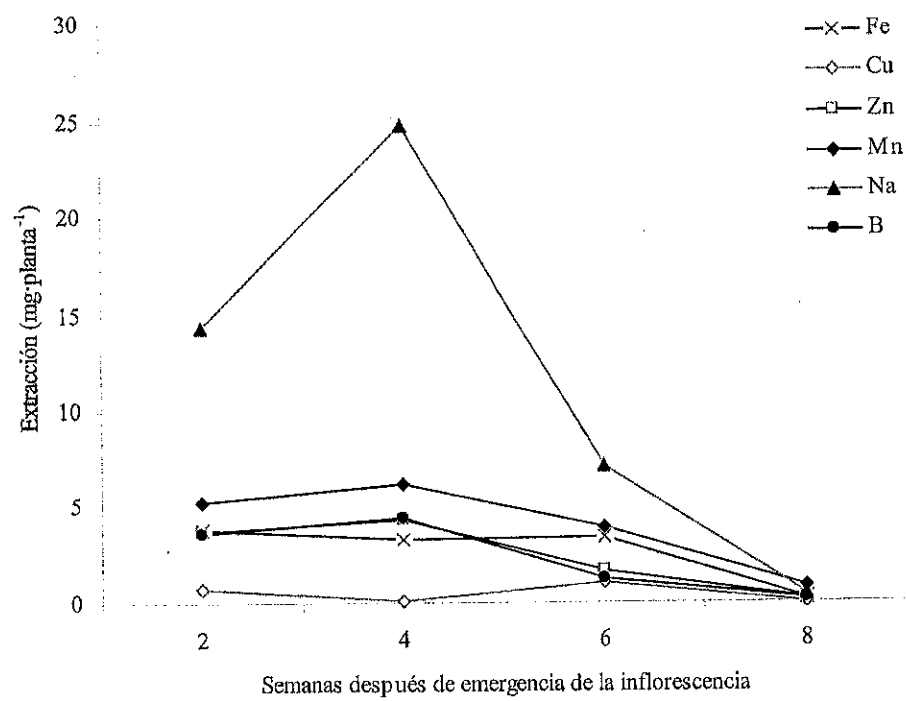


Figura 25. Extracción de micronutrientes por la bellota de banano 'Dominico'.

4.2. Concentración Nutrimental por Órgano

Raíz. En lo que respecta a la concentración de macronutrientes en la raíz (Figura 26), el potasio fue el que más se concentró en las 4 etapas evaluadas, mostrando los valores más altos entre las etapas de 4 semanas después de la emergencia de la inflorescencia (SDEI) (28.56 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 6 SDEI (28.26 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el segundo lugar lo ocupó el nitrógeno, presentando mayor concentración en la etapa de 2 SDEI (10.73 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el calcio manifestó valores muy cercanos al nitrógeno siguiendo una tendencia muy similar a la del potasio; mientras el magnesio se mantuvo muy constante entre sus etapas.

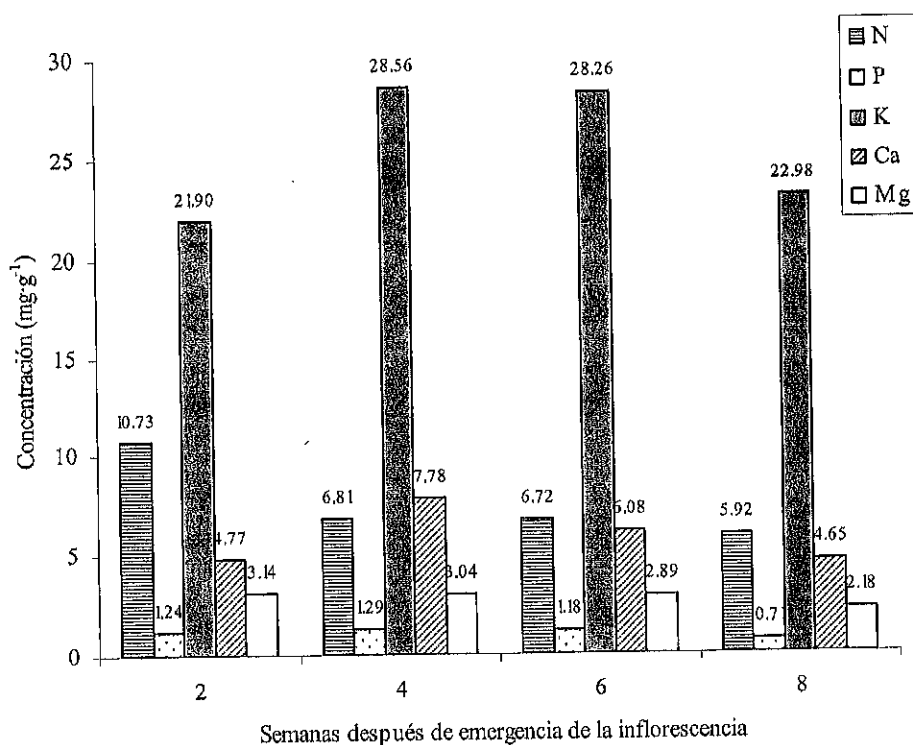


Figura 26. Concentración de macronutrientes en la raíz de banano 'Dominico'.

Para el caso de los micronutrientes, en la Figura 27 se observa que el sodio fue el de mayor concentración y presentó su valor máximo en la etapa de 4 SDEI ($0.91 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), seguido del hierro con un valor de $0.84 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, igual conseguido en la etapa de 4 SDEI; mientras el resto de micronutrientes presentaron valores muy similares entre etapas.

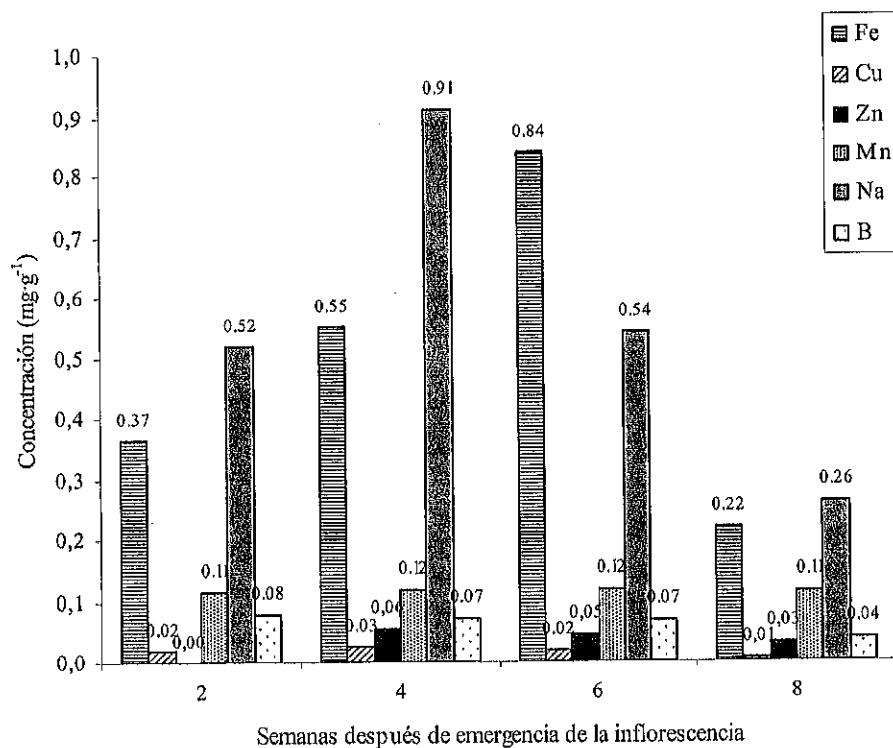


Figura 27. Concentración de micronutrientes en la raíz de banano 'Dominico'.

Cormo. La concentración de macronutrientes en el corno reportó que el potasio fue el de mayor concentración como se observa en la Figura 28, obteniendo su valor más alto en la etapa de 6 SDEI (13.16 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras el nitrógeno presentó mayor concentración en la etapas de 2 SDEI (7.43 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 4 SDEI (7.33 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el calcio en la mayoría de las etapas evaluadas ocupó el tercer lugar teniendo valores muy cercanos entre etapas y presentando su valor máximo de concentración en la etapa de 2 SDEI (3.43 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); la mayor concentración de magnesio se encontró en la etapa de 2 SDEI (3.85 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Para el caso de fósforo su concentración fue muy similar entre etapas.

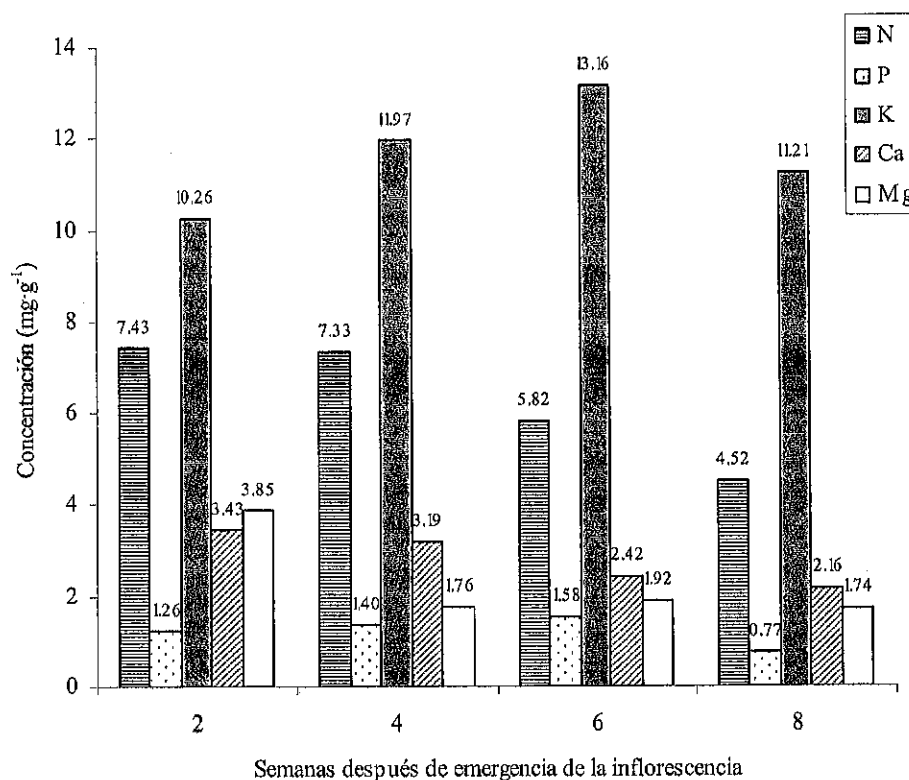


Figura 28. Concentración de macronutrientes en el corno de banano 'Dominico'.

En la Figura 29 se observa que en los micronutrientos el sodio fue nuevamente el de mayor concentración que presentó su valor máximo en la etapa de 4 SDEI ($0.68 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras que el hierro obtuvo más concentración en las etapas de 2 SDEI ($0.25 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 6 SDEI ($0.18 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el manganeso presentó valores muy similares en las etapas evaluadas manifestando su valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($0.10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras que el resto de los micronutrientos permanecieron similares entre sus etapas presentando valores menores de $0.10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

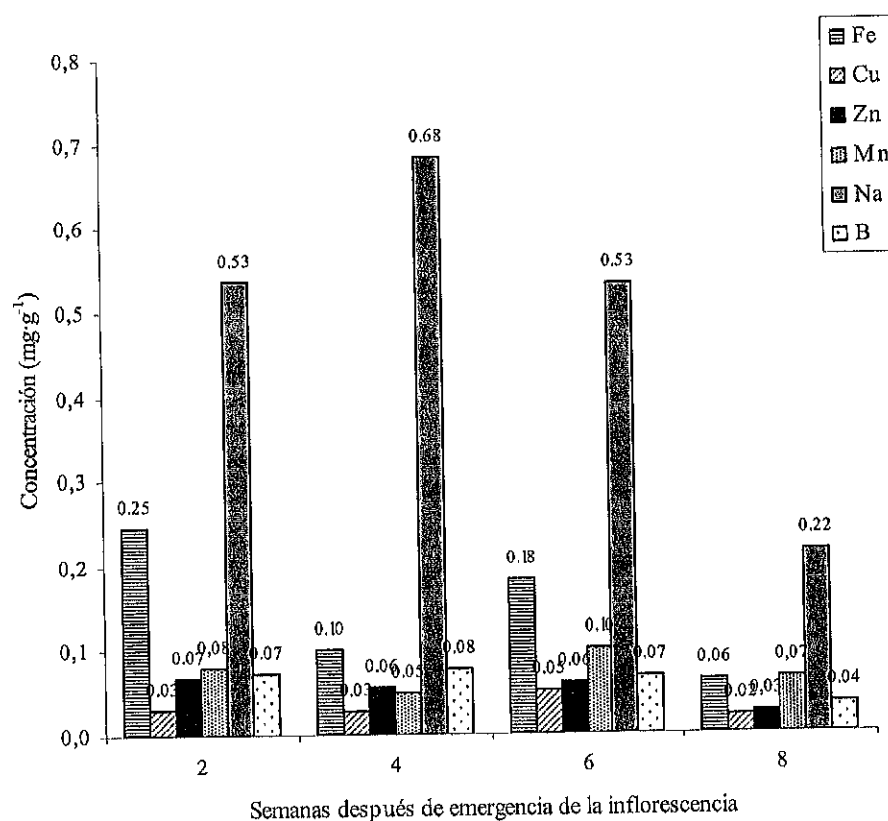


Figura 29. Concentración de micronutrientos en el corno de banano 'Dominico'.

Pseudotallo. Este órgano sigue una tendencia muy similar a la del cormo, como se observa en la Figura 30; siendo el potasio el nutrimento de mayor concentración con el valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($45.94 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); para el nitrógeno la etapa de mayor concentración fue la de 2 SDEI ($13.01 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el calcio siguió una dinámica similar a la del potasio obteniendo el valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($8.29 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el fósforo y el calcio presentaron valores muy similares entre etapas.

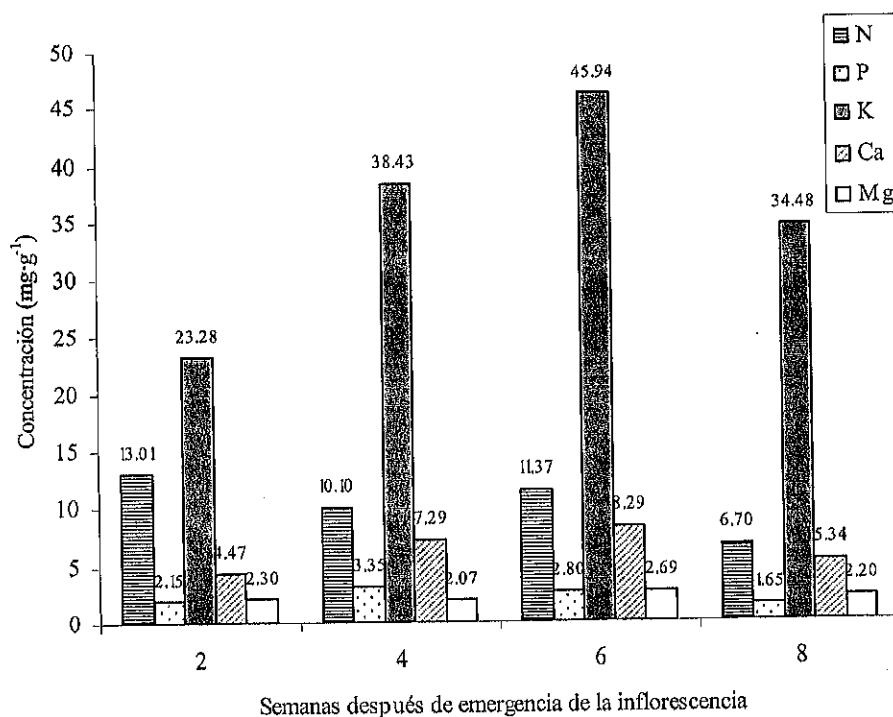


Figura 30. Concentración de macronutrientes en el pseudotallo de banano 'Dominico'.

En la Figura 31 se observa que para micronutrientos el de mayor concentración fue el sodio, obteniendo el valor más alto en la etapa de 4 SDEI ($0.68 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el manganeso reportó su valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($0.18 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras el resto de los micronutrientos presentaron valores muy similares entre cada etapa. Estos valores fueron menores a $0.12 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

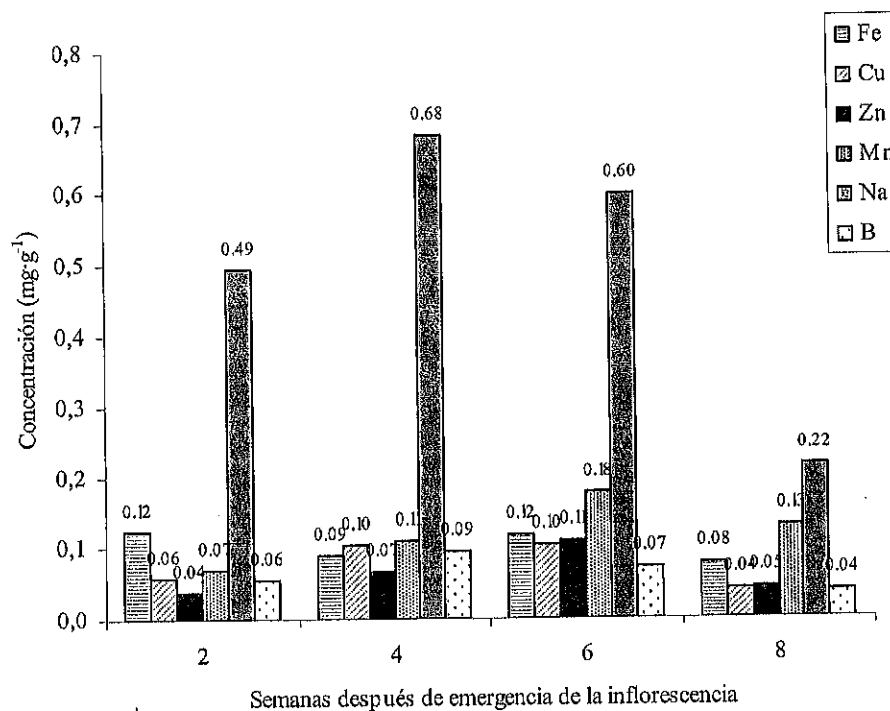


Figura 31. Concentración de micronutrientos en el pseudotallo de banano 'Dominico'.

Pecíolos. En la concentración de macronutrientes para los pecíolos de las hojas, se observa en la Figura 32 que el potasio fue el de mayor concentración entre etapas, presentando el valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($47.45 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el calcio ocupó el segundo lugar manifestando su concentración mas alta en la etapa de 6 SDEI ($21.08 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); para el nitrógeno su valor máximo fue en la etapa de 2 SDEI ($11.30 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras el magnesio y el fósforo presentaron valores muy similares entre cada una de las etapas evaluadas.

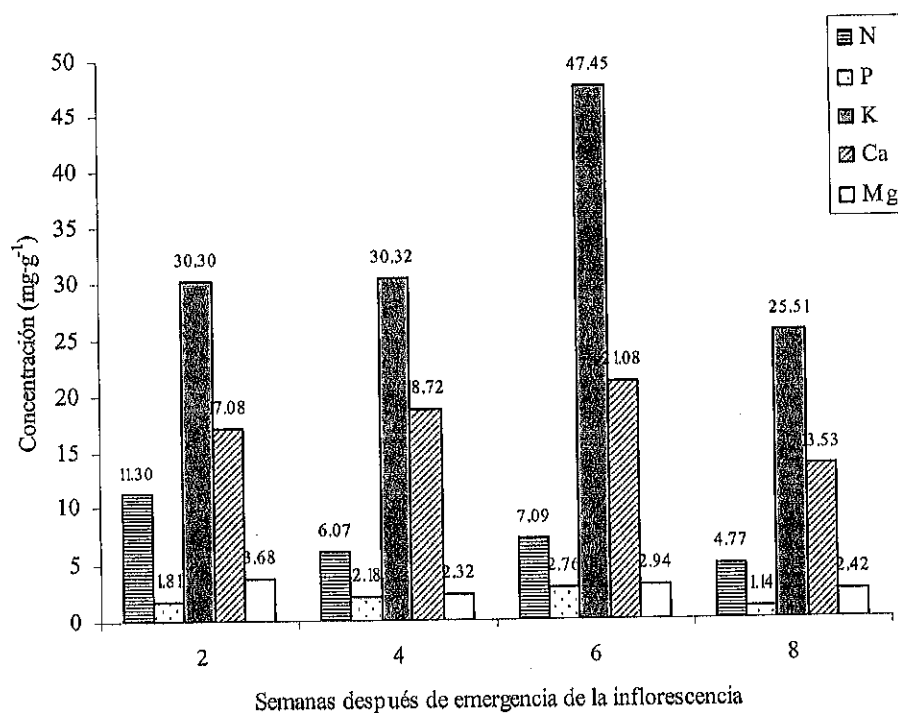


Figura 32. Concentración de macronutrientes en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.

La Figura 33 muestra que para los micronutrientes el sodio fue el nutrimento de mayor concentración en la etapa de 4 SDEI ($0.67 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras que el hierro y boro también presentaron el valor máximo de concentración en esta etapa, con valores de $0.19 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ para hierro y $0.11 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ para el boro. Para manganeso la etapa de mayor concentración fue la de 6 SDEI ($0.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

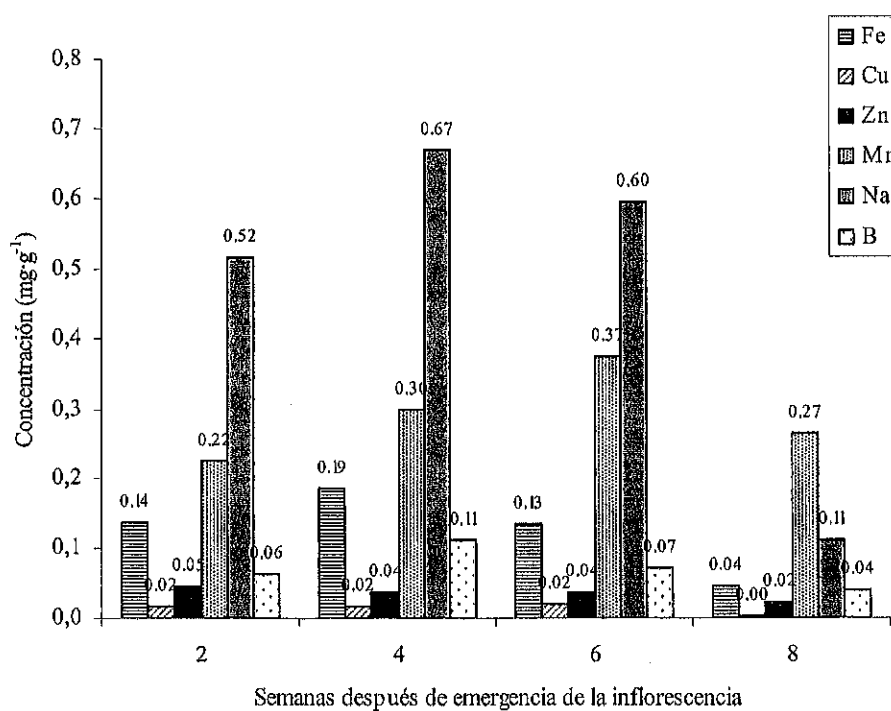


Figura 33. Concentración de micronutrientes en los pecíolos de las hojas de banano 'Dominico'.

Hojas. En la Figura 34 se observa que en la concentración de macronutrientes el nitrógeno y el potasio fueron los de mayor concentración en la hoja, obteniendo su valor máximo en la etapa de 6 SDEI; para nitrógeno el valor fue $25.05 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y del potasio fue $23.92 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. El tercer lugar en concentración para la hoja fue el calcio, que obtuvo su valor más alto en la etapa de 8 SDEI ($14.52 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Mientras que el magnesio y el fósforo mantuvieron valores similares entre etapas.

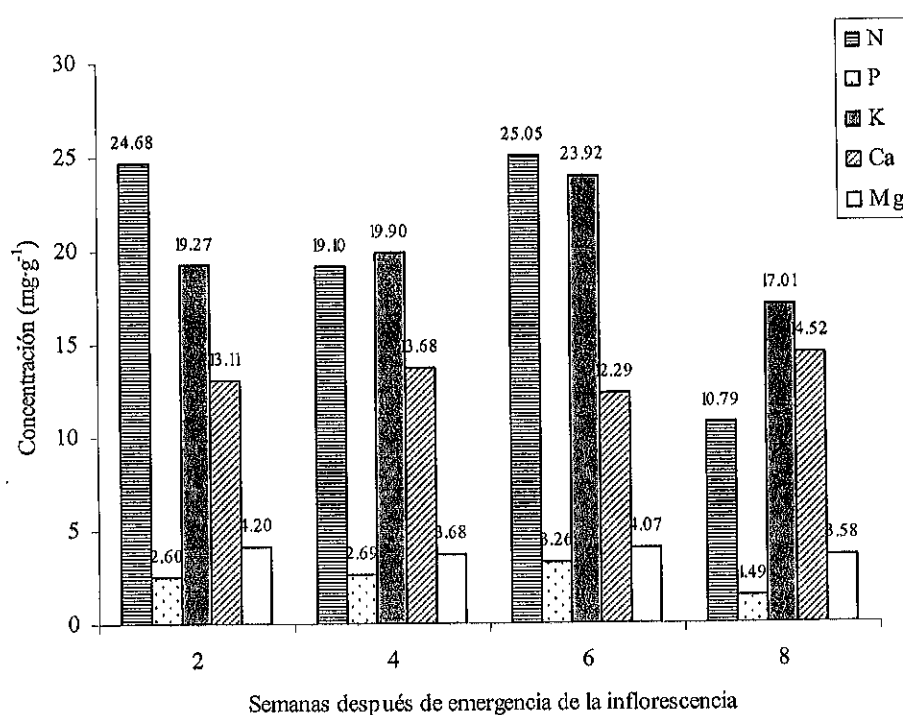


Figura 34. Concentración de macronutrientes en las hojas de banano 'Dominico'.

En la concentración de micronutrientes (Figura 35) se observa que el manganeso fue el de mayor concentración en las últimas etapas evaluadas, obteniendo su valor máximo en la etapa de 6 SDEI; mientras que el sodio fue el de mayor concentración en las primeras etapas, obtuvo su valor máximo en la etapa de 4 SDEI ($0.68 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). El hierro presentó su mayor concentración en la etapa de 6 SDEI ($0.16 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras que el boro y zinc presentaron valores muy similares entre sus etapas.

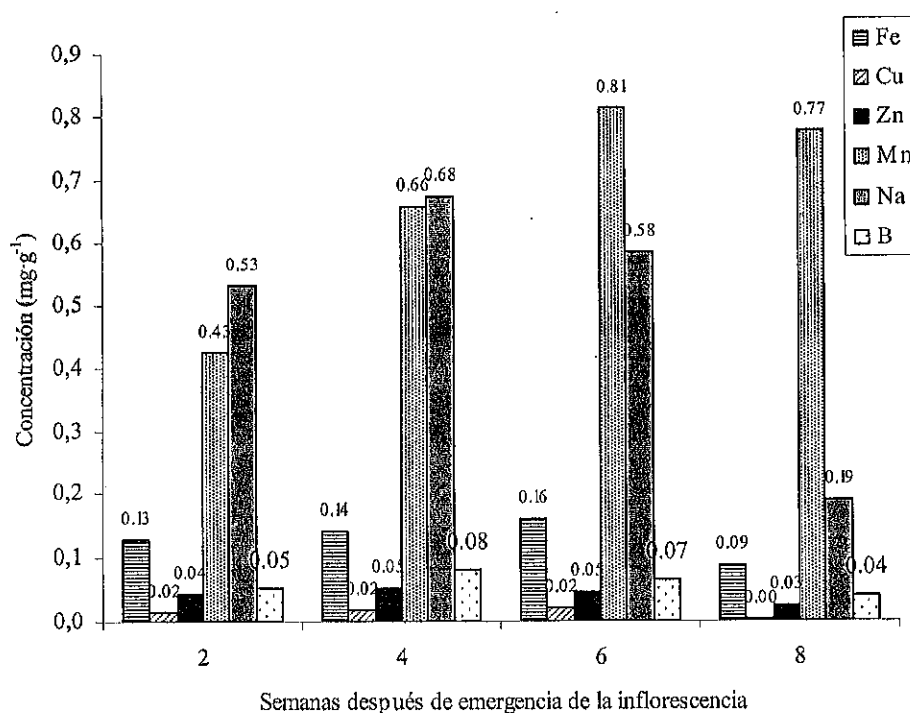


Figura 35. Concentración de micronutrientes en las hojas de banano 'Dominico'.

Raquis. Con respecto a la concentración de macronutrientos (Figura 36), el potasio fue el nutriente que más se concentró en este órgano, con el valor máximo en la etapa de 6 SDEI ($64.59 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras que el nitrógeno obtuvo el valor más alto en la etapa de 2 SDEI ($13.65 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). En lo que respecta al resto de los macronutrientos se mantuvieron con valores similares entre cada una de sus etapas.

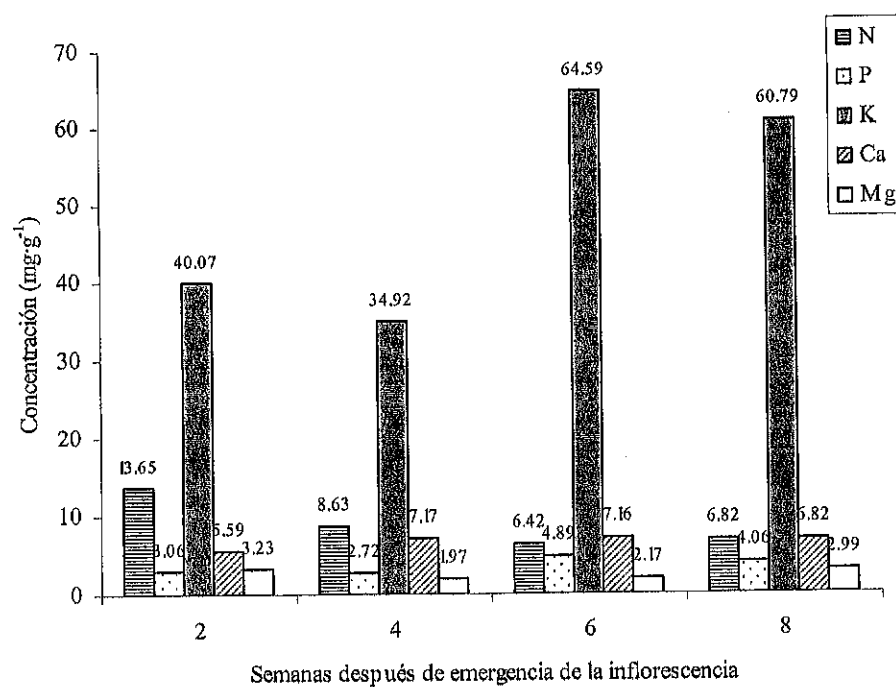


Figura 36. Concentración de macronutrientos en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.

Con respecto a los micronutrientos se observa en la Figura 37 que el sodio fue el de mayor concentración, con un valor máximo obtenido en la etapa de 4 SDEI ($0.66 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el manganeso se mostró en forma ascendente obteniendo su máxima concentración en la etapa de 8 SDEI ($0.22 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); la concentración de hierro mostró que las etapas de 2 SDEI ($0.14 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 6 SDEI ($0.10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) fueron los valores más altos. Mientras que para el resto de los micronutrientos su concentración fue muy similar entre etapas.

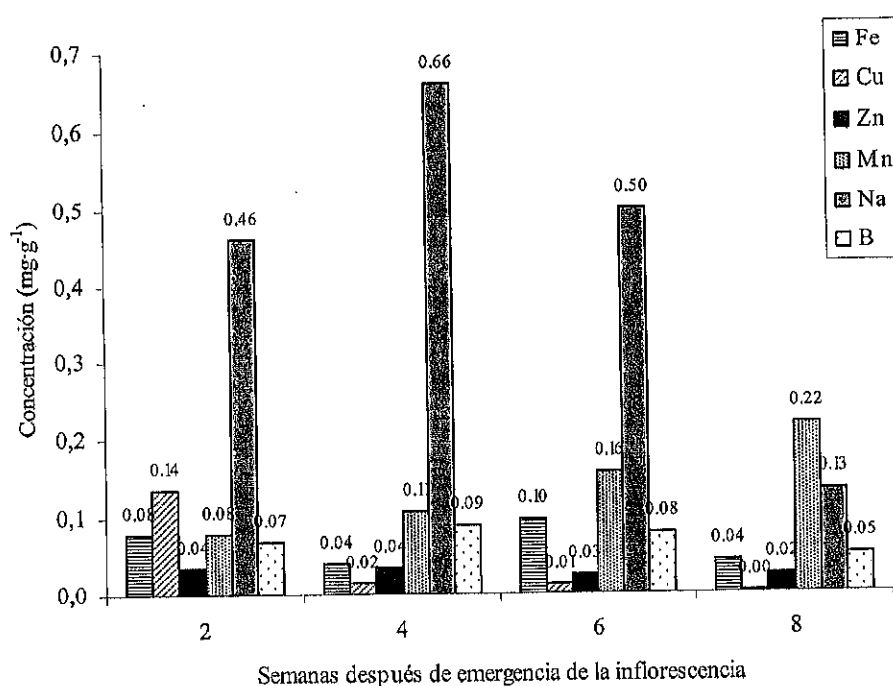


Figura 37. Concentración de micronutrientos en el raquis del racimo de banano 'Dominico'.

Frutos. Para el caso de la concentración de macronutrientes en los frutos (Figura 38), el potasio fue el de mayor concentración en las cuatro etapas evaluadas, siguiendo una dinámica en forma descendente, siendo el valor más alto en la etapa de 2 SDEI (36.91 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el nitrógeno mostró una tendencia similar a la del potasio con un valor máximo en la etapa de 2 SDEI (32.21 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el fósforo y magnesio siguieron esta misma tendencia; mientras que el calcio presentó la mayor concentración en la etapa de 4 SDEI (7.08 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

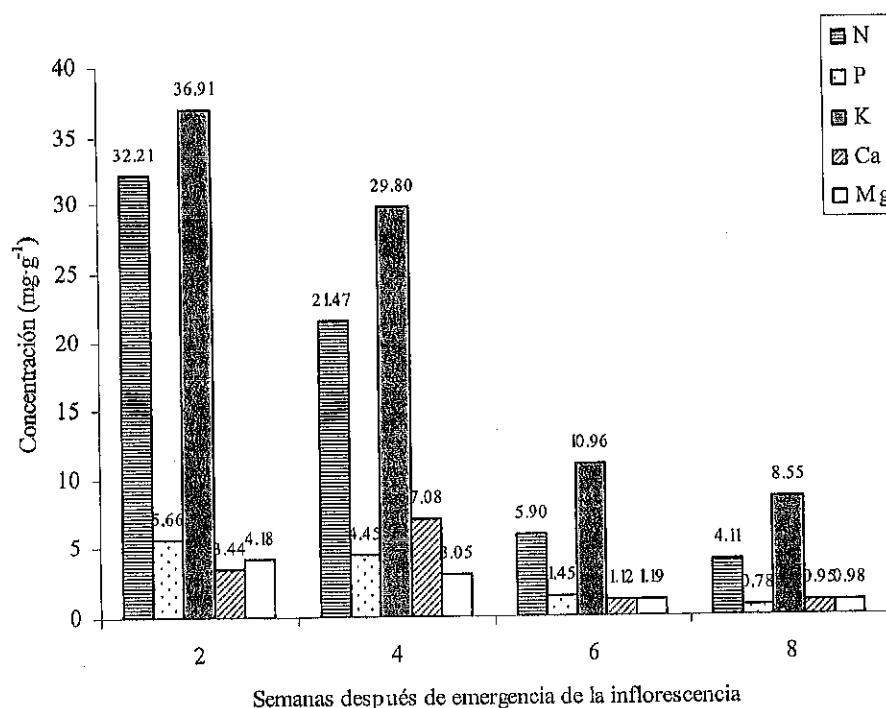


Figura 38. Concentración de macronutrientes en los frutos de banano 'Dominico'.

En relación a los micronutrientes (Figura 39), el sodio fue el de mayor concentración obteniendo su valor máximo en la etapa de 4 SDEI ($0.57 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el hierro presentó una dinámica en forma descendente siendo su valor más alto en la etapa de 2 SDEI ($0.15 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el zinc siguió esta misma tendencia. El manganeso presentó su máxima concentración en la etapa de 4 SDEI ($0.13 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); mientras el resto de los micronutrientes presentó valores muy similares entre etapas.

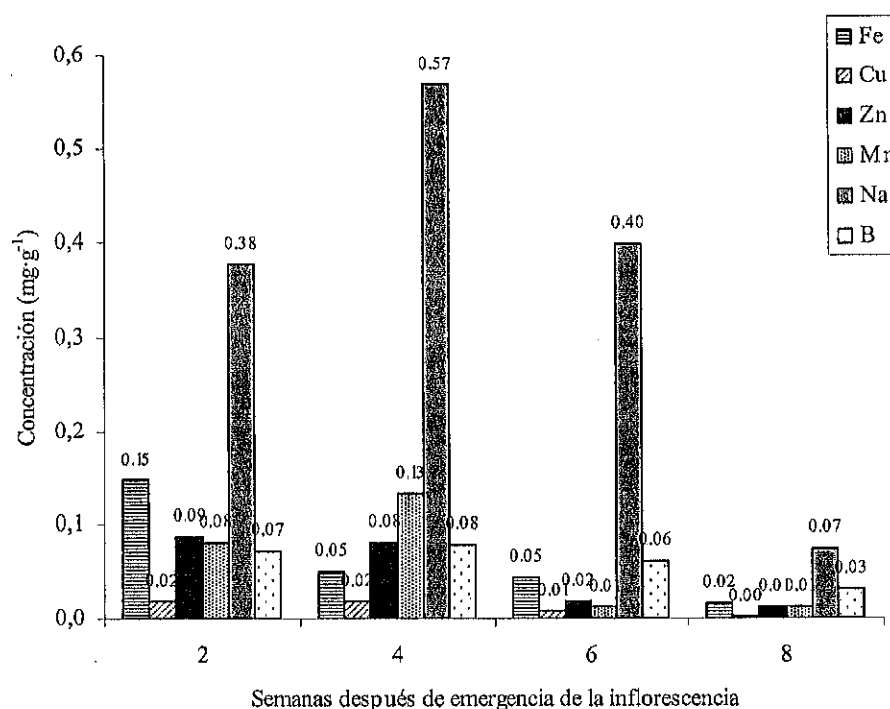


Figura 39. Concentración de micronutrientes en los frutos de banano ‘Dominico’.

Bellota. En la Figura 40 se observa que el potasio y el nitrógeno presentaron los valores más altos de concentración, el potasio en la etapa de 6 SDEI (45.68 mg·g⁻¹) y el nitrógeno en la etapa de 2 SDEI (30.91 mg·g⁻¹); mientras que el calcio, fósforo y magnesio mantuvieron valores muy cercanos entre etapas.

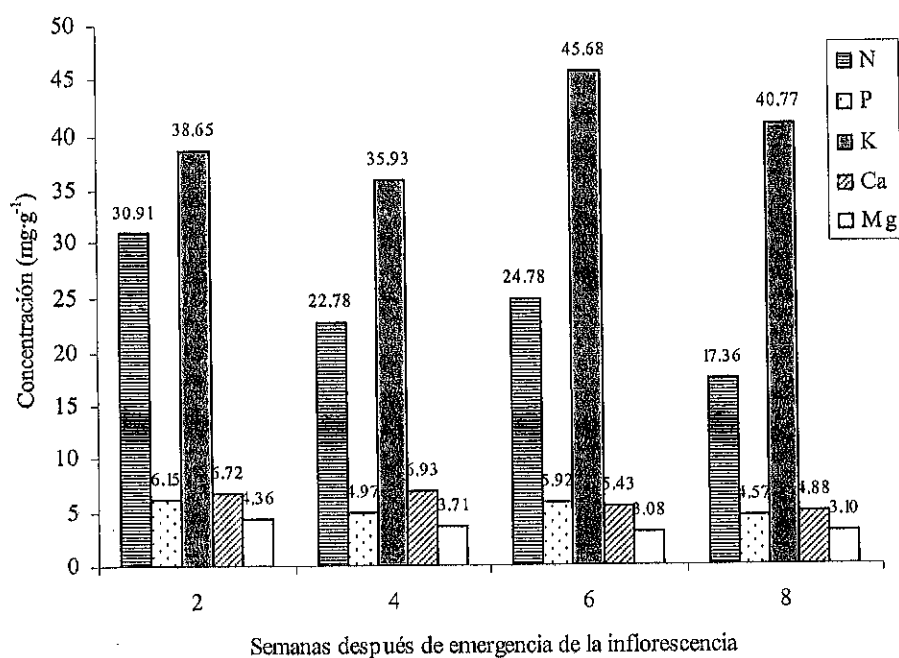


Figura 40. Concentración de macronutrientes en la bellota de banano 'Dominico'.

En los micronutrientos (Figura 41) el sodio fue el nutriente de mayor concentración, obteniendo su valor más alto en la etapa de 4 SDEI ($0.59 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); el hierro y el manganeso presentaron el valor máximo de concentración en la etapa de 6 SDEI, $0.35 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ para el hierro y $0.33 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ para el manganeso. Mientras que el resto de los micronutrientos presentó valores muy similares entre etapas.

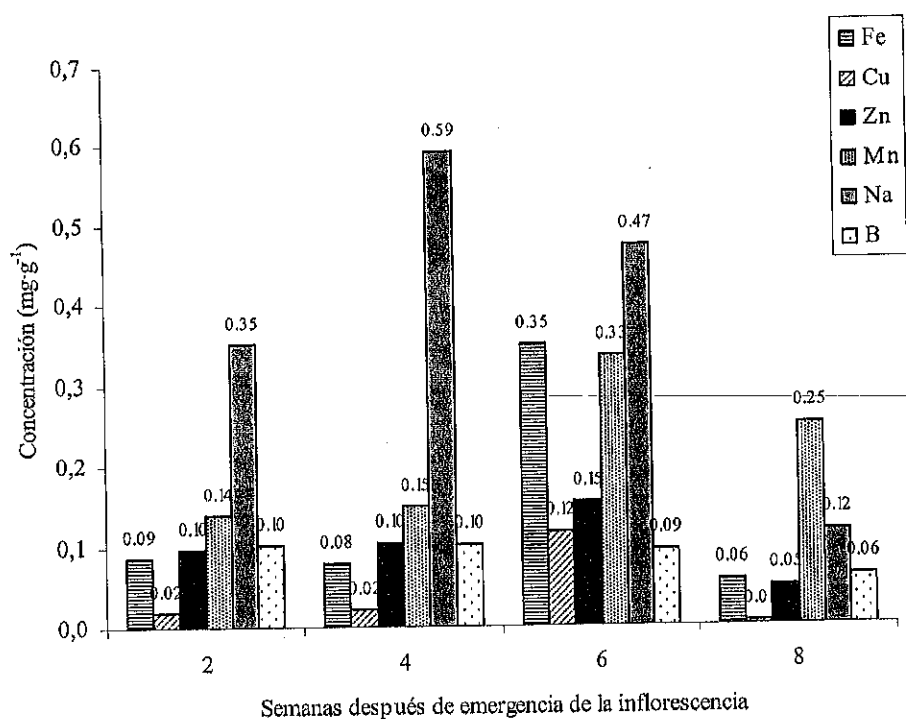


Figura 41. Concentración de micronutrientos en la bellota de banano 'Dominico'.

4.3. Dinámica de Acumulación Total de Materia Seca y Extracción Total por Planta

El valor más alto de acumulación total de materia seca (Figura 42) se obtuvo en la etapa de 4 SDEI, con un valor de 12,568 g.planta⁻¹. El Cuadro 2 indica que en la etapa de 4 SDEI los que presentaron mayor biomasa fueron la raíz, el corno, los pecíolos, las hojas y la bellota.

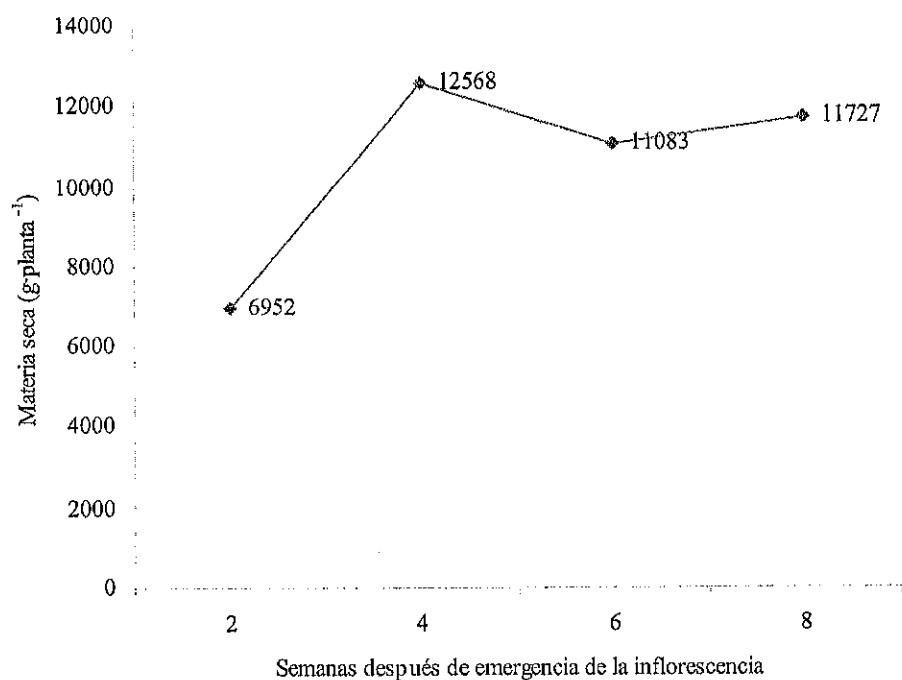


Figura 42. Acumulación total de materia seca en la planta de banano 'Dominico' en sus diferentes etapas evaluadas.

Cuadro 2. Acumulación de materia seca total ($\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$) por órganos y a través de las diferentes etapas evaluadas.

SDEI ²	Raíz	Cormo	pseudotallos	Pecíolos	Hojas	Raquis	Frutos	Bellota	Total
2	96	2770	3261	106	583	27	70	39	6952
4	275	5470	4412	474	1633	91	172	42	12568
6	121	2819	4742	222	1230	111	1825	14	11083
8	187	2802	5621	206	1086	90	1734	3	11727
promedios	170	3465	4509	252	1133	80	950	24	10583

²SDEI= semanas después de emergencia de la inflorescencia.

La Figura 43 muestra que el órgano de mayor acumulación de biomasa fue el pseudotallo, con un valor promedio de $4,509 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; seguido del cormo con $3,465 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; en tercer lugar se encontraron las hojas con $1,133 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; le siguieron los frutos con un valor de $950 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ y los pecíolos con $252 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; el resto de los órganos presentaron un valor menor de $200 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ (raíz, raquis y bellota).

En la Figura 44A se observa que en la parte baja de la planta el órgano que presentó mayor acumulación de materia seca fue el pseudotallo, seguido del cormo; solo en la etapa de 4 SDEI el cormo presentó un mayor contenido de biomasa; mientras que en la parte alta de la planta el órgano con mayor acumulación de materia seca fueron los frutos en las dos últimas etapas (Figura 44B) con valores de $1,825 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ y $1,734 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ en las etapas de 6 y 8 SDEI, respectivamente (Cuadro 2).

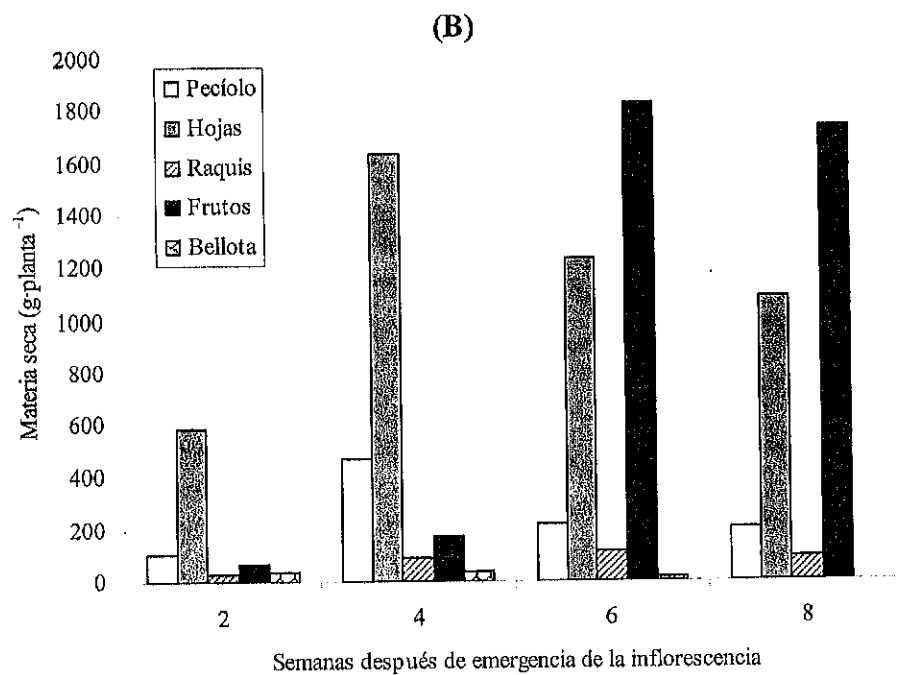
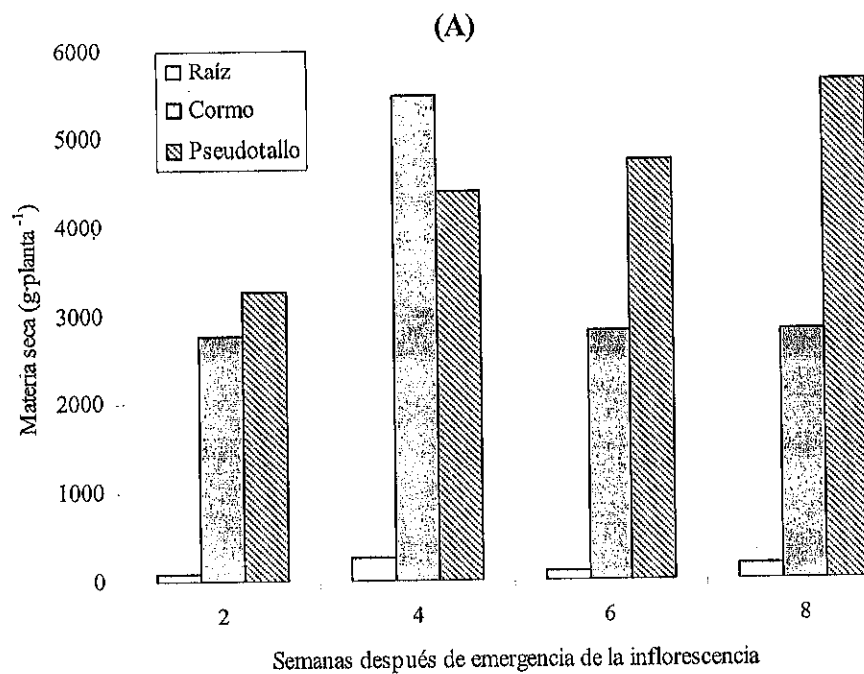


Figura 44. Acumulación de materia seca en la parte baja (A) y acumulación de materia seca en la parte alta (B) de la planta de banano 'Dominico'.

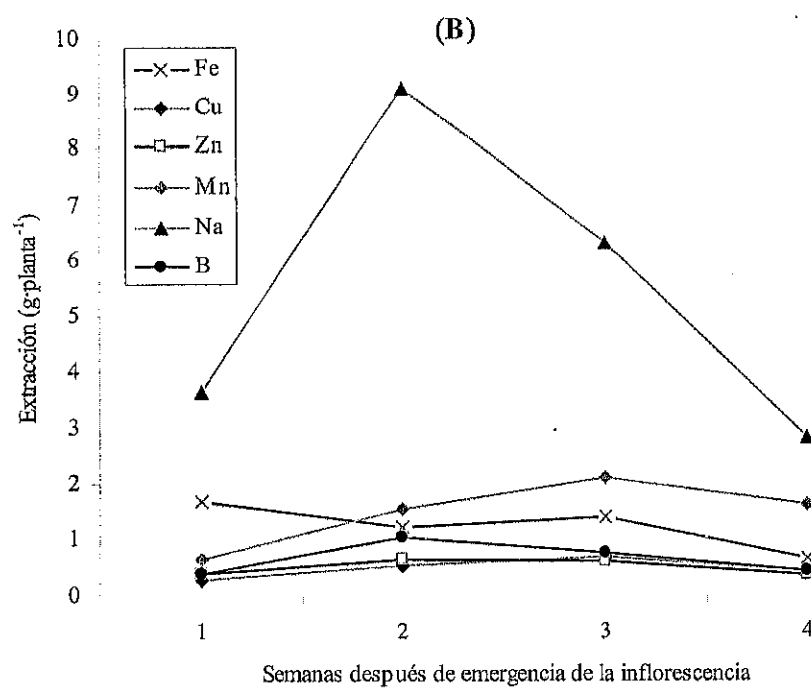
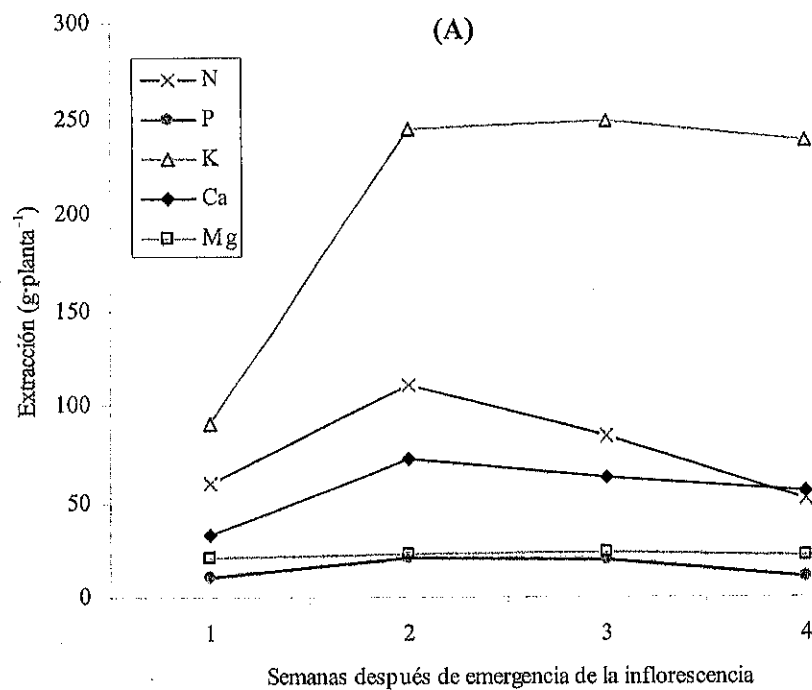


Figura 45. Extracción total de macronutrientes (A) y de micronutrientes (B) en la planta de banano 'Dominico'.

4.4. Dinámica en la Extracción de Nutrientos

4.4.1. Nitrógeno

En lo que respecta a la dinámica de la extracción del nitrógeno (Figura 46) se observó que la mayor acumulación se presentó en la etapa de 4 SDEI, con un porcentaje de 37.24; en las siguientes etapas disminuyó llegando a tener un valor en la etapa de 8 SDEI (17.93%), un valor cercano al de la etapa inicial de 2 SDEI (19.62%); en estas etapas se presentaron los valores más bajos de extracción.

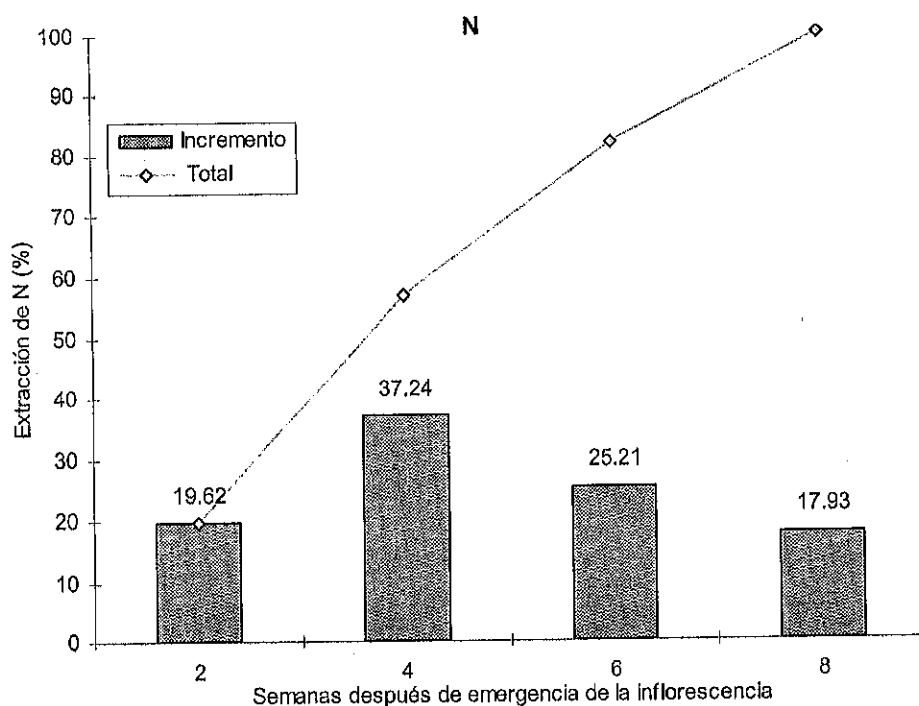


Figura 46. Extracción total y porcentual de nitrógeno en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.2. Fósforo

En la Figura 47 se presenta una dinámica para la extracción del fósforo similar a la del nitrógeno, empezando con un valor menor en la etapa de 2 SDEI (16.29%) y obteniendo su valor máximo en la etapa de 4 SDEI (34.87%), seguido de un valor cercano en la etapa de 6 SDEI (31.53 %), disminuyendo nuevamente en la etapa de 8 SDEI (17.31%) que es cuando el racimo de fruto se cosecha.

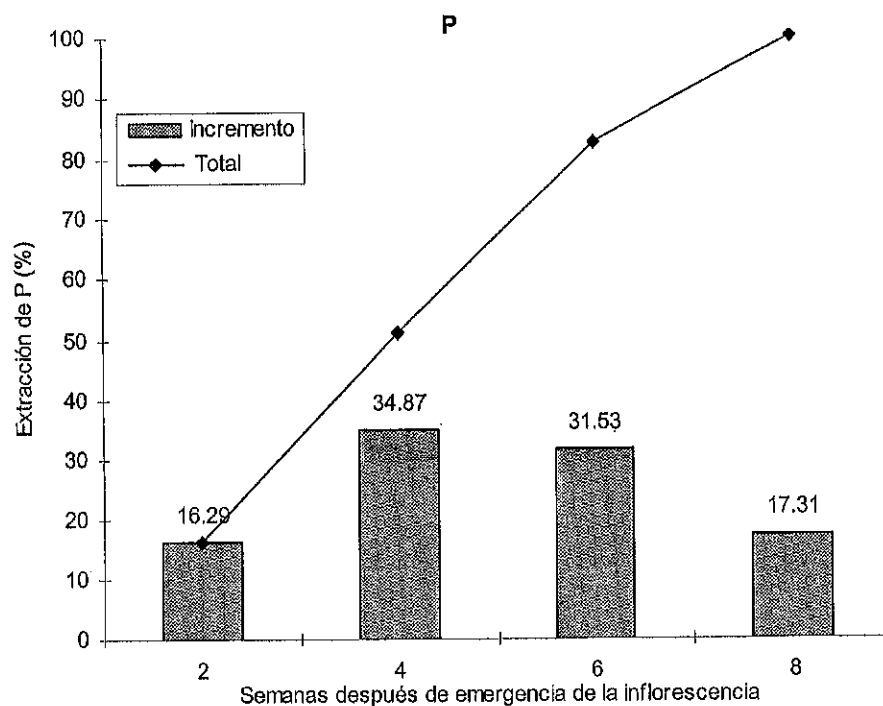


Figura 47. Extracción total y porcentual de fósforo en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.3. Potasio

La dinámica de extracción de potasio se mantuvo muy similar en las tres últimas etapas evaluadas de la fase productiva (Figura 48), presentando el valor menor en la etapa de 2 SDEI (11.08%), alcanzado un valor máximo en la etapa de 4 SDEI (31.13 %), para luego ir disminuyendo a través de las etapas, teniendo los valores siguientes: 29.07% en la etapa de 6 SDEI y 28.73% en la etapa de 8 SDEI.

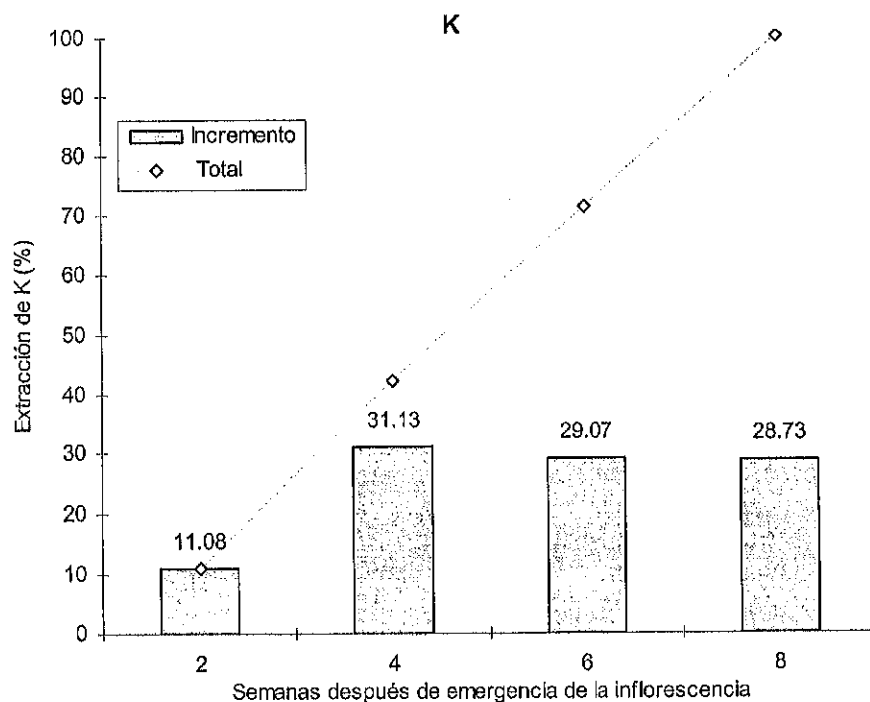


Figura 48. Extracción total y porcentual de potasio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.4. Calcio

La extracción de calcio (Figura 49) presentó su valor mínimo en la etapa de 2 SDEI, que es cuando el racimo está en plena formación, y su valor máximo en la etapa de 4 SDEI (34.10%); mientras que en el resto de las etapas (6 SDEI y 8 SDEI) se presentaron porcentajes similares.

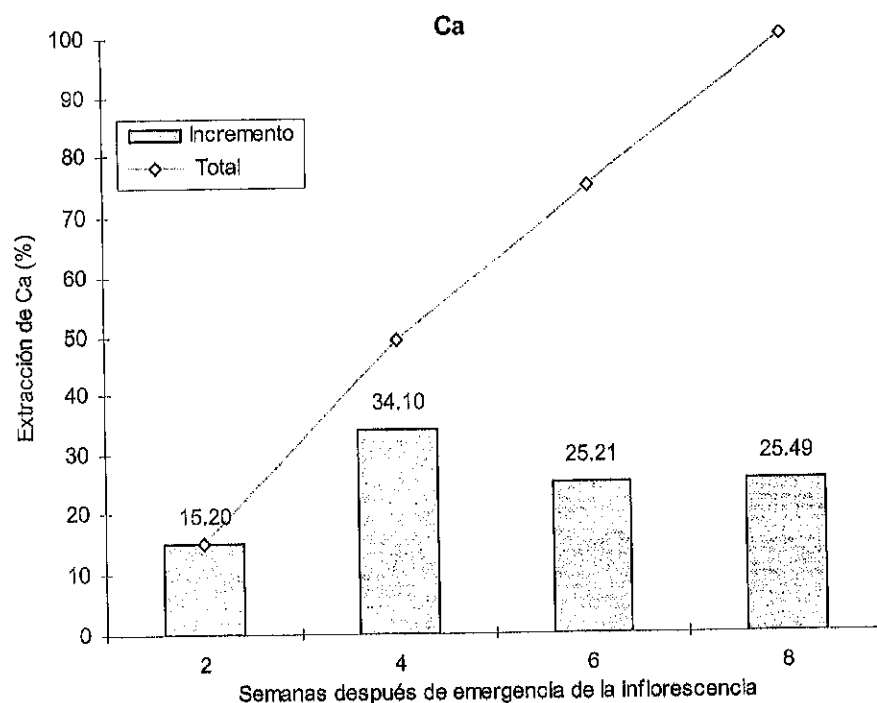


Figura 49. Extracción total y porcentual de calcio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.5. Magnesio

La dinámica de extracción de magnesio fue muy similar a través de las etapas en la fase productiva (Figura 50), presentando el valor menor en la etapa de 8 SDEI (23.35%), siguiendo en aumento en las etapas siguientes y obteniendo un valor máximo en la etapa de 4 SDEI (27.36 %).

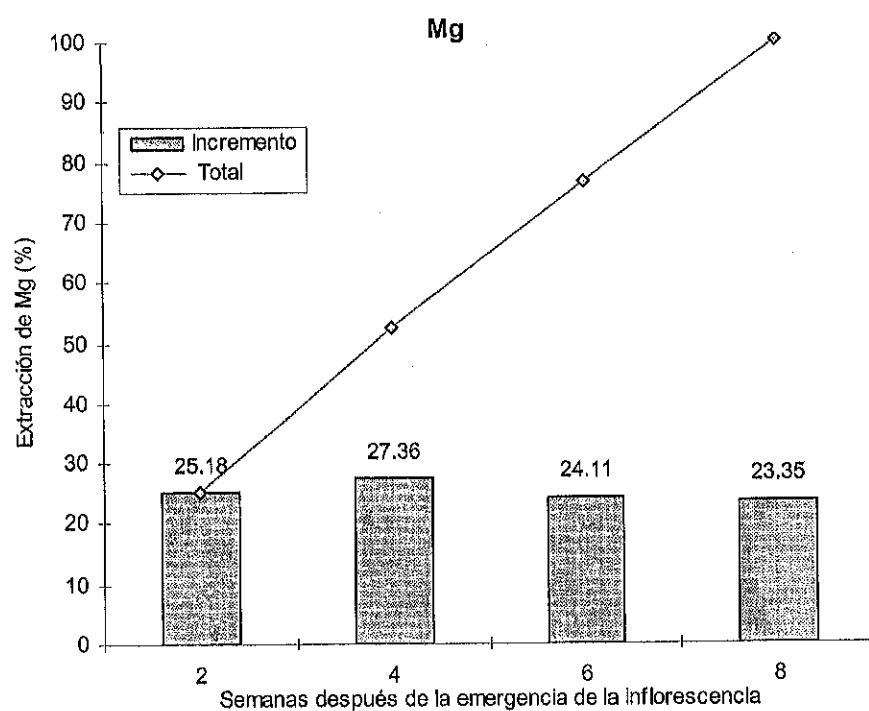


Figura 50. Extracción total y porcentual de magnesio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.6. Hierro

En la Figura 51 se muestra que la dinámica de extracción del hierro presentó un valor alto en la etapa de 2 SDEI (37.64%), y el valor menor en la etapa de 8 SDEI (11.17%); mientras que en la etapa de 4 SDEI presentó una disminución en la extracción de hierro con 24.02%, volviendo aumentar en la etapa de 6 SDEI (27.18%).

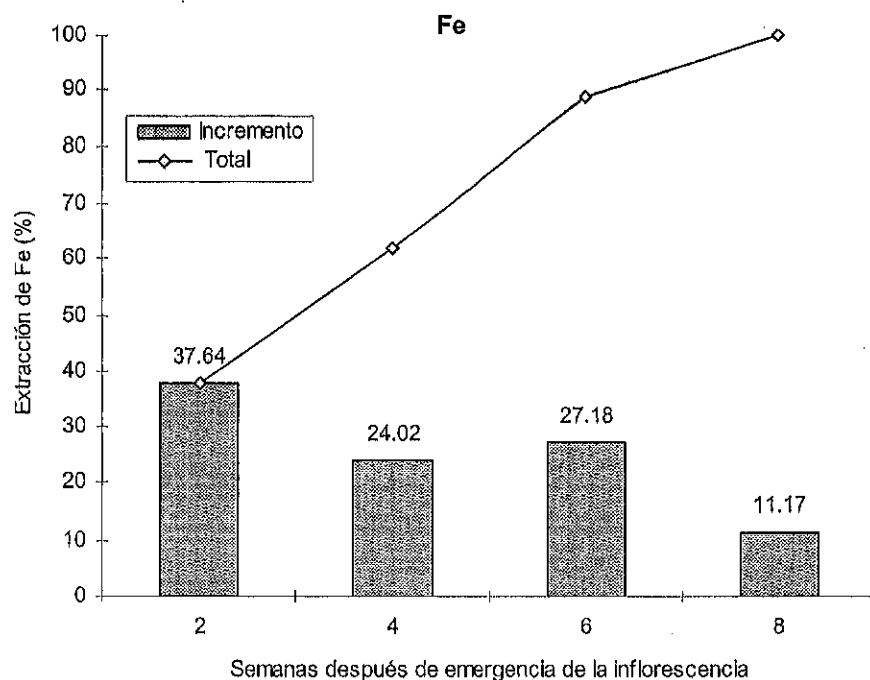


Figura 51. Extracción total y porcentual de hierro en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.7. Manganeso

La extracción del manganeso (Figura 52) manifestó su menor extracción en la etapa de 2 SDEI (12.84%), siguiendo en las etapas su extracción en forma ascendente y alcanzado su mayor extracción porcentual en la etapa de 6 SDEI (33.28%) teniendo una disminución en la etapa de 8 SDEI (27.99%).

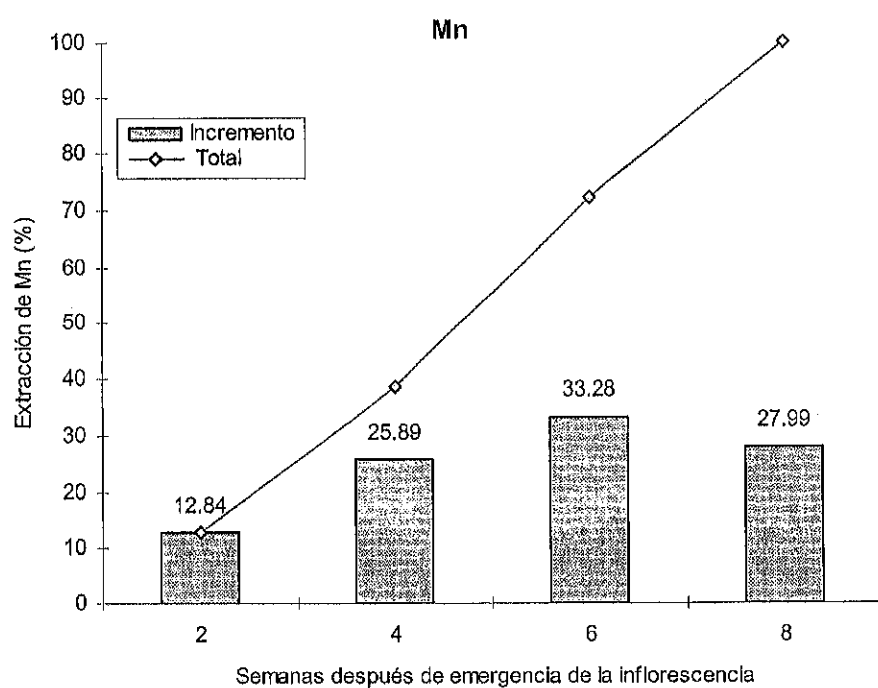


Figura 52. Extracción total y porcentual de manganeso en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.8. Boro

En la Figura 53 se observa que el boro presentó el valor menor en la etapa de 2 SDEI (14.72%), seguido del valor máximo en la etapa de 4 SDEI (40.23%), disminuyendo en las etapas siguientes con los valores de 28.58% en la etapa de 6 SDEI y de 16.47 % en la etapa de 8 SDEI.

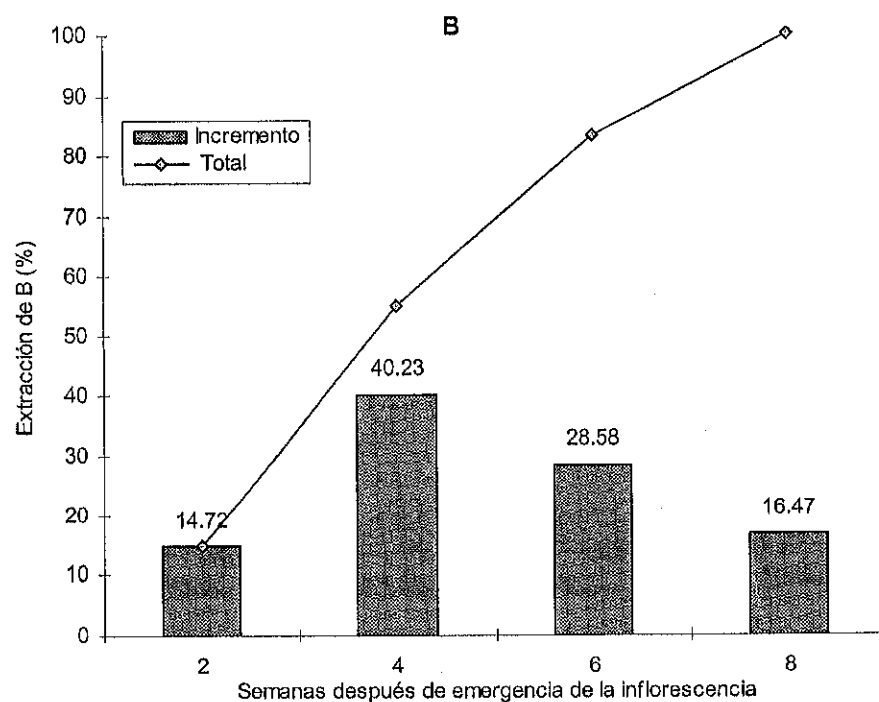


Figura 53. Extracción total y porcentual de boro en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.9. Zinc

En la Figura 54 se muestra una dinámica para la extracción del zinc presentando el valor menor en la etapa de 8 SDEI (16.02%), obteniendo el valor máximo en la etapa de 4 SDEI (35.55%), disminuyendo en las etapas siguientes con los valores de 28.23% en la etapa de 6 SDEI y de 16.02 % en la etapa de 8 SDEI.

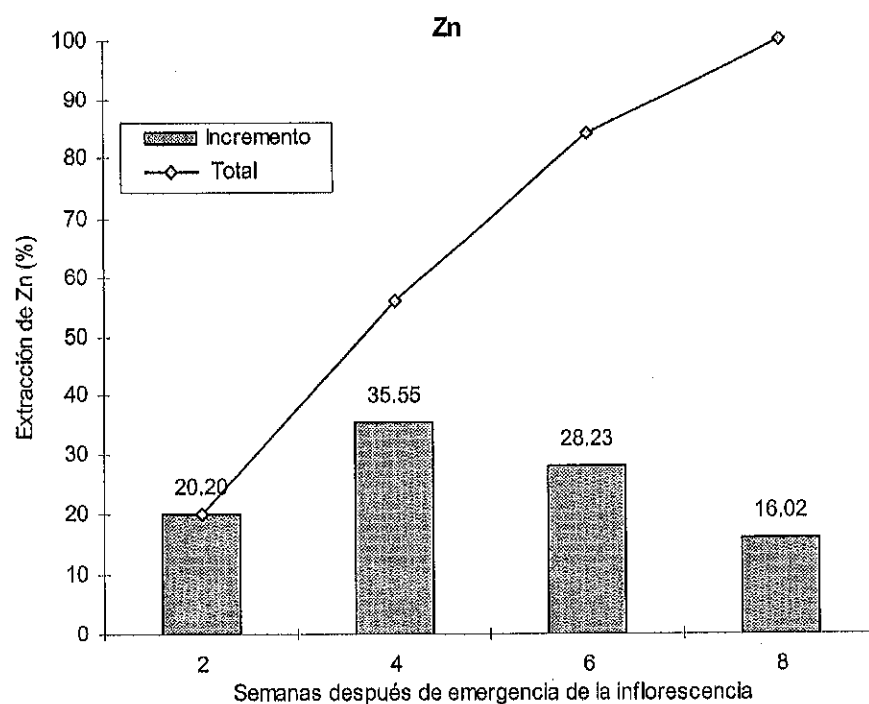


Figura 54. Extracción total y porcentual de zinc en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.10. Cobre

La extracción del cobre (Figura 55) manifestó su menor extracción en la etapa de 2 SDEI (15.74%), siguiendo en las etapas su extracción en forma ascendente alcanzado su mayor extracción porcentual en la etapa de 6 SDEI (34.87%) y teniendo una disminución en la etapa de 8 SDEI (20.66%).

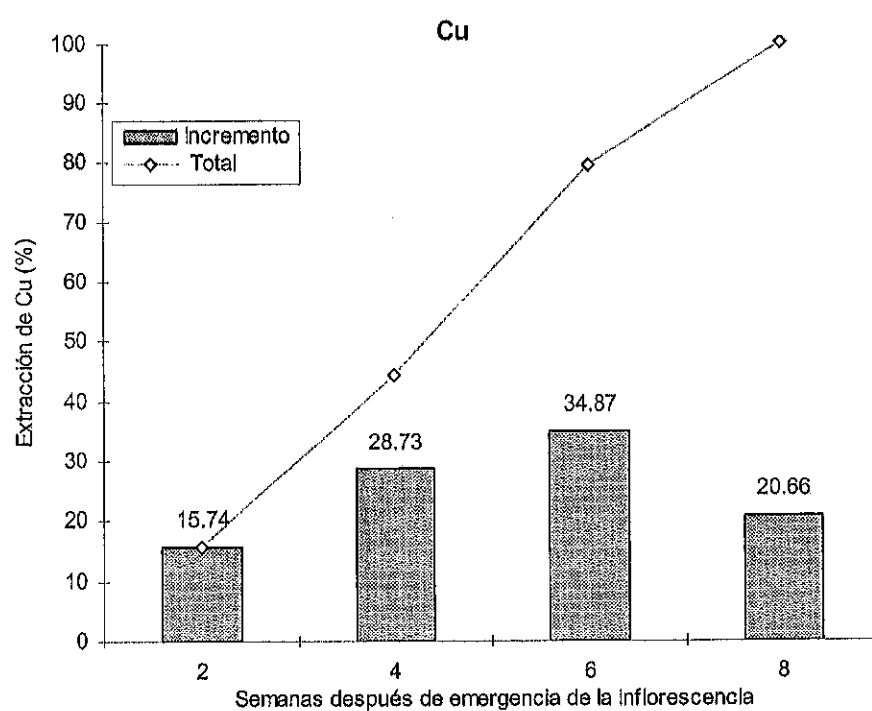


Figura 55. Extracción total y porcentual de cobre en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.4.11. Sodio

En lo que respecta a la dinámica de la extracción del sodio (Figura 56) se observa que la mayor acumulación se presentó en etapa de 4 SDEI con un porcentaje de 43.78%; en las siguientes etapas disminuyó llegando a tener el valor menor en la etapa de 8 SDEI (11.83%).

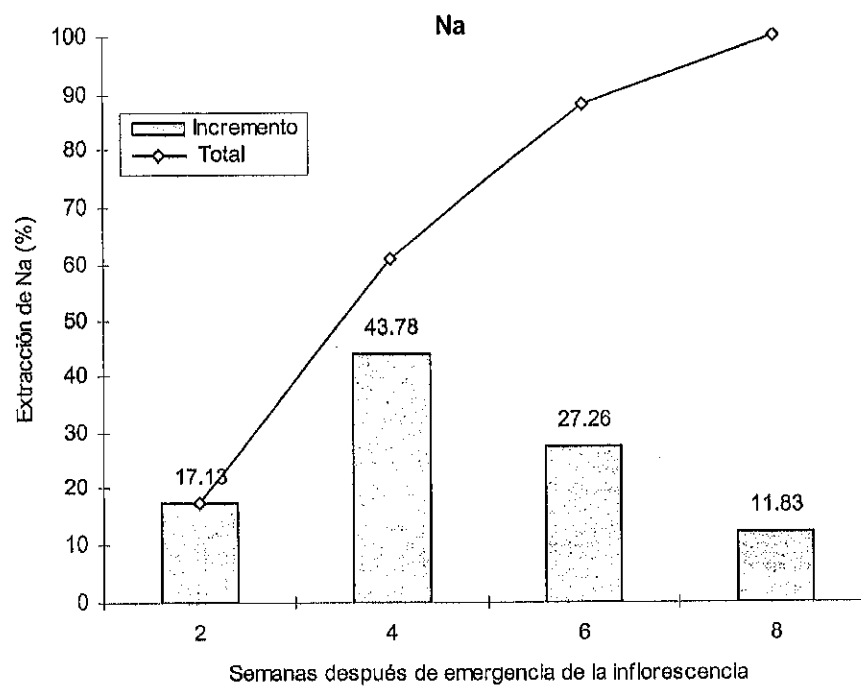


Figura 56. Extracción total y porcentual de sodio en las cuatro etapas de la fase productiva de banano 'Dominico'.

4.5. Extracción Nutricional Total por Órganos

4.5.1. Macronutrientes

El nitrógeno (Figura 57) fue más extraído ($25.59 \text{ g.planta}^{-1}$) por el pseudotallo, en segundo lugar se encuentra el valor del cormo ($23.13 \text{ g.planta}^{-1}$); seguido de las hojas ($18.28 \text{ g.planta}^{-1}$) y los frutos ($5.87 \text{ g.planta}^{-1}$); mientras que la raíz ($1.21 \text{ g.planta}^{-1}$) y los pecíolos ($1.34 \text{ g.planta}^{-1}$) presentaron una extracción similar, al igual que el raquis y la bellota con valor menor de $0.70 \text{ g.planta}^{-1}$. La mayor extracción de fósforo (Figura 58) fue por el pseudotallo ($6.17 \text{ g.planta}^{-1}$), seguido por los valores del cormo ($4.47 \text{ g.planta}^{-1}$), las hojas ($2.45 \text{ g.planta}^{-1}$) y los frutos ($1.26 \text{ g.planta}^{-1}$). El resto de los órganos presentaron una extracción menor de 1 g. Para el potasio (Figura 59) la mayor extracción se presentó en el pseudotallo ($118.12 \text{ g.planta}^{-1}$), seguida del cormo ($38.58 \text{ g.planta}^{-1}$), las hojas ($21.10 \text{ g.planta}^{-1}$) y los frutos ($10.45 \text{ g.planta}^{-1}$); el resto presentó valores menores de 10 g. El calcio (Figura 60), igual que en la mayoría de los macronutrientes, la mayor extracción se presentó en el pseudotallo ($25.71 \text{ g.planta}^{-1}$), seguido por las hojas ($14.08 \text{ g.planta}^{-1}$), cormo ($9.05 \text{ g.planta}^{-1}$), pecíolos ($4.59 \text{ g.planta}^{-1}$), frutos ($1.29 \text{ g.planta}^{-1}$) y raíz ($1.03 \text{ g.planta}^{-1}$); el raquis y la bellota presentaron valores menores de 1 g. La mayor extracción de magnesio (Figura 61) se presentó en el pseudotallo ($9.04 \text{ g.planta}^{-1}$), seguido del cormo ($7.60 \text{ g.planta}^{-1}$), hojas ($3.02 \text{ g.planta}^{-1}$), frutos ($1.14 \text{ g.planta}^{-1}$) raíz, pecíolos, raquis y bellota, tuvieron una extracción menor a 1 g.

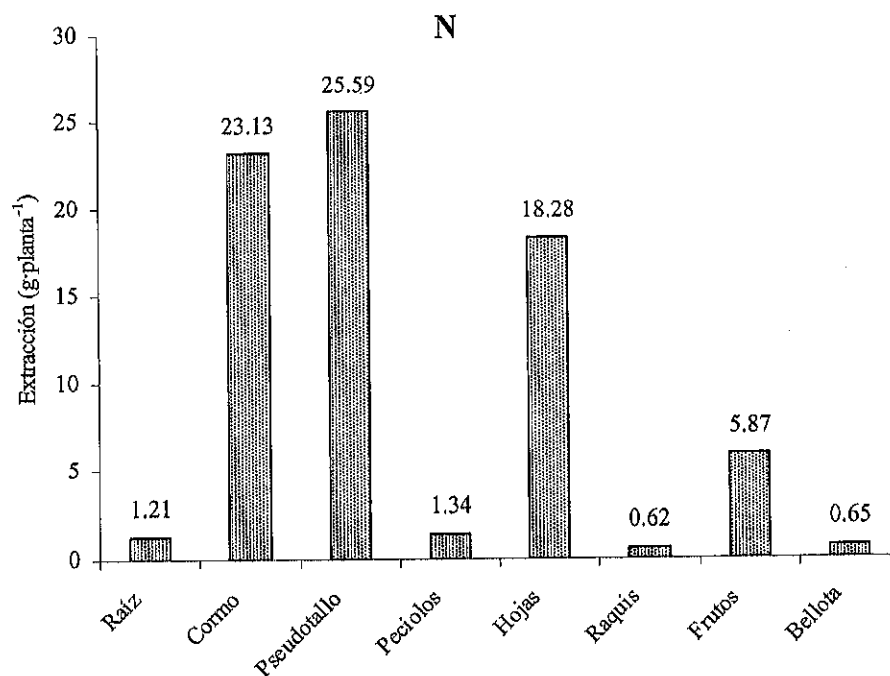


Figura 57. Extracción de nitrógeno por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

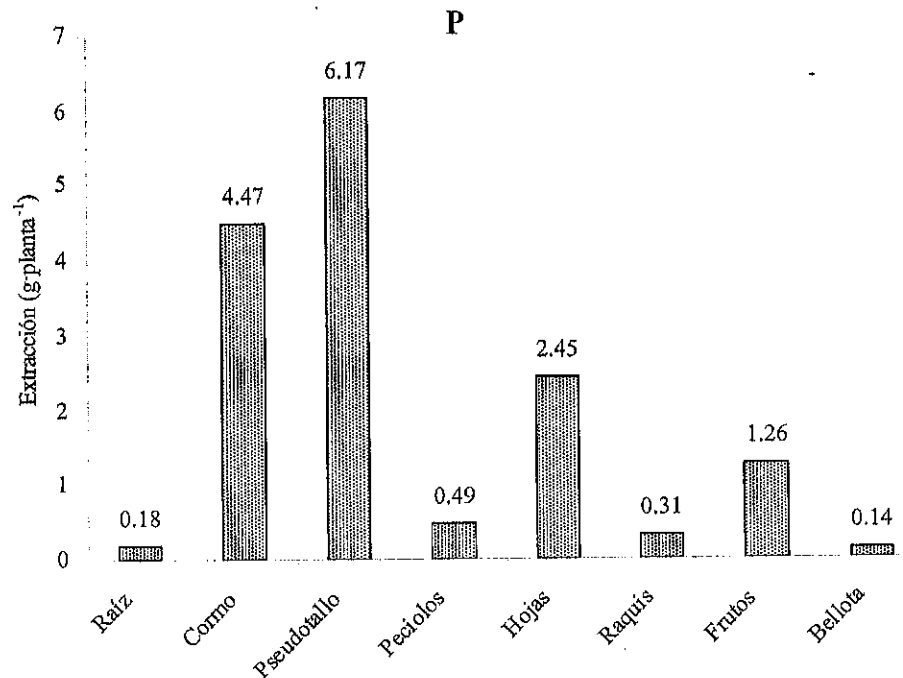


Figura 58. Extracción de fósforo por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

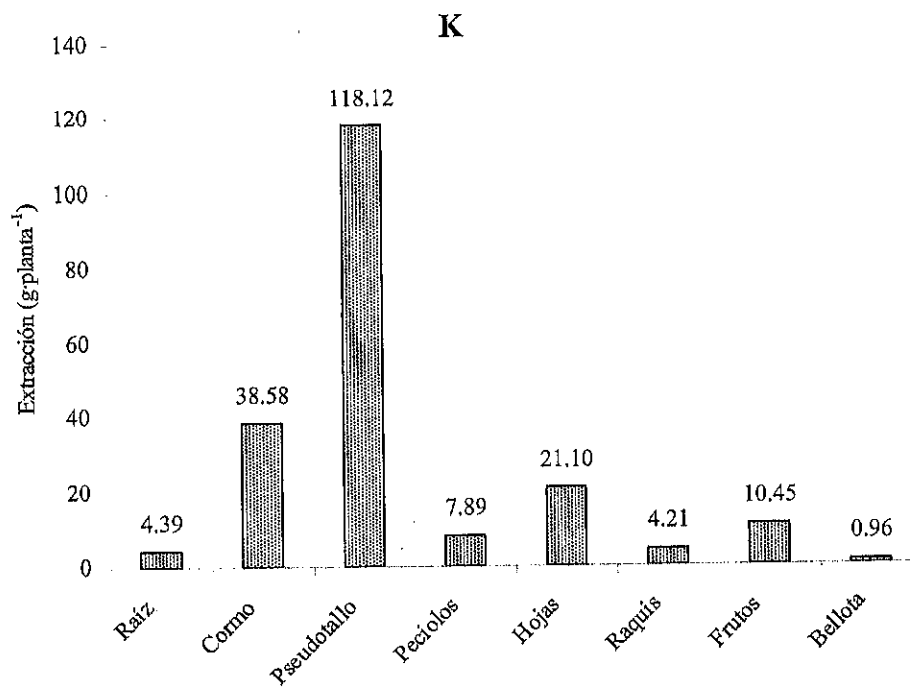


Figura 59. Extracción de potasio por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

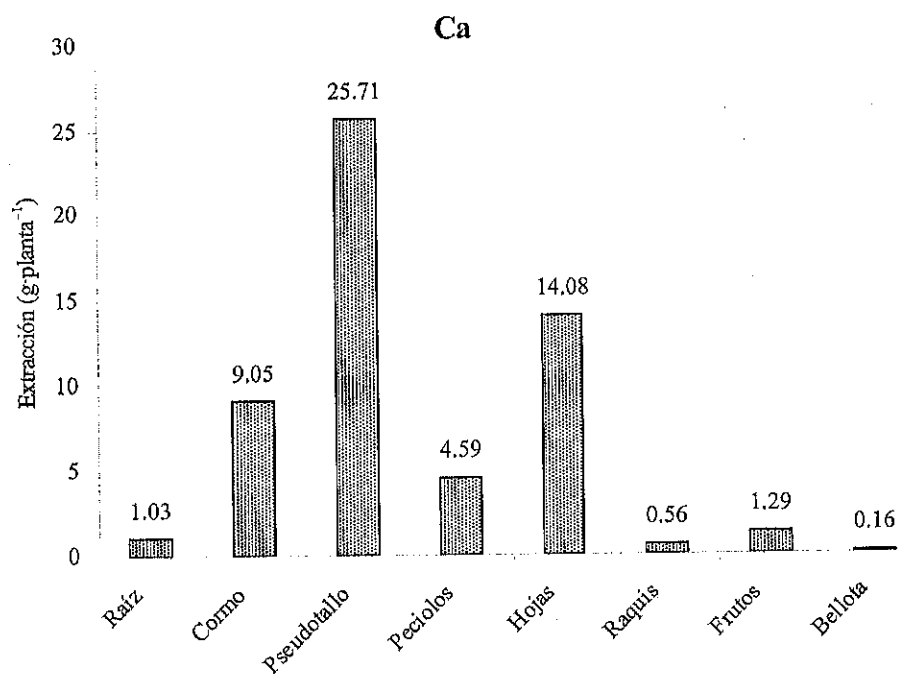


Figura 60. Extracción de calcio por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

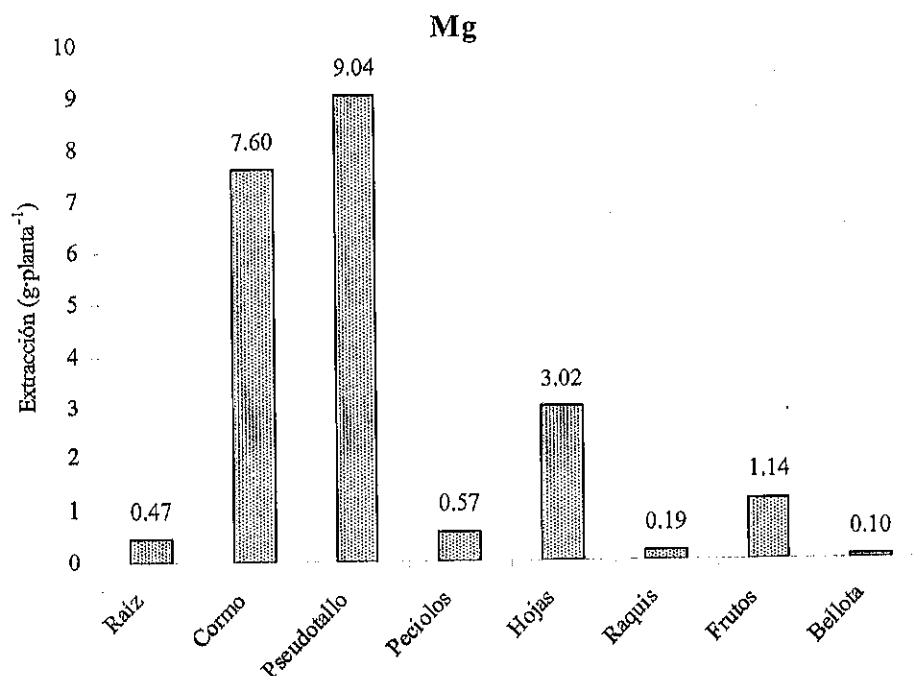


Figura 61. Extracción de magnesio por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

4.5.2. Micronutrientes

Para el caso de los micronutrientes, el hierro (Figura 62) siguió la misma tendencia que los nutrientes anteriores, siendo el pseudotallo el que extrajo la mayor cantidad (9.04 mg·planta⁻¹), seguido del cormo (7.60 mg·planta⁻¹), las hojas (3.02 mg·planta⁻¹) y los frutos (1.14 mg·planta⁻¹); mientras que el resto de los órganos presentó una extracción menor de 1 mg. Para el manganeso (Figura 63) las hojas (674.47 mg·planta⁻¹) fueron las que más extrajeron este elemento, seguidas por el pseudotallo (438.77 mg·planta⁻¹), cormo (238.31 mg·planta⁻¹), pecíolos (63.32 mg·planta⁻¹), raíz (19.91 mg·planta⁻¹), frutos (17.25 mg·planta⁻¹), raquis (12.28 mg·planta⁻¹) y bellota (4.02 mg·planta⁻¹). El boro (Figura 64) resultó más extraído por el pseudotallo (274.03 mg·planta⁻¹), seguido del cormo (214.03 mg·planta⁻¹), hojas (70.29 mg·planta⁻¹), frutos

(45.53 mg·planta⁻¹), pecíolos (20.47 mg·planta⁻¹) y raíz (10.29 mg·planta⁻¹); el raquis y bellota presentaron valores menores de 10 mg. El zinc (Figura 65) fue extraído por el pseudotallo en mayor cantidad (235.48 mg·planta⁻¹), seguido del corno (179.96 mg·planta⁻¹), las hojas (38.27 mg·planta⁻¹) y frutos (18.64 mg·planta⁻¹). El resto de los órganos tuvo una extracción menor de 10 mg. Para el cobre (Figura 66) la mayor extracción se dió por el pseudotallo (347.61 mg·planta⁻¹), seguido del corno (109.60 mg·planta⁻¹), hojas (16.21 mg·planta⁻¹) frutos (5.46 mg·planta⁻¹) y raíz (3.12 mg·planta⁻¹); mientras que los demás órganos se mantuvieron con una extracción menor de 1g. Para el sodio (Figura 67) el pseudotallo (2484.84 mg·planta⁻¹) fue el órgano que más lo extrajo, siguiéndolo el corno (1,853.80 mg·planta⁻¹), las hojas (608.58 mg·planta⁻¹), los frutos (244.30 mg·planta⁻¹) y la raíz (105.70 mg·planta⁻¹); mientras que el resto de órganos presentó valores menores de 50 mg.

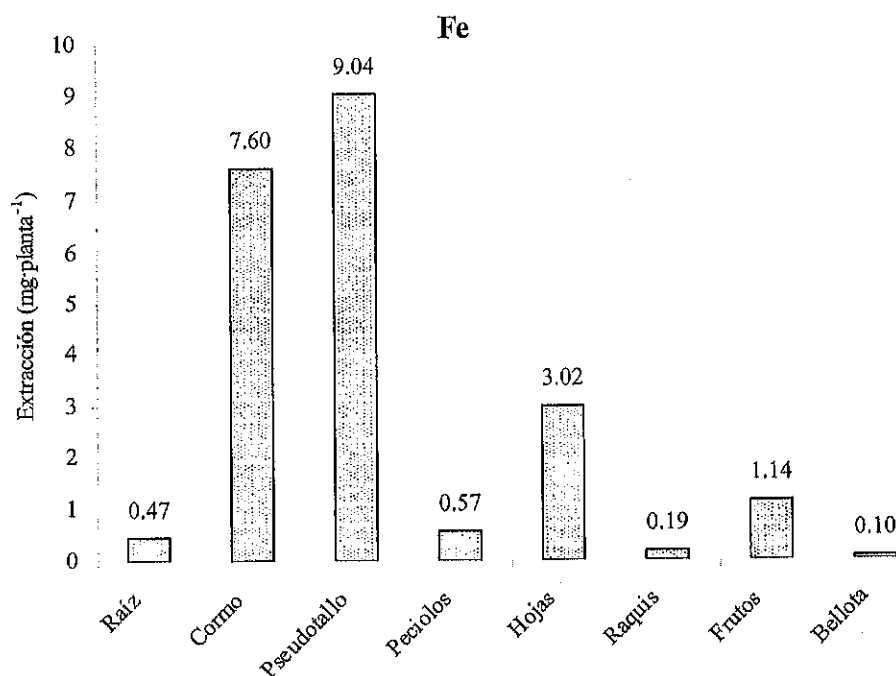


Figura 62. Extracción de hierro por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

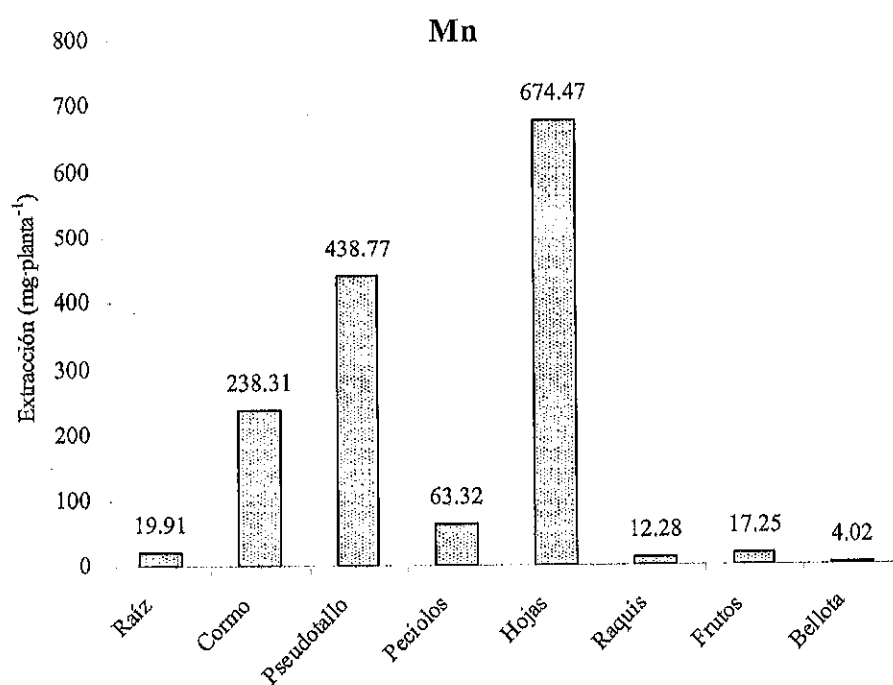


Figura 63. Extracción de manganeso por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

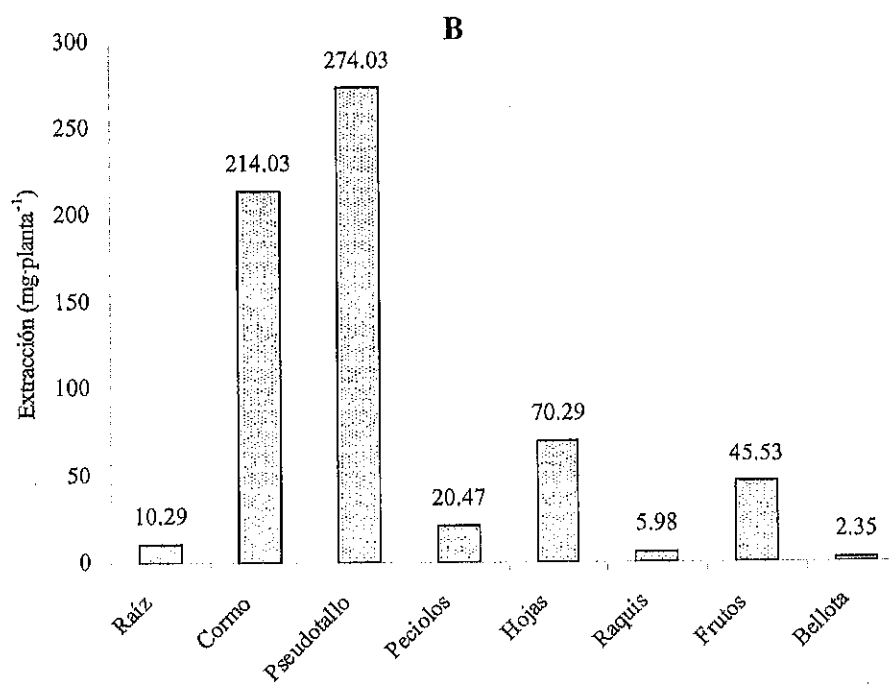


Figura 64. Extracción de boro por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

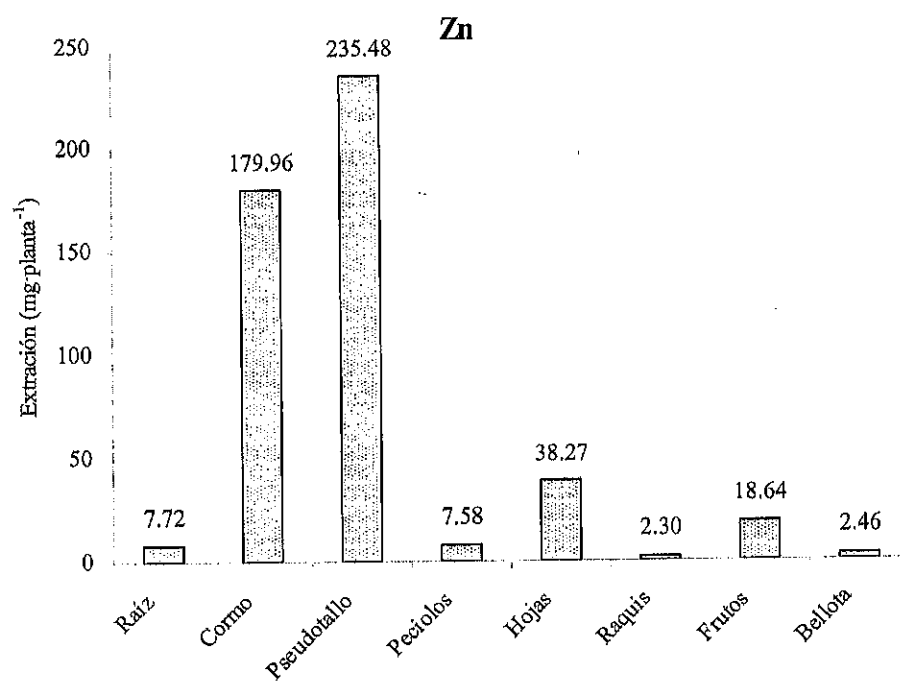


Figura 65. Extracción de zinc por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

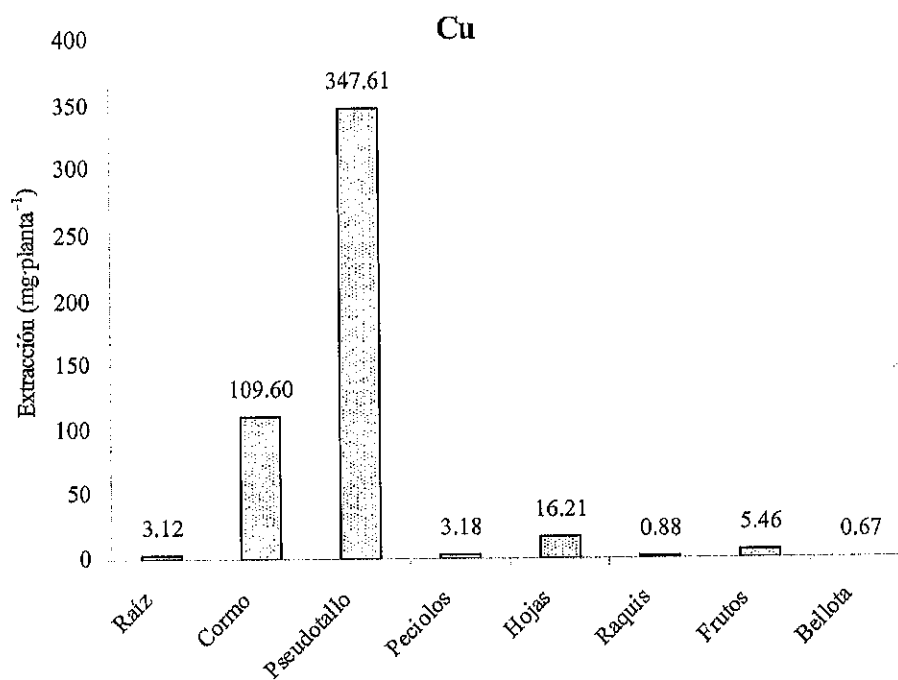


Figura 66. Extracción de cobre por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

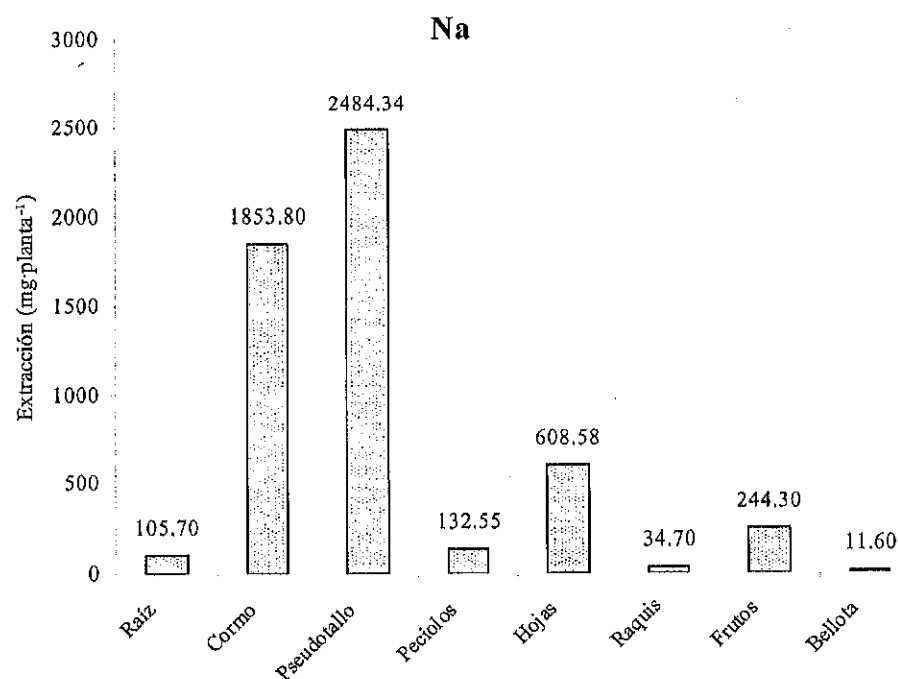


Figura 67. Extracción de sodio por los diferentes órganos de la planta de banano 'Dominico'.

4.6. Extracción Total del Racimo de Frutos en Cosecha

Con respecto a la extracción de macronutrientes por el racimo de frutos (Figura 68A) los valores que alcanzaron a las 8 SDEI (cosecha) fueron los siguientes: 20 g·racimo⁻¹ de K; 7.5 g·racimo⁻¹ de N; 2.3 g·racimo⁻¹ de Ca; 1.9 g·racimo⁻¹ de Mg y 1.7 g·racimo⁻¹ de P.

Los micronutrientes a las 8 SDEI presentaron los siguientes valores de extracción (Figura 68B) en orden decreciente: 147 mg·racimo⁻¹ de Na; 59 mg·racimo⁻¹ de B; 37 mg·racimo⁻¹ de Mn; 30 mg·racimo⁻¹ de Fe; 21 mg·racimo⁻¹ de Zn y 4 mg·racimo⁻¹ de Cu.

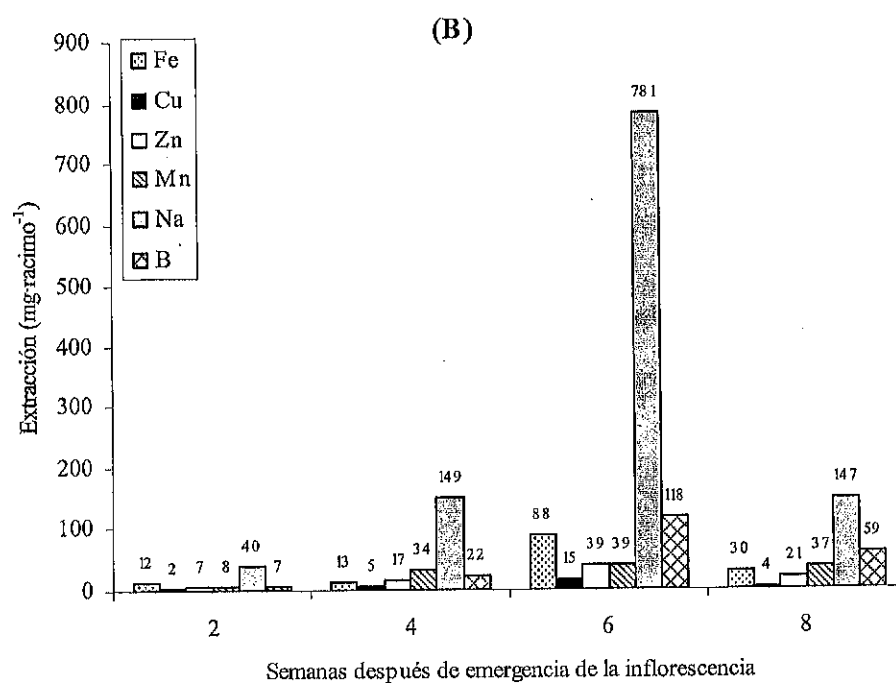
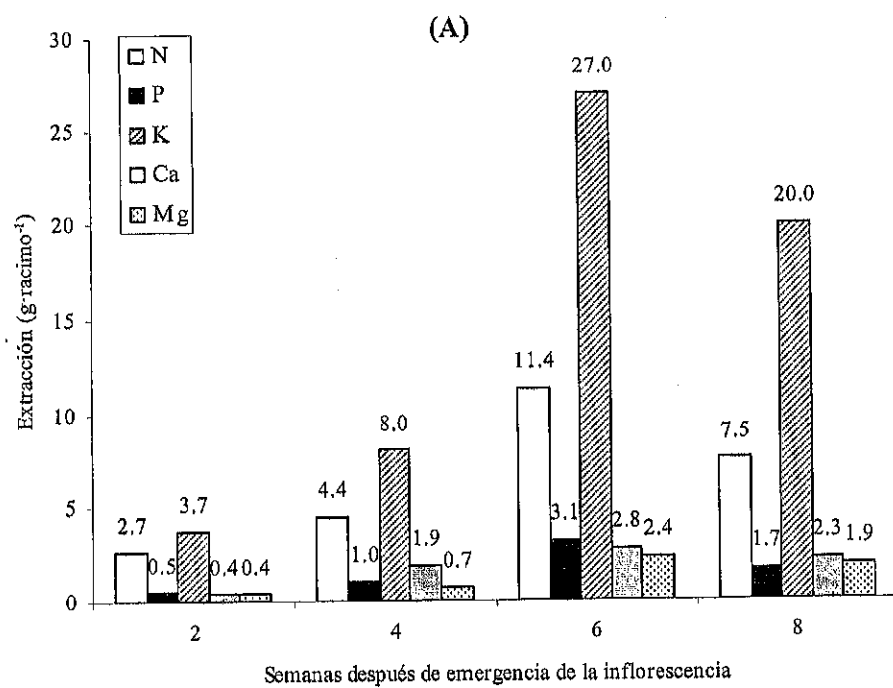


Figura 68. Extracción total de los macronutrientes (A) y de los micronutrientes (B) por etapas en el racimo de banano 'Dominico'.

Con respecto a la extracción nutricional promedio por el racimo de frutos (Figura 69), el potasio fue el macronutriente más extraído a través del tiempo, con un valor de $14.7 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$; seguido del nitrógeno ($6.5 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$); calcio ($1.8 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$); fósforo ($1.6 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$) y magnesio ($1.3 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$).

Para el caso de los micronutrientes (Figura 70) el sodio fue el que más se extrajo, con una extracción de $0.28 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$. El resto siguió un orden en forma decreciente: boro ($0.05 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$); hierro ($0.04 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$); manganeso ($0.03 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$); zinc ($0.02 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$) y cobre ($0.01 \text{ g} \cdot \text{racimo}^{-1}$).

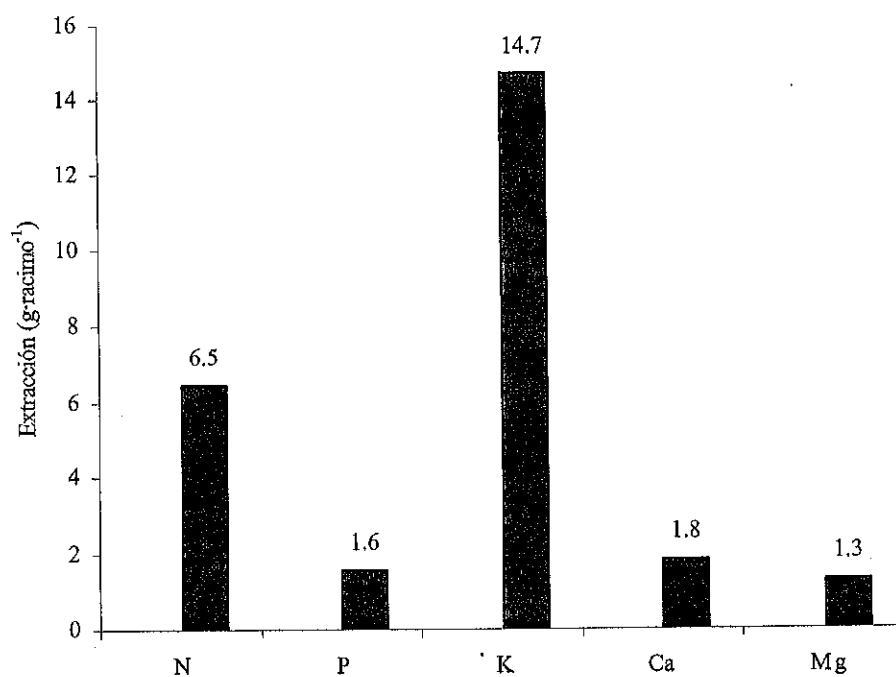


Figura 69. Extracción promedio de macronutrientes por el racimo de banano 'Dominico'.

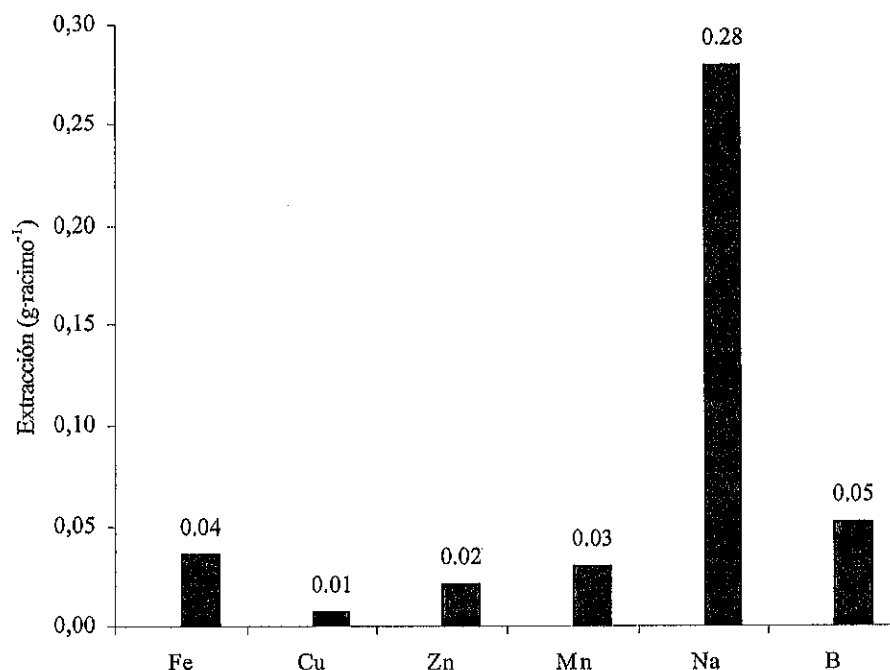


Figura 70. Extracción promedio de micronutrientes por el racimo de banano 'Dominico'.

4.7. Extracción Nutricional por una Cosecha

De acuerdo con los valores obtenidos en la etapa de cosecha, un racimo de 9 kg promedio en peso fresco contiene 20 g de K; 7.5 g de N; 2.3 g de Ca; 1.9 g de Mg y 1.7 g de P. Para el caso de los micronutrientes los contenidos son los siguientes: 150 mg de Na; 60 mg de B; 40 mg de Mn; 30 mg de Fe y 20 mg de Zn. Para una tonelada de fruta cosechada se tendría una extracción de: 2 kg de K; 830 g de N; 250 g de Ca y 210 g de Mg, dentro de los macronutrientes. Los micronutrientes tendrían una extracción de: 16.33 g de Na; 6.56 g de B; 4.11 g de Mn; 3.33 g de Fe; 2.33 g de Zn y 0.44 g de Cu.

4.8. Niveles de Suficiencia en la Concentración Nutrimental en Banano

La concentración nutrimental en hojas de banano 'Dominico' en etapa de cosecha presentó variación en algunos nutrimentos, como se muestra en el Cuadro 3, al compararlos con los valores que reporta Jones *et al.* (1991) para banano en etapa de cosecha

En los macronutrimentos, la concentración de nitrógeno en hoja fue de 1.55 % menor al intervalo bajo de concentración reportado por Jones *et al.* (1991) en etapa de cosecha; el fósforo se mostró suficiente (0.19 %); mientras que el potasio presentó una concentración baja (1.73 %). Para el calcio la concentración estuvo dentro del intervalo de suficiencia y el magnesio resultó con un valor menor al intervalo bajo de concentración en banano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de los niveles de concentración nutrimental en banano 'Dominico' con los intervalos de concentración en banano reportados por Jones *et al.* (1991).

Resultados de la Concentración Nutrimental en Hojas de Banano 'Dominico' en Fase Productiva			Niveles de Suficiencia Nutrimental en la Hojas de Banano en Cosecha (Jones <i>et al.</i> , 1991)		
Elemento	Concentración	Intervalo	Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	1.55	Bajo	2.00-2.49	2.50-3.0	>3.0
P (%)	0.19	Suficiente	0.14-0.17	0.18-0.4	>0.5
K (%)	1.73	Bajo	2.00-2.29	2.30-4.0	>4.0
Ca (%)	1.26	Suficiente	0.40-0.69	0.70-1.4	>1.4
Mg (%)	0.24	Bajo	0.20-0.25	0.25-0.5	>0.4
B (ppm)	57.43	Alto	8-14	15-50	>50
Cu (ppm)	12.89	Suficiente	4-5	6-30	>30
Fe (ppm)	93.40	Bajo	80-99	100-300	>300
Mn (ppm)	558.21	Suficiente	150-199	200-2000	>2000
Zn (ppm)	30.28	Suficiente	10-12	13-50	>50

En el Cuadro 3 se observan los valores en concentración de micronutrientes en hojas de banano ‘Dominico’; se muestra que el boro manifestó una concentración alta, el manganeso, cobre y zinc se encuentran dentro de los intervalos de suficiencia, mientras que el hierro presentó una concentración menor al intervalo bajo.

4.9. Manejo de la Fertilización

Los cálculos para determinar una dosis de fertilización se basan en el conocimiento de los requerimientos nutrimentales del cultivo (extracción nutrimental); así como en la capacidad del suelo para suministrar los nutrientes y la eficiencia de la planta para absorberlos. Para esto, el suministro de nutrientes del suelo depende de diversos factores que influyen en la disponibilidad de los mismos. Dichos factores son climáticos, edáficos y de manejo del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2001). De acuerdo a lo anterior la fórmula para calcular la dosis de fertilización es la siguiente:

$$DF = \frac{D-S}{E}$$

Donde:

DF: Dosis de fertilización

D=Demanda

S=Suministro

E=Eficiencia de recuperación del nutriente

Dado que los resultados de extracción de micronutrientes son bajos y no representan una demanda importante para el cultivo, la estimación de la fertilización se hizo sólo tomando en cuenta la extracción de macronutrientes (Cuadro 4), que es la principal demanda del cultivo.

Cuadro 4. Extracciones de macronutrientes promedio en las cuatro etapas evaluadas en la fase productiva del banano 'Dominico'.

Extracción nutrimental g·unidad ⁻¹					
SDEI ^z	N	P	K	Ca	Mg
2	60	10	91	33	20
4	110	21	245	73	23
6	84	20	249	64	23
8	52	11	239	56	22
promedio	77	15	206	56	22

^zSDEI= semanas después de emergencia de la inflorescencia.

Para el suministro se tomaron en cuenta los datos obtenidos del análisis del suelo del sitio de estudio, así como algunos factores que influyen en el aporte de nutrientes al mismo; de esta forma se determinó el suministro del suelo.

Cuadro 5. Análisis de suelo del sitio de investigación en Atzalan, Veracruz.

pH	M.O (%)	N	P	K (mg·kg ⁻¹)	Ca	Mg
4.65	3.05	12.98	112.92	299.33	371.67	230.50

Una vez teniendo esta información para la estimación de la dosis de fertilización se realizó el cálculo para cada uno de los macronutrientes, utilizando la fórmula mencionada anteriormente.

Nitrógeno

Para la estimación de la demanda de nitrógeno se utilizó la extracción nutrimental promedio en la fase productiva de la planta con un valor de 77 g de N·unidad⁻¹ (Cuadro 4). Tomando en cuenta que por hectárea se tienen 2,100 unidades, se estima el siguiente valor de demanda:

$$77 \text{ g de N} \cdot \text{unidad}^{-1} (2100 \text{ unidades}) = 161,700 \text{ g de N} \cdot \text{ha}^{-1} = 162 \text{ kg de N} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Para determinar el suministro del nitrógeno (N) del suelo, se estimó el valor del N inorgánico y orgánico del suelo. El suministro de nitrógeno inorgánico fue estimado en el análisis de suelo, obteniéndose un valor de 12.98 mg·kg⁻¹ (Cuadro 5). Este N inorgánico de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000) presenta un 40% de eficiencia, estimado por cuestiones de alta precipitación pluvial anual (2,000 a más de 2,500 mm); la topografía (20% de pendiente) y distribución radical (40 cm) de la planta, obteniendo el valor siguiente:

$$12.98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} (0.40) = 5.19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Para determinarlo por hectárea se estimó el peso del suelo considerando la profundidad donde se presenta la mayor cantidad de raíces, que fue de 40 cm, con una densidad aparente de 1.00 t·m⁻³.

Peso del suelo = Área (profundidad del suelo) (densidad aparente)

$$\text{Peso del suelo} = 10,000 \text{ m}^2 (0.40 \text{ m}) (1.00 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}) = 4,000 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$$

Con este valor se estimó la cantidad de N inorgánico que hay disponible en el suelo, usando el valor que se tiene en un kilogramo.

5.19 mg-----1 kg de suelo

$$20,760,000 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1} \leftarrow 4,000,000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$$

$$\text{Suministro de N inorgánico} = 20,760,000 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1} = 21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$$

Para el suministro del nitrógeno orgánico se tomaron en cuenta las fuentes de materia orgánica presentes en el suelo; en este caso los residuos de cosecha, así como la materia orgánica existente en el suelo determinada por el análisis químico. Tomando en cuenta que el peso del suelo es de $4,000 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y que el contenido de materia orgánica es de 3% (Cuadro 5).

$4,000 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ -----100%

$$120 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ de M.O.} \leftarrow 3\%$$

Esta materia orgánica del suelo se determinó que presenta una tasa de mineralización del 3% (Castellanos *et al.*, 2000), estimado por cuestiones de alta precipitación pluvial anual (2,000 a más de 2,500 mm), humedad del suelo a través del año y temperatura de la región.

120 t·ha⁻¹ de M.O-----100%

3.6 t·ha⁻¹ humus←-----3%

3.6 toneladas de humus/hectárea/año

De este humus obtenido de la materia orgánica, se tiene estimado que en promedio hay un 5% de nitrógeno (Castellanos *et al.*, 2000); de acuerdo con esto se hizo el siguiente cálculo:

3.6 t-----100%

0.18 t←-----5%

0.18 t·ha⁻¹ de N= 180 kg de N/ha/año

De este nitrógeno se absorbe un 50%, dado por las condiciones climáticas y edáficas del lugar (Castellanos *et al.*, 2000), absorbiendo 90 kg de N/ha/año.

Para la estimación del nitrógeno aportado por los residuos de cosecha, se tomó en cuenta la biomasa (materia seca) que se tiene aproximadamente por hectárea. Se estimó que una unidad proporciona en promedio 10,583 g de materia seca, a este valor se le resta el valor de biomasa del racimo de frutos (1,030 g), ya que ésta es extraída de la plantación, quedando con la biomasa que es incorporada, para estimarla por hectárea se consideran 2,100 unidades.

$10,583 \text{ g} - 1,030 \text{ g} = 9,553 \text{ g}$ (2100 unidades) = $20'061,300 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ aportan los residuos de cosecha.

$$20'061,300 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} = 20,061 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Para estimar cuanto nitrógeno aporta esta biomasa, hay que establecer la relación carbono: nitrógeno, entonces de esta cantidad de residuos de cosecha se estima que en promedio el 40 % es carbono, ya que se considera una planta muy succulenta.

$$\begin{array}{l} 20,061 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{-----} 100\% \\ 8,024 \text{ kg de carbono} \text{-----} 40\% \end{array}$$

De este carbono, el 35% se tiene estimado que se humifica.

$$\begin{array}{l} 8,024 \text{ kg de carbono} \text{-----} 100\% \\ 2,808 \text{ kg de carbono} \text{-----} 35\% \end{array}$$

Se tiene estimado que el humus tiene en promedio una relación C/N=10, tomando en cuenta lo anterior, se usa la siguiente fórmula para determinar el nitrógeno que hay en el humus obtenido.

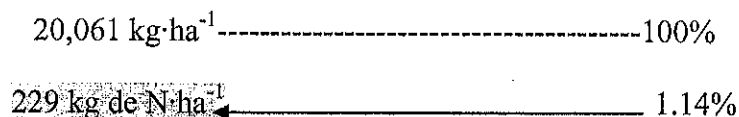
$$10 = \frac{2,808 \text{ kg de C}}{\text{N}}$$

Se despejó esta fórmula para determinar el nitrógeno que forma parte del humus

$$\text{N} = \frac{2,808 \text{ kg de C}}{10}$$

N=281 kg se requieren para que los residuos que se incorporan se humifiquen

Se estimó que el material vegetal de banano presenta un promedio de 1.14 % de nitrógeno (considerando la concentración de toda la planta, excepto el racimo de frutos), de acuerdo con este valor se obtuvo el nitrógeno que aportan los residuos.



Tomando en cuenta que para formar humus se requieren 281 kg de N, se calcula el siguiente valor.

$$229 \text{ kg·ha}^{-1} - 281 \text{ kg·ha}^{-1} = -52 \text{ kg·ha}^{-1}$$

Este resultado es la cantidad de nitrógeno que los microorganismos utilizan para la descomposición de los residuos de cosecha. El suministro del nitrógeno orgánico se determinó usando el valor obtenido del suministro de nitrógeno de la materia orgánica, restándole el nitrógeno que utilizan los microorganismos.

$$90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} - 52 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} = 38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Suministro de N orgánico} = 38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

El suministro total de nitrógeno es estimado sumando el suministro inorgánico y orgánico:

$$\text{Suministro de N inorgánico} = 21 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Suministro de N orgánico} = 38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Suministro de N total} = 59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Finalmente, para tomar el valor de eficiencia de nitrógeno en la fórmula se estimó en 50% (Castellanos *et al.*, 2000), debido a las condiciones climáticas y edáficas del lugar ya mencionadas.

Aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{DOSIS DE FERTILIZACIÓN} = \text{DEMANDA} - \text{SUMINISTRO} / \text{EFICIENCIA}$$

$$\text{DEMANDA} = 162 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{SUMINISTRO} = 59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{EFICIENCIA} = 50\%$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 162 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} - 59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} / 0.5 = 206 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 206 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} / 2100 \text{ unidades} = 0.098 \text{ kg} \cdot \text{unidad}^{-1}$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 100 \text{ g} \cdot \text{de N} \cdot \text{unidad}^{-1}$$

Fósforo

De acuerdo con el nivel de fósforo encontrado en el suelo ($112.92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (Cuadro 5), se recomienda no aplicar fósforo, ya que presentó un nivel muy alto de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000), además de la poca extracción que presentó la planta (Cuadro 4), considerando también que es un nutriente poco móvil.

Potasio

Para potasio según los cálculos, la demanda (extracción nutricional) fue en promedio de $206 \text{ g de K}\cdot\text{unidad}^{-1}$ (Cuadro 4).

$$206 \text{ g de K}\cdot\text{unidad}^{-1} (2,100 \text{ plantas}) = 432,600 \text{ g de K}\cdot\text{ha}^{-1} = 433 \text{ kg de K}\cdot\text{ha}^{-1}$$

El suelo presentó un suministro de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, este fue un valor que de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000), es considerado de nivel medio a moderadamente alto. Si tuvimos un peso de suelo de $4,000 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, calculamos cuanto potasio se encontraba en una hectárea.

$$\begin{array}{l} 300 \text{ mg} \text{-----} 1 \text{ kg de suelo} \\ 1'200,000,000 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1} \longleftarrow \text{-----} 4'000,000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \\ 1'200,000,000 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1} = 1'200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \end{array}$$

Dadas las condiciones climáticas y edáficas ya mencionadas del sitio de estudio, que provocan entre otras cosas lixiviación en el suelo, se estimó una eficiencia de recuperación del 40% quedando el siguiente suministro.

$$\begin{array}{l} 1,200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{-----} 100\% \\ 480 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{-----} 40\% \end{array}$$

Este es el potasio que estaba disponible en el suelo, sin tomar en cuenta todavía lo que aportaron los residuos de cosecha, que sería la extracción de la planta ($433 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) menos la extracción del racimo de frutos ($42 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), que es lo que se extrajo de la plantación, quedando un valor de $391 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, este tuvo una eficiencia de 40% (Castellanos *et al.*, 2000), siendo un valor de $156 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, quedando un suministro final de:

$$480 + 156 = 636 \text{ kg de K} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 150 \text{ kg de K} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} / 2,100 \text{ unidades} = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{unidad}^{-1}$$

$$\text{Dosis de Fertilización} = 71 \text{ g de K} \cdot \text{unidad}^{-1}$$

Al comparar la extracción con el suministro se estimó que hubo potasio suficiente en el suelo. Pero dado que el banano es un cultivo de alta respuesta al potasio y las condiciones de alta precipitación pluvial y textura franco arenosa favorecen el lavado de

K del suelo, se recomienda aplicar una dosis media ($150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de fertilizante potásico (Castellanos *et al.*, 2000).

Calcio

La demanda de calcio fue en promedio de $56 \text{ g}\cdot\text{unidad}^{-1}$ (Cuadro 4); entonces el valor de demanda de Ca por hectárea es de $118 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. De acuerdo al nivel que se encontró en el suelo ($371.67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (Cuadro 5) es muy bajo y dado que se tiene establecido que la dosis de fertilización debe ser arriba del valor de la extracción (Castellanos *et al.*, 2000) se recomienda aplicar $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($95 \text{ g de Ca}\cdot\text{unidad}^{-1}$), esto ayudaría a subir el pH y recuperar el nivel de Ca en el suelo. Se recomienda usar Dolomita (Carbonato de Ca y Mg), ya que es una fuente económica que aporta calcio y magnesio.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en acumulación de materia seca por órganos (Cuadro 2); la raíz, el cormo, los pecíolos de las hojas y las hojas (estos últimos considerando el valor de la planta madre e hijas), presentaron su mayor acumulación de materia seca en la etapa de 4 SDEI. Esto se debió a que las plantas seleccionadas en esta etapa presentaron dichos órganos con mayor biomasa sin llegar a ser la etapa representativa de mayor acumulación, como lo que ocurrió con el pseudotallo (planta madre e hijas) que presentó su mayor acumulación en la etapa de 8 SDEI (Figura 8). Con respecto a los órganos del racimo de frutos, presentaron su mayor acumulación en la etapa de 6 SDEI para raquis y frutos con racimos de mayor peso seco en esta etapa pero sin mostrar gran diferencia con la etapa de 8 SDEI (Figuras 17 y 20) que es donde se esperaba la mayor acumulación de materia seca. Según Belalcázar *et al.* (1976) señalan que el punto máximo de acumulación de biomasa en la planta generalmente coincide en las etapas cercanas con el corte de racimo; para la bellota las máximas acumulaciones de materia seca se presentaron en las primeras etapas, debido a que es cuando la bellota está en mayor tamaño, y conforme avanzan las etapas la bellota va perdiendo algunas brácteas, disminuyendo de esta forma su tamaño. Dado que estos resultados influyeron en la acumulación total de materia seca por la planta (madre e hijas), presentando la mayor acumulación en la etapa de 4 SDEI, se estimó un promedio de 10, 583 g de materia seca total por unidad (Cuadro 3), dado que las cuatro etapas evaluadas se encontraban en la fase productiva

Con respecto a los promedios obtenidos de la acumulación de materia seca por órgano, se observó que el órgano con mayor acumulación fue el pseudotallo, seguido del cormo y en tercer lugar las hojas; esto resultó similar a lo reportado por Belalcázar *et al.* (1976), donde las mayores cantidades de biomasa generada como peso seco corresponden al pseudotallo y el cormo. Eckstein *et al.* (1995) observaron que de los 7 a 9 meses después de la plantación el pseudotallo fue el que presentó los valores más altos de materia seca.

En lo que respecta a la extracción de nutrientes por órganos, el potasio fue el macronutriente de mayor extracción, siguiendo la dinámica de la materia seca; López y Espinosa (1995) señalan que el K es considerado el nutriente que la planta de banano requiere en mayores cantidades, mientras que Faust (1989) menciona que es un nutriente que necesita ser proporcionado en cantidades relativamente grandes para los frutales.

El sodio fue el micronutriente de mayor extracción en todos los órganos, Navarro y Navarro (2000) indican que el sodio es un elemento que es esencial para algunas plantas; además se ha encontrado que el sodio puede reemplazar, en parte, al potasio en muchos cultivos.

En lo que se refiere a la extracción total de nutrientes, el potasio como se observó en la Figura 45A, fue el macronutriente de mayor extracción, de acuerdo con Tagliavini *et al.* (2000) este es a menudo el nutriente más abundante en los frutales, que actúa en el transporte y acumulación de azúcares en los frutos. Soto (1992) menciona que el potasio

es el catión más abundante y de mayor movilidad en las plantas y su translocación interna es dirigida fuertemente a los puntos donde ocurre un crecimiento activo. También se encuentra involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, presión de turgencia de las células y la apertura y cierre de estomas (Jones *et al.*, 1991). El nitrógeno fue el segundo elemento de gran extracción nutrimental, el cual es considerado parte de la estructura de las proteínas y de los ácidos nucleicos básicos para la síntesis protéica; además de que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila en el proceso de la fotosíntesis (Navarro y Navarro, 2000). Según Díaz (2002) el N es muy importante en el desarrollo de los frutos, ya que las carencias de éste provocan frutos de menor tamaño. Después del nitrógeno el que siguió en extracción fue el calcio, que se encuentra en los tejidos de almacenamiento; la mayoría de este nutrimento está ligado a la pared celular y, por consiguiente, la importancia de éste es su participación en la división celular y la fase de expansión celular (Tagliavini *et al.*, 2000); además de que ayuda a mejorar la firmeza del fruto (Mengel y Kirkby, 1982). Parker (2000) menciona que el calcio es un elemento esencial para la formación de la estructura celular de la planta, participa en el transporte, en la retención de otros elementos y en el vigor de la planta. Finalmente, se encontraron el magnesio y el fósforo. El magnesio se encuentra en la clorofila de todas las plantas verdes y es esencial para la fotosíntesis. También colabora en la activación de determinadas enzimas responsables del crecimiento de la planta (Parker, 2000). Este sirve como cofactor en la mayoría de las enzimas que activan la fosforilación, como un puente entre estructuras de pirofosfato de ATP o ADP y moléculas de enzimas (Jones, 2003); mientras que el fósforo en la planta es un componente de ciertas enzimas y proteínas, así como del ATP, ARN, ADN y fitina (Jones, 2003). El fósforo es requerido en altas concentraciones en

las regiones de crecimiento activo (Devlin, 1982); López y Espinosa (1995) señalan que el fósforo es muy importante en la nutrición de muchos cultivos, pero para el banano los requerimientos de éste no fueron en grandes cantidades.

Dentro de la extracción total de los micronutrientes el de mayor extracción fue el sodio. Marschner (1986) señala que el estímulo del crecimiento vegetal por sodio es causado principalmente por su efecto en la expansión celular y en el equilibrio hídrico en las plantas. En cantidades más bajas se presentaron las extracciones del resto de los micronutrientes, quedando en el siguiente orden en forma decreciente: boro, manganeso, hierro, zinc y cobre. El boro en el metabolismo de la planta todavía no es muy claro, aun cuando existe evidencia indirecta que indica que este elemento participa en el transporte de azúcares (Navarro y Navarro, 2000), el manganeso ayuda a la síntesis de clorofila, es factor esencial en los procesos de la respiración y el metabolismo del nitrógeno, ya que actúa como activador de enzimas (Devlin, 1982). El hierro también funciona como un catalizador o es parte de un sistema enzimático asociado con la formación de clorofila y puede estar involucrado en la síntesis de clorofila y crecimiento del meristemo apical de la raíz (Jones, 2003). El zinc es necesario para el crecimiento de las plantas, ya que controla la síntesis del ácido indoleacético, el gran regulador del crecimiento de la planta (Parker, 2000). Mientras que las funciones del cobre en la planta están asociadas con un buen número de enzimas, ya sea como activador o formando parte de ellas como grupo prostético (Navarro y Navarro, 2000).

En lo que respecta a la extracción nutrimental total por órganos, el órgano que presentó la mayor extracción para la mayoría de los nutrimentos fue el pseudotallo, seguido del cormo, hojas y frutos; esto en N, P, K, Mg, Fe, B, Zn, Cu y Na. La extracción por órganos se dió de acuerdo con la dinámica de acumulación de materia seca, en donde los órganos de mayor acumulación fueron pseudotallo, cormo, hojas y frutos (Figura 43); para la extracción de calcio el pseudotallo siguió siendo el órgano que más extrajo este nutrimento, sólo que seguido de las hojas, cormo y frutos. De acuerdo con esto el pseudotallo y el cormo vendrían siendo órganos de transporte de nutrimentos y almacén, respectivamente; distribuyendo nutrimentos hacia los puntos de demanda (hojas y frutos), esto de acuerdo con Belalcázar *et al.* (1976), quienes señalan que el tallo (cormo) y el pseudotallo son los órganos que acumulan la mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio. Soto (1992) indica que los órganos almacenadores de nitrógeno son el cormo y el pseudotallo. Para el manganeso el órgano que lo extrajo en mayor cantidad fueron las hojas, seguidas del pseudotallo, cormo, pecíolos, raíz y frutos; esto porque el manganeso es un nutrimento que participa en la síntesis de clorofila, además de que es factor esencial en los procesos de respiración y metabolismo del nitrógeno, ya que actúa como activador de enzimas (Devlin, 1982).

También se estimó la extracción de nutrimentos por el racimo de frutos (raquis + frutos). Bersch (2003) señala que los cálculos de extracción nutrimental deben realizarse con respecto a la cantidad de nutrimentos consumidos por los racimos, ya que toda la estructura de la planta, excepto el racimo, permanece dentro de la plantación y tarde o temprano llegará a reciclarse.

De acuerdo con lo anterior, los valores obtenidos en la etapa de cosecha, un racimo de 9 kg promedio en peso fresco contiene 20 g de K; 7.5 g de N; 2.3 g de Ca; 1.9 g de Mg y 1.7 g de P, éstos dentro de los macronutrientes; para el caso de los micronutrientes los contenidos son los siguientes: 0.15 g de Na; 0.06 g de B; 0.04 g de Mn; 0.03 g de Fe y 0.02 g de Zn.

Por lo tanto, los valores anteriores indican que para una tonelada de fruta cosechada de banano 'Dominico' se extraen: 2.22 kg de K; 0.83 kg de N; 0.25 kg de Ca; 0.21 kg de Mg; los micronutrientes tendrían una extracción de: 16.33 g de Na; 6.56 g de B; 4.11 g de Mn; 3.33 g de Fe; 2.33 g de Zn y 0.44 g de Cu. Esto varía de acuerdo a lo reportado por Neves *et al.* (1991), quienes indicaron la extracción de nutrientes en banano cv. 'Pacovan', encontrando que por cada tonelada de fruta se extraen: 1.9 kg de N; 0.68 kg de P_2O_5 ; 7.04 kg de K_2O ; 0.53 kg de CaO y 0.44 kg de MgO, y lo que Chamhum *et al.* (2004) reportaron en la acumulación y distribución de nutrientes del banano cv. Mysore, encontrando que extrae en $kg \cdot ton^{-1}$ de fruta fresca: 3.164 de K; 0.977 de N; 0.268 de Mg; 0.195 de P y 0.117 de Ca, dentro de los macronutrientes; y para micronutrientes la extracción se expresó en $g \cdot ton^{-1}$ de fruta fresca, siendo los valores siguientes: 7.92 de Mn; 5.99 de Fe y 2.92 de Zn. Esto finalmente nos indica que las extracciones para el banano van a ser diferentes, dependiendo del cultivar estudiado.

VI. CONCLUSIONES

En el banano 'Dominico' el órgano con mayor acumulación de materia seca fue el pseudotallo, seguido por el cormo; presentándose la mayor acumulación en la etapa de 4 SDEI (semanas después de emergencia de la inflorescencia).

El potasio fue el macronutriente extraído en mayor cantidad, seguido por el nitrógeno, calcio, magnesio y fósforo; considerando las etapas evaluadas entre la emergencia de la inflorescencia y la cosecha.

El micronutriente más extraído fue el sodio; mientras que los demás elementos se mantuvieron en contenidos muy similares entre etapas. Teniendo el siguiente orden de extracción: Na>Fe>Mn>B>Zn>Cu.

Considerando la extracción de nutrientes, se calculó que un racimo con un peso fresco promedio de 9 kg extrae: 20 g de K; 7.5 g de N; 2.3 g de Ca; 1.9 g de Mg; 1.7 g de P; 0.15 g de Na; 0.06 g de B; 0.04 g de Mn; 0.03 g de Fe y 0.02 g de Zn.

Con base en el análisis de suelo y la extracción nutricional por la planta, se puede recomendar una dosis de fertilización por unidad (una planta madre más dos plantas hijas) de 100 g de N; 71 g de K y 95 g de Ca.

VII. LITERATURA CITADA

- Agustí M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 493 p.
- Anguiano S. C.; Lascars Y. O. 1998. Elaboración de programas de fertilización en maíz, jitomate, naranja y crisantemo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Mex. 124 p.
- Anónimo. 1988. Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Anónimo. 2002. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico. Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Tomo I. México.
- Anónimo. 2004a. Comisión Veracruzana de Comercialización Agrícola. (<http://coveca.gob.mx/documentos/platano.pdf#search=%22principales%20paises%20productore%20de%20platano%20en%20m%C3%A9xico%22>). Consultada en septiembre del 2006.
- Anónimo. 2004b. Manual de Fertilizantes para Cultivos de Alto Rendimiento. Traducido del Inglés por M. Guzmán Ortiz. Soil Improvement Comité. California Plant Health Association Editorial Limusa, S.A. de C. V. Grupo Noriega Editores. D.F. México. 366 p.
- Anónimo. 2006a. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdearg.html). Consultada en septiembre del 2006.
- Anónimo. 2006b. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comagr2b.html). Consultada en noviembre del 2006.
- Arciniega R. J. 1999. Nutrición vegetal. p. 55-58. *In*: Memoria del Segundo Curso Nacional de Fertirrigación. INIFAP-PRODUCE Campo Experimental del Valle de Culiacán. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. México.

- Avilán R. L.; Laborem E. G.; Chirinos A.; Figueroa M.; Ranguel L. 1980. Extracción de nutrientes por una cosecha en algunos frutales de importancia económica en Venezuela (aguacate, mango, níspero y guanábana). *Fruits* 35(7-8): 479-484.
- Azcón-Bieto, J.; Talón M. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Ediciones Universidad de Barcelona. Madrid, España. 522 p.
- Baeyens J. 1970. *Nutrición de las Plantas de Cultivo (Fisiología Aplicada a la Plantas Agrícolas)*. Editorial Lemos. Madrid. España. 631 p.
- Belalcázar C. S. L.; Salazar M. C. A.; Cayón S. G.; Lozada Z. J. E.; Castillo L. E.; Valencia M. J. A. 1976. Manejo de Plantaciones. p. 149-239. *In*: El cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds) en el trópico. S. L. Belalcázar (Ed.). Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Cali, Colombia.
- Bertsch F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Cartay R. 1997. Documentos: El mercado mundial del banano. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 14: 3-20.
- Castellanos Z, J.; Uballe-Bueno J. X.; Aguilar-Santelises A. 2000. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Agua*. Segunda Edición. Colección INCAPA. D.F. México. 450 p.
- Chamhum S. L. C.; Puschmann R.; Lopes de Siqueira D.; de Azebedo N. C. 2004. Acúmulo e distribuicao de nutrientes em banana 'Mysore' em desenvolvimento. *Revista Brasileira. Fruticultura*. 26(2).
- Champion J. 1968. *El plátano*. Traducido del Inglés por. F. Palomeque. Editorial Blume. Barcelona. España. 214 p.
- Chapman H. D.; Pratt P. E.. 1973. *Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas*. Traducido del Inglés por A. Contin. Editorial Trillas. D.F. México. 195 p.
- Contreras M. de E. M. A. 1982. *Identificación y Caracterización de 16 Clones de Plátano en Tabasco*. Colección de Cuadernos Universitarios, Dirección de Difusión Cultural, Coordinación de Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 78 p.

- Delvaux B. 1995. Soils. p. 230-257. *In*: Banana and Plantains. S. Gowen (Ed.). Chapman & Hall. London, U. K.
- Devlin R. 1982. Fisiología Vegetal. Cuarta Edición. Barcelona, España. Editorial Omega S.A. 516 p.
- Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. D. F. México. 390 p.
- Domínguez V. A. 1990. El Abonado de los Cultivos. Agrogúas Mundi-Prensa. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 184 p.
- Domínguez V. A. 1989. Tratado de Fertilización. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 55 p.
- Eckstein K.; Robinson J.C.; Davie. S. J 1995. Physiological responses of banana (*Musa* AA; Cavendish subgroup) in the subtropics. (III) Gas exchange, growth analysis and source-sink interaction over a complete crop cycle. J. Hort. Sci. 70: 169-180.
- Finck A. 1988. Fertilizantes y Fertilización. Fundamentos y Métodos para la Fertilización de los Cultivos. Traducido del Inglés por V. Hernando. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España. 439 p.
- Faust M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons. New York. 337 p.
- Gajon S. C. 1943. Cultivo del Plátano y del Banano. T. Bartolomé (Ed.). Aldina-Robredo & Rosell. D.F. México. 220 p.
- Galán S. V. 1992. Los Frutales Tropicales en los Subtropicos; II. Plátano (Banano). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 173 p.
- Gardner F. P.; Brent R. P.; Mitchell. L. R. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. 327 p.
- Gómez H. J. 2005. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo (*Rubus idaeus* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 84 p.

- Guzmán E. C.; Alcalde B. S.; Mosqueda V. R.; Martínez J. A. 1996. Contenido y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango cv. Manila. *Agronomía Tropical*, 46(4): 431-446.
- Haarer A. E. 1965. Producción Moderna de Bananas. Traducido del Inglés por J. Esain. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 179 p.
- Jones Jr.; Wolf B. J.; Mills A. H. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens. Georgia. USA. 213 p.
- Jones J. B. Jr. 2003. Agronomic Handbook. Management of Crops, Soils, and Their Fertility. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA. 450 p.
- Lazcano F. I. 2005 Nuevos criterios en la nutrición de cultivos ante la necesidad de mantener sistemas de alta productividad agrícola en México. p. 4-7. In: L. I. Trejo-Téllez, M. Sandoval-Villa, F. Gómez-Merino (eds.). Primer Congreso Nacional de Nutrición de Cultivos. 3 al 8 de octubre. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México.
- López M. A.; Espinosa M. J. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. Una visión practica del manejo de la fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito. Ecuador. 82 p.
- Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, California. USA. 674 p.
- Martín-Prével P. 1974. Les méthodes d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier. *Fruits* 29(9):583-588.
- Martín-Prével P. 1984. Banana. p. 637-670. In: Plant Analysis as a guide to nutrient requirements of temperate and tropical crops. Martín- Prevel, P., Garnard, J. y P. Gautier (Ed.). Lavoisier Publishing Inc. New York. USA.
- Márquez H. L. A. 2000. Efecto del calcio, hierro y manganeso en el control del virus mosaico del tabaco en jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

- Mascarell I. J.; Pérez N. G.; Socorro. A. R. 1987. Algunas consideraciones sobre la fertilización de la platanera *Musa acuminata* Colla (AAA) cv. Dwarf Cavendish) en las Islas Canarias. I Simposio Nacional de Fertilización en Riego Localizado. Almería 9 al 12 de Junio. Biblioteca del CITA. Referencia 13.287. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias, 7 p.
- Mehra A.; Farago. M. E. 1994. Metal Ions and Plant Nutrition, p. 32-66. *In: Plants and the Chemical Elements. Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity.* M. E. Farago (Ed.). VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim, Germany, 292 p.
- Mengel K.; Kirkby E. A. 1982. Principles of Plant Nutrition. Publisher: International Potash Institute. Third. Edition. Worblaufen-Bern, Switzerland. 655 p.
- Molina E.; Salas R.; Castro A. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17 (1): 63-67.
- Mosqueda V. R.; Becerra R. S.; Rodríguez C. J.; Hernández O. J. 1994. La investigación en banano y plátano en México y necesidades futuras, p. 669-676. *In: M. A. Contreras; J. A. Guzmán y L. R. Carrasco (eds.). X. Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (3 al 8 de Noviembre del 1991, Tabasco, México).* Corporación Bananera Nacional. San José, Costa Rica.
- Navarro, G. S.; Navarro G. G. 2000. Química Agrícola. El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 488 p.
- Neves L., R L.; Ferreira H. F. H.; Maciel P. R. F.; Frota. E. J. N. 1991. Extracao de nutrientes em banana (*Musa* sp.) cv. Pacovan. *Cien. Agron. Fortaleza.* 22 (1-2): 115-120.
- Parker, R. 2000. La Ciencia de las Plantas. Paraninfo Thomson Learning. Madrid. España. 628 p.
- Paterson, J. B. E.; Ede. R. 1970. Suelos y Abonado en Horticultura. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 150 p.

- Ramírez S. G.; Rodríguez C. J. C. 1996. Manual de Producción de Plátano para Tabasco y Norte de Chiapas. Folleto Técnico No. 13. División Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tabasco. México. 81p.
- Rodríguez S. J.; Pinochet T. D.; Matus B. F. 2001. La Fertilización de los Cultivos. LOM Ediciones. Santiago. Chile. 117 p.
- Salazar G. S. 2002. Nutrición del Aguacate. Principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Instituto de la Potasa y el Fósforo. D.F. México. 165 p.
- Salisbury F. B.; Ross C. W. 2000. Fisiología de las Plantas. Traducido del inglés por J. M. Alonso. Paraninfo Thomson Learning. Madrid. España. 985 p.
- S.A.S, 1999. Statical Analysis System. SAS Institute. SAS/STAT. User's Guide: Statistics. Version 8th. Ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. USA. s/n p.
- Soto M. 1992. Bananos. Cultivo y Comercialización. Tercera edición. Imprenta Lil. San José. Costa Rica. 674 p.
- Tagliavini M.; Zavalloni C.; Rombola A. D.; Quartieri M.; Malaguti D.; Mazzanti F.; Millard P.; Marangoni B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Hort. 512: 131-140.
- Vidal Z. R. 2005. Las Regiones Climáticas de México. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México, D. F. México. 212 p.