

BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

NIVELES DE NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO  
EN PLANTAS DE CARDAMOMO (Elettaria cardamomum)  
BAJO DEFICIENCIA DE CADA UNO DE ELLOS

BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

NIVELES DE NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO  
EN PLANTAS DE CARDAMOMO (Elettaria cardamomum)  
BAJO DEFICIENCIA DE CADA UNO DE ELLOS


RIGOBERTO CASTAÑEDA ASTURIAS

Trabajo de investigación presentado para optar  
el título de Ingeniero Agrónomo en el grado aca-  
démico de Licenciado en Ciencias Agrícolas


Guatemala  
1986

Vo.Bo.

(f)

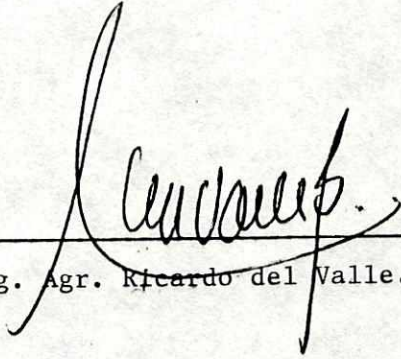
  
\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. José Jesus Chonay  
Asesor.

(f)

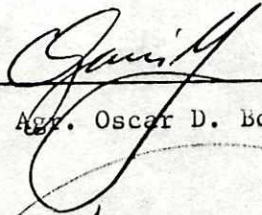
  
\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Mario Vela

Tribunal:

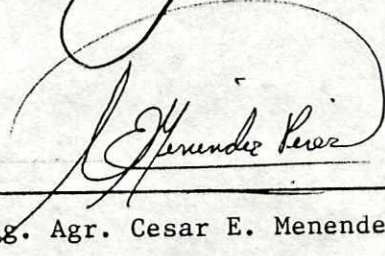
(f)

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Ricardo del Valle.

(f)

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Oscar D. Bonilla A.

(f)

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Cesar E. Menendez P.

Fecha de Aprobación : 11 de Febrero de 1987

## AGRADECIMIENTO

A las personas e instituciones que me ayudaron en la realización de este trabajo.

Universidad del Valle de Guatemala  
Asociación de Productores de Cardamomo  
Las Sigüientes personas: Julio Tejada, Jesus Chonay, Cesar-  
Menendez, Rolando Mejía, Marco Arévalo.  
Y muy especialmente a : Edgar Arcia y María Isabel Herrera  
por su valiosa colaboración.

299/25 = 1000 PTA  
1000 - 100000  
X - 712

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ix
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	3
A. Cultivo del cardamomo	3
1. Características botánicas	3
2. Ecología del cultivo	5
3. Importancia económica	6
B. Análisis de plantas	7
1. Propósitos del análisis de plantas	7
2. Componentes de las plantas	8
III MATERIALES Y METODOS	10
A. Metodología de la primera fase	10
1. Factores a evaluar	10
2. Metodología experimental	10
3. Manejo	11
B. Metodología de la segunda fase	11
1. Factores a evaluar	11
2. Metodología experimental	12
3. Manejo de las muestras	12
3.1 Preparación de las muestras	12
3.2 Obtención de cenizas vegetales	12
3.3 Procedimientos analíticos	15
4. Análisis de datos	18
IV RESULTADOS Y DISCUSION	19
A. Plantas con solución nutritiva completa	20
B. Plantas con solución nutritiva deficiente en nitrógeno	24
C. Plantas con solución nutritiva deficiente en fósforo	29
D. Plantas con solución nutritiva deficiente en potasio	35
E. Plantas con solución nutritiva deficiente en calcio	40
F. Plantas con solución nutritiva deficiente en magnesio	46
G. Deficiencia de nitrógeno	57
H. Deficiencia de fósforo	57
I. Deficiencia de potasio	58
j. Deficiencia de calcio	58
K. Deficiencia de magnesio	58
V. CONCLUSIONES	59
VI RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva completa.	21
2.	Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva completa	22
3.	Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva completa.	23
4.	Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva completa.	25
5.	Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva completa.	26
6.	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno	27
7.	Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno	28
8.	Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno	30
9.	Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno	31
10.	Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno	32
11.	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo	33
12.	Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo	34
13.	Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo	36
14.	Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo	37
15.	Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo	38
16.	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio	39

Continuación....

Cuadro	página
17. Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio	41
18. Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio	42
19. Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio	43
20. Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio	44
21. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio	45
22. Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio	47
23. Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio	48
24. Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio	49
25. Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio	50
26. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio	51
27. Análisis de varianza del contenido de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio	52
28. Análisis de varianza del contenido de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio	54
29. Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio	55
30. Análisis de varianza del contenido de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio	56

## LISTA DE GRAFICAS

Gráfica	Página
1. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva completa , porcentajes, en diferentes partes de la planta	21
2. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva completa, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	22
3. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva completa, porcentajes en diferentes partes de la planta.	23
4. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva completa, porcentajes en diferentes partes de la planta	25
5. Niveles de magnesio en plantas en solución nutritiva completa, porcentajes en diferentes parte de la planta	26
6. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno, porcentajes en diferentes partes de la planta.	27
7. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno, porcentajes n diferentes partes de la planta.	28
8. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno, porcentajes en diferentes partes de la planta	30
9. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	31
10. Niveles de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno, porcentajes en diferentes partes de la planta.	32
11. Niveles de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo, porcentajes en diferentes partes de la planta	33
12. Niveles de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo, porcentajes en diferentes partes de la planta.	34
13. Niveles de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo, porcentajes en diferentes partes de la planta.	36
14. Niveles de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo, porcentajes en diferentes partes de la planta.	37

15	Niveles de magnesio en plantas, en solución nutritiva deficiente en fósforo, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	38
16.	Niveles de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	39
17	Niveles de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	41
18	Niveles de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	42
19	Niveles de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	43
20.	Niveles de magnesio en plantas, en solución nutritiva deficiente en potasio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	
21.	Niveles de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio, porcentajes en diferentes partes de la planta	45
22.	Niveles de fósforo, en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	47
23.	Niveles de potasio, en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	48
24.	Niveles de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	49
25.	Niveles de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en calcio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	50
26.	Niveles de nitrógeno en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio, porcentajes en diferentes partes de la planta.	51
27.	Niveles de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	52

Continuación.....

Gráfica		página
28.	Niveles de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	54
29.	Niveles de calcio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	55
30.	Niveles de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio, porcentajes, en diferentes partes de la planta.	56

## RESUMEN

El análisis de tejidos de plantas ha cobrado importancia por ser indicador del estado nutricional de las plantas y por que al relacionarse con los análisis de suelos, se usa para recomendación de fertilizantes.

El trabajo presentado es una exploración del contenido de nitrógeno fósforo, potasio, calcio y magnesio, en cardamomo (Elettaria cardamomum) y su distribución dentro de la planta, en condiciones de deficiencia de cada uno de ellos.

Se utilizó un diseño completamente al azar, por cada una de las deficiencias mencionadas, con 36 plantas, 6 por deficiencia, 10 partes por planta, entre nervaduras, limbos y pseudotallos, los que por la posición de las hojas dentro de la planta, se dividieron en apicales, medios, basales y la raíz, en cada parte de la planta se determinaron cuantitativamente, las concentraciones de los 5 elementos en estudio, para conocer los niveles en que se encuentran los mismos y poder observar las variaciones en la planta, en la presencia de alguna deficiencia.

Para el desarrollo del análisis químico de los elementos, se siguieron las especificaciones de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC), para la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, por el método de obtención de cenizas vegetales por combustión seca.

Para la determinación de nitrógeno total, se utilizó la metodología

microkjellidal, de digestión de las muestras con ácido sulfúrico y mezcla de sulfatos, destilación y valoración por titulación.

Como se muestra en los análisis de varianza, la concentración de los diferentes elementos dentro de la planta, varían según la posición de donde sean tomadas las muestras y por la movilidad del elemento dentro de la planta.

Se observa que los diferentes elementos se ven afectados al existir alguna deficiencia, lo que provoca las acumulaciones o disminución en absorción o utilización de algún otro elemento.

Al presentarse en el campo una duda sobre si existe o no alguna deficiencia nutricional es aconsejable no basarse solamente en síntomas visuales, pues muchas veces estos pueden ser una mezcla de deficiencias y solamente por medio del análisis foliar, en combinación con los análisis de suelos, se puede llegar a determinar la deficiencia y la forma como esta puede ser corregida.

## I INTRODUCCION

"Por el aumento desmedido de la población mundial, el hombre, se ha visto en la necesidad de aumentar la producción de sus cultivos, tanto que los alimentos como las fibras, en áreas restringidas, es difícil, por lo que ha tenido que buscar estrategias que ayuden a satisfacer la demanda planteada, ya sea por el uso de fertilizantes, el conocimiento del desarrollo de las plantas o nuevas prácticas culturales, todo esto para la obtención de mayor producción." (38)

Guatemala por ser un país agrícola requiere del conocimiento de sus cultivos y de nuevas técnicas para un mejor aprovechamiento de los recursos con que se cuenta, para optimizar en rendimientos y beneficios, por eso el cultivo de cardamomo (Elettaria cardamomum) ha cobrado importancia, por generar este, divisas y fuentes de trabajo.

El cardamomo enfrenta muchos problemas, entre los cuales el más importante es el Virus del Mosaico del Cardamomo, este juega un papel importante en la producción, otro aspecto en el que debe tomarse énfasis, es el aspecto nutricional, que es uno de los mayores limitantes de la producción.

El presente trabajo está inspirado en el deseo de aumentar los avances logrados en investigación de cardamomo, forma parte del convenio desarrollado entre la Universidad del Valle de Guatemala y la Asociación de Productores de Cardamomo (APROCAR), se desarrolló como segunda fase de la

investigación para observar síntomas de deficiencia de los macrolementos en plantas de cardamomo, en condiciones de cultivo hidropónico. (38).

Los objetivos de este trabajo consisten en:

1. Observar y determinar los niveles de concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en diferentes partes de la planta de cardamomo, en condiciones deficientes de alguno de ellos.
2. Determinar puntos de muestreo adecuados, para análisis foliar de un elemento determinado.
3. Contribuir a fundamentar una metodología de análisis foliar en el cultivo del cardamomo, para detectar deficiencias nutrimentales, que permitan hacer programas de nutrición vegetal con los cuales se puedan corregir problemas que se presenten en el campo.

En base a esto se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Las concentraciones de los elementos nutritivos dentro de la planta de cardamomo, no se ven afectados por la existencia de alguno de ellos en el medio.
2. La toma de muestras para desarrollar un análisis foliar en plantas de cardamomo pueden ser realizadas en cualquier parte de la planta.

## II REVISION DE LITERATURA

### A. Cultivo del Cardamomo

El cardamomo (Elettaria cardamomum Maton ), es una planta perenne, herbacea que pertenece a la familia Zingiberaceae, se encuentra en forma silvestre en los bosques monzónicos, siempre verdes, de los Ghats occidentales al sur de la India y Sri-Lanka.

Se utilizó por primera vez en el siglo VII, se dice que se importó a Europa en el año de 1244 d.C., probablemente se introdujo a Centro América en el período colonial. (42)

#### 1. Características Botánicas.

El cardamomo es una planta perenne , con rizoma tuberoso horizontal del cual surgen varios brotes, de 8 a 20, que llegan a medir de 2.5 a 5.0 metros de altura.

Sus hojas son dos láminas lanceoladas, terminadas en punta, tiene de 25 a 50 centímetros de largo y entre 5 a 15 centímetros de ancho, el envés puede ser liso o pubescente, el haz es liso y de color verde oscuro. (1,22,42)

La inflorescencia nace de la región radicular, en la base de los brotes y llega a medir de 60 a 120 centímetros de largo, pueden ser panículas erectas, alargadas o reclinadas y postradas. Posee bracteadas medianamente largas de enrollamiento axilar, usualmente con dos o tres flores hermafroditas, zigomórficas de cerca de 4 centímetros de largo y 1.7 centímetros de diámetro, tiene 3 sépalos y 3 pétalos, uno de estos sobresale

de los otros por ser más grande, (labelo), este está compuesto por 3 estambres modificados y es blanco con líneas púrpura radiando del centro. (1,2,22,23).

Existen dos estaminoides rudimentarios separados y un estambre funcional, el cual tiene un pequeño filamento amplio con una larga antera.

El ovario inferior consta de tres carpelos unidos con muchos óvulos, en posición axial, un estilo con un pequeño estigma capitado, posee caliz doble, exterior cilíndrico con dos lóbulos, cuatro divisiones externas y tres internas, donde se encuentran los óvulos.

El tubo de la corola es aproximadamente del mismo largo que el del caliz, con tres lóbulos angostos frondosos de color verde pálido. (1,9,22,42)

Por poseer flores alógamas requiere de insectos polinizadores, los cuales efectúan una polinización cruzada.

Entre los principales insectos que polinizan cardamomo se encuentran los géneros, Trigona s.p., Bombus s.p. y la especie Apis mellifera, de las familias Apidae y Bombidae (2,22,23 )

Los frutos son cápsulas triloculadas, esféricas terminadas en punta de color verde amarillento en su estado maduro. El fruto es indehisciente contiene de 15 a 20 semillas de color pardo oscuro, cada semilla tiene de 3 a 4 milímetros de largo, de forma irregular, angulosa, dura y de superficie áspera con cubierta muscilaginosa y muy aromáticas. (1,22,42)

El cardamomo silvestre y cultivado pertenece a la especie Elettaria cardamomum Maton. Dos variedades botánicas han sido reconocidas en base al tamaño del fruto, Variedad Major Thwaites y Variedad Cardamomum, la cual incluye la mayoría de las razas cultivadas, dentro de estas las más importantes son el Cardamomo de Malabar y Cardamomo de Mysure. (2,4,9,22,23)

## 2. Ecología del Cultivo

El cardamomo se encuentra cultivado en las siguientes zonas de vida:

- a. Bosques muy húmedos, sub-tropical frío
- b. Bosques muy húmedos, sub-tropical cálido
- c. Bosque humedo, sub-tropical templado. (1,20,22)

La planta de cardamomo es propia de regiones húmedas con alta precipitación pluvial, bien distribuída durante todo el año, su requerimiento de agua se encuentra entre los 2000 y 3000 milímetros de lluvia anuales.

La planta de cardamomo se desarrolla bien a una temperatura de 20 a 25 grados centígrados, se adapta mejor a alturas comprendidas entre los 900 a 1300 metros sobre el nivel del mar, requiere de un 70 a 80% de humedad relativa.

Los suelos aconsejables para el cardamomo son los de la clase textural, Franco Arenosa, con estructura estable, ricos en materia orgánica y buen drenaje. (1,2,9,25 )

El cardamomo se propaga tanto en forma sexual, por semillas, como en

forma asexual, por plantación de rizomas, la reproducción sexual tiene ventaja sobre la reproducción asexual, debido a que por semilla no se transmite el virus del mosaico del cardamomo. (4,9,22,25)

### 3. Importancia Económica

Guatemala es uno de los pocos países que tiene áreas con condiciones de clima y suelo apropiados para la producción de cardamomo.

Una de las principales ventajas del cultivo, lo constituye el hecho de requerir mano de obra, en forma intensiva, lo que permite fomentarlo entre pequeños productores, ayudando así a la estabilización de la paz social del país, y contribuir a la estabilidad económica. (18)

## B. Análisis de Plantas.

Anteriormente para estimar los requerimientos de fertilización en los cultivos, solo eran tomados en cuenta los análisis de suelos. (7)

La reciente crisis energética y la subsecuente fertilización han desarrollado un problema, que enfatiza la necesidad de hacer un uso económico de los fertilizantes para la producción de cosechas. (11)

El análisis de plantas está jugando un importante papel en la expansión de tecnología de una económica producción de plantas, está basado en el principio de que la concentración de un elemento nutriente, dentro de la planta, es un valor integral de factores edáficos, ambientales y de otros como lo son las plagas y enfermedades así como el manejo del cultivo. (39)

La materia seca del organismo vegetal consta en su mayor parte de sustancias orgánicas, que quedan como residuo de la combustión, al contrario del agua, los minerales aumentan con la edad de la planta. (36,38,40)

### 1. Propósitos del Análisis de Plantas

A travez del análisis de plantas se puede confirmar el diagnóstico de síntomas visuales de deficiencia, que puede indicar problemas ocultos, por medio de este se pueden determinar áreas de incipiente deficiencia, la cantidad de nutrientes que entran en la planta, indicar interacciones o antagonismos entre nutrientes, así como para sugerir test adicionales para identificar el problema.

## 2. Componentes de las Plantas

En 1804 de Saussure definió la dependencia de las plantas, respecto a los minerales absorbidos por las raíces y demostró que los elementos en las cenizas vegetales de las plantas, proceden del suelo, pero no llegó a establecer cuales eran los elementos necesarios para el desarrollo de las plantas.

En 1840 Leibig, propuso la ley de la restitución, por lo tanto si se desea mantener la fertilidad del suelo, las cantidades de nutrientes que se remueven del suelo por las plantas, deben ser restituidos por la aplicación de abonos. (3)

Las plantas tienen diferentes constituyentes, los principales son el agua y la materia seca.

El agua representa cerca del 80 a 95% de la materia fresca de la planta, la materia seca representa del 10 al 20 % de la materia fresca de la planta y se obtiene al eliminar el agua de esta y constituye la materia orgánica y la composición mineral de la planta, esta puede ser afectada por factores como son, el método de cultivo, la parte de la planta que se analiza, efectos varietales, la posición de la hoja dentro de la planta, efectos genéticos y el nivel de suministro de nutrientes. (6,14)

Los diferentes elementos tienen roles específicos en la fisiología y procesos metabólicos, que toman lugar en la planta, el conocer estos mecanismos en que se encuentran envueltos los elementos, ayuda a comprender los caminos, por los cuales se pueden corregir las deficiencias nutricionales en un cultivo o planta. (13)

Las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces, pero la presencia en la planta de algún elemento particular no constituye a este elemento en esencial para su desarrollo.

En base a esto Arnon de California (citado por Tisdale y Nelson.1982) ha establecido que, una deficiencia del elemento hace imposible para la planta completar el ciclo vegetativo o reproductivo, los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión, pueden ser prevenidos o corregidos solamente mediante el suministro del elemento faltante y el elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta, aparte de su posible efecto al corregir alguna condición microbiológica o química del suelo o medio de cultivo. (38)

### III MATERIALES Y METODOS

Debido a que el presente trabajo se desarrolló en dos fases o etapas, la descripción de la metodología se hace indicando la metodología de la primera ( invernadero ) y luego la metodología de la segunda fase ( análisis químico de la planta ).

#### A. Metodología de la primera fase.

La primera fase se realizó en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala, con el objeto de provocar deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio, en plantas de cardamomo ( Elettaria cardamomum ) bajo condiciones de cultivo hidropónico, se utilizó como sustrato arena de piedra pómez y como fuente de nutrientes se seleccionó la solución Hoagland 2, por su versarilidad para poder trabajar con el elemento faltante.

Se escogieron estos elementos por ser con los que mayormente se presentan problemas en el campo.

#### 1. Factores a Evaluar.

a. Observar síntomas visuales de deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio , en plantas de cardamomo. (35)

#### 2. Metodología experimental.

Para evaluar los factores, se sometió a un diseño completamente al azar, con 6 tratamientos y 3 réplicas, siendo uno de los tratamientos un control, con solución nutritiva completa. (35)

Cada uno de los tratamientos constó de grupos de 6 cubetas plásticas de 12 litros de capacidad, con una perforación en el fondo que conecta a un drenaje colectivo por conjunto, lo que permite recuperar la solución de riego para volverse a utilizar. (35)

### 3. Manejo.

En cada cubeta se sembraron 2 plantas, las soluciones se aplicaron diariamente en las tardes, dejándose toda la noche, cada mañana se drenaron, para permitir que hubiera aireación.

Las plantas se sometieron a estas soluciones durante 1 año, al cabo del cual se inició la recolección de las muestras para el desarrollo de la segunda fase. (35)

### B. Metodología de la segunda fase.

El análisis químico de las muestras se desarrolló en los laboratorios de suelos y patología vegetal, de la Universidad del Valle de Guatemala.

La recolección de las muestras se llevó a cabo el 19 de junio, 28 de junio, 4 de julio, 17 de julio, 22 de julio y 27 de julio, todos de 1985.

Al momento de la recolección, las plantas en el invernadero mostraban síntomas característicos de las deficiencias que se provocaron en la primera fase.

#### 1. Factores a Evaluar.

a. Determinación de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, cal-

cio y magnesio, en plantas de cardamomo, bajo condiciones de deficiencia.

## 2. Metodología experimental.

En cada unidad experimental se tomo 1 planta de cada uno de los tratamientos originales de la fase 1, ( 6 plantas por réplica) , la planta se dividió en 3 niveles y la raíz, los niveles se determinaron por la posición de las hojas en los pseudotallos, sub-dividiendose las hojas a su vez en nervaduras y limbos, lo que dá un total de 10 partes por planta, en las que se determinaron las concentraciones de nitrógeno, fósforo potasio, calcio y magnesio. ( Figuras 1,2,3)

## 3. Manejo de las muestras.

Para la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, se obtuvo la solución patrón a partir del método de combustión seca para la obtención de cenizas vegetales, el nitrógeno total se determinó por la metodología de microkjellidal.

### 3.1 Preparación de las muestras.

Las muestras se secaron en un horno eléctrico con corriente de aire forzado a  $70^{\circ}\text{C} \pm 5$  durante 48 horas, para determinar el peso seco total de las plantas, las muestras se molieron en un molino eléctrico de acero inoxidable marca General Electric, a 20 mesh.

### 3.2 Obtención de cenizas vegetales

Para la obtención de cenizas vegetales se colocó un gramo de material en un crisol de porcelana y se incineró en una mufla eléctrica -

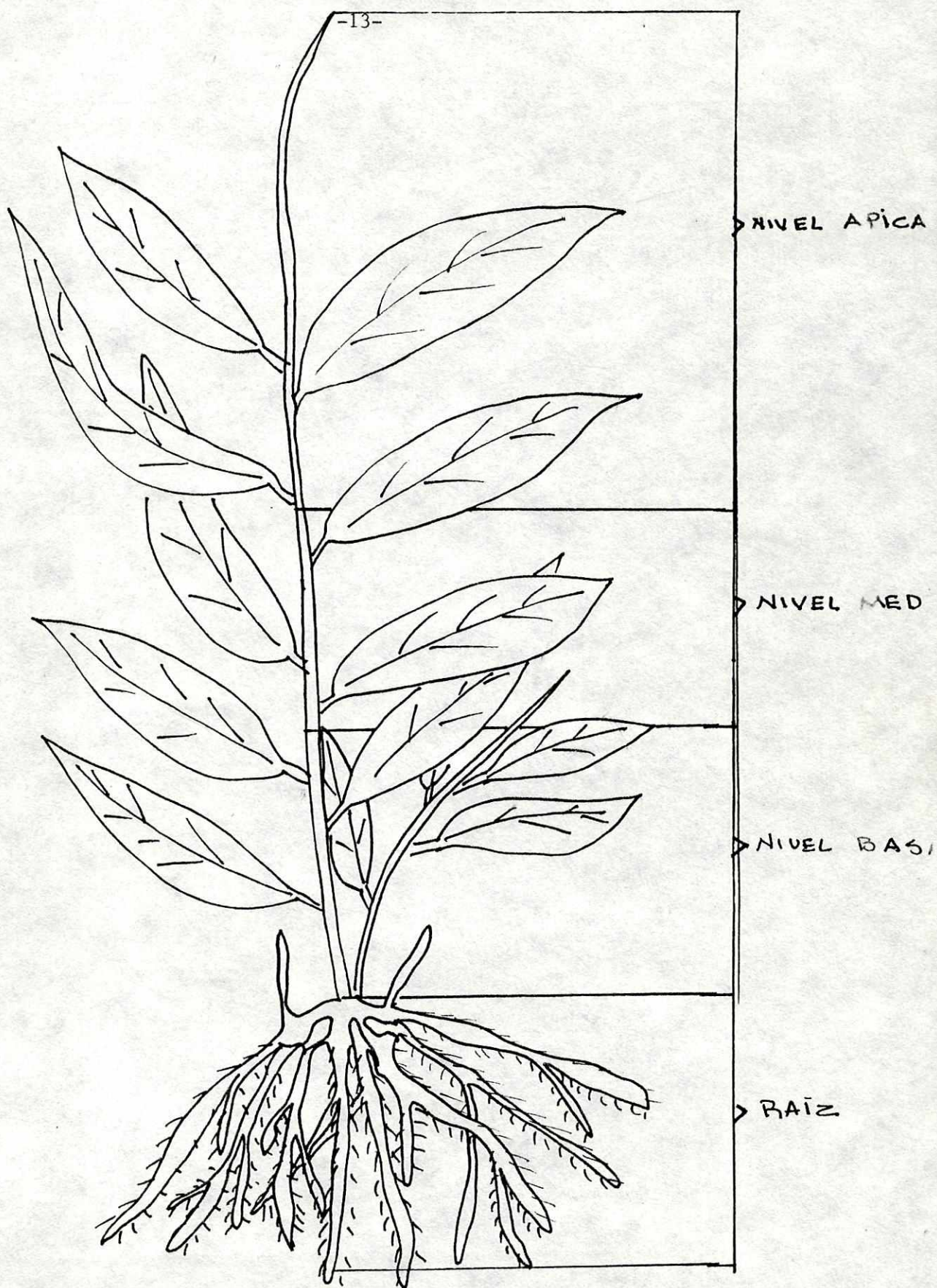


Figura 1. Niveles dependiendo de la posición de la hoja en plantas de cardamomo

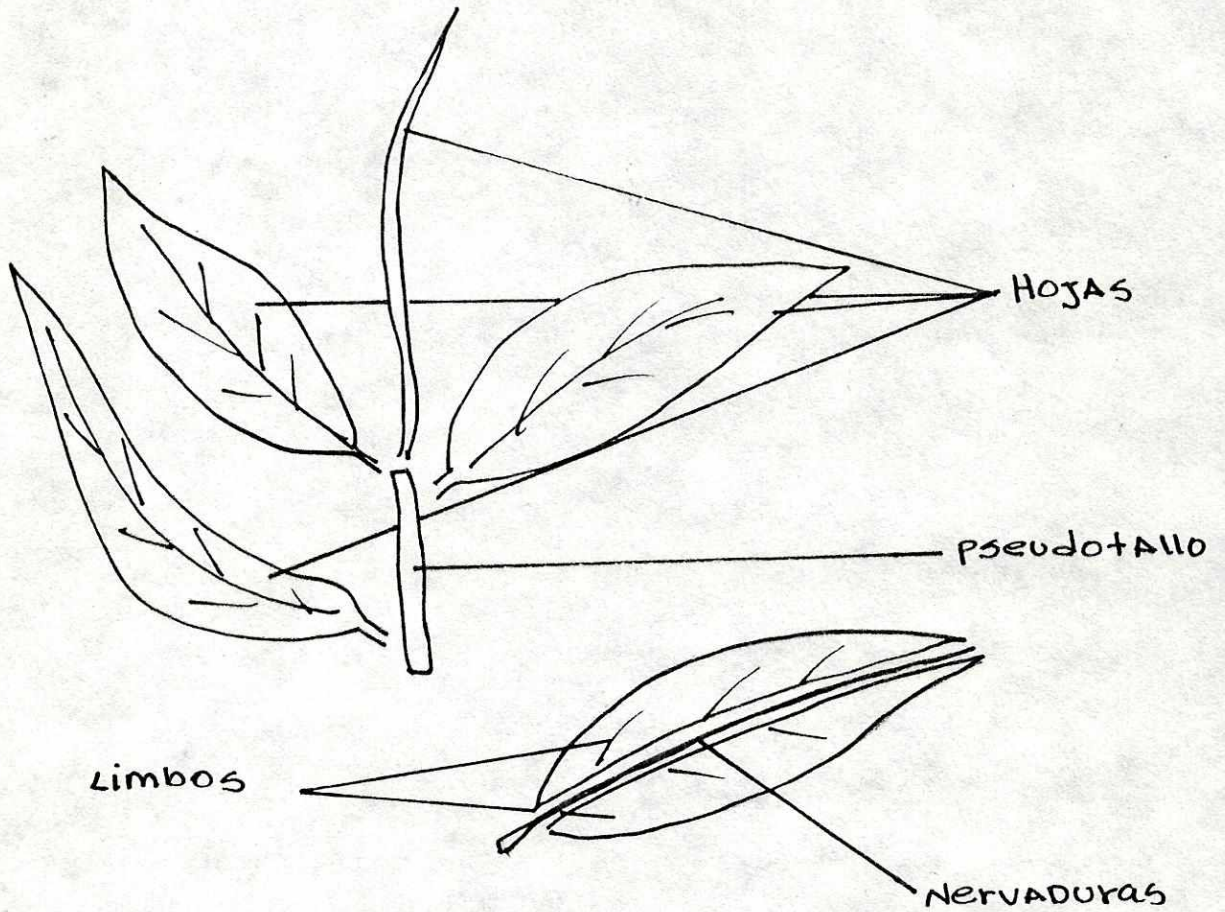


Figura 2. Sub-división de los niveles en las diferentes partes analizadas en plantas de cardamomo.

Syborn thermolyne, durante 4 horas a una temperatura de 475 a 500°C.

Las cenizas vegetales fueron recuperadas con 25 mililitros de HCl 1 normal y se filtró en papel Wathman # 40.

### 3.3 Procedimientos analíticos.

Del filtrado de las cenizas vegetales se tomaron 4 mililitros y se llevó a un volumen de 100 mililitros con agua deionizada, para constituir la solución patrón en la que se determinaron, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

A continuación se presenta en forma resumida la forma como fueron determinados cuantitativamente los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Elemento analizado	ml solución madre	Reactivos	Aparatos
Fósforo	1ml	6 ml agua deionizada 1 ml de cloruro estañoso 2 ml de Molibdato de amonio.	espectrofotómetro spcctronic # 20 Busch & Lomb, longitud de onda 660 nm
Potasio	1 ml	9 ml solución de lantano al 1 % 15 ml de agua deionizada	espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer, modelo 305 B, modulo de emisión, llama aire-acetileno.
Calcio + Magnesio	5 ml	5 ml solución amortiguadora. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ 20 ml de agua deionizada 10 gotas de: Cianuro de potasio al 1% Cloruro de Hidroxilamina Ferrocianuro de potasio 4% Trietalonamina al 98% 3 gotas de indicador, ericromo negro T.	Titulación con EDTA
Calcio	5 ml	20 ml de agua deionizada 10 gotas de : Cloruro de hidroxilamina 5% Cianuro de potasio al 1% Trietalonamina al 98% 1 ml de NaOH al 10% 3 gotas de indicador Calcón	Titulación con EDTA

Determinación de Nitrógeno

Digestión

- 0.1 gramos de material vegetal
- 1.1 gramo de mezcla de sulfatos ( sulfato de sodio, sulfato de cobre, selenio metálico)
- 3 ml de  $H_2SO_4$  concentrado

digestor Labconco de 6 hornillas

Destilación

- 20 ml de agua deionizada NaOH al 40%
- 30 ml de ácido bórico al 4%
- Indicador verde de bromocresol-rojo de metilo.

microdestilador Labconco

Titulación con  $H_2SO_4$  0.05 normal.

## 5. Análisis de Datos.

El análisis de varianza de las concentraciones en las diferentes partes de las plantas, se hizo tomando por separado cada uno de los elementos estudiados, esto es deficiencia de fósforo, deficiencia de nitrógeno, deficiencia de potasio, deficiencia de calcio y deficiencia de magnesio, además de las plantas con solución nutritiva completa, se desarrolló una comparación de medias con el estadístico de la Diferencia Significativa mínima, (DMS) al 5%.

#### IV RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados y la discusión de los mismos, para cada uno de los tratamientos evaluados.

Niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en cardamomo bajo deficiencia de alguno de ellos

Para cada una de las deficiencias evaluadas, el análisis de varian-za demostró, diferencia significativa al 1% de probabilidad, mientras que para fósforo, bajo deficiencia de potasio y calcio bajo deficiencia de calcio, presentan diferencia significativa al 5% de probabilidad.

De las gráficas de la 1 a la 5 se muestran los niveles obtenidos de cada uno de los elementos estudiados, en plantas con solución nutritiva completa, de las gráficas de la 6 a la 10 se presentan los niveles obtenidos de los elementos en las plantas con solución nutritiva, deficiente en nitrógeno.

Los niveles de los elementos en plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo, son presentados en las gráficas de la 11 a la 15, de las gráficas de la 16 a la 20 se muestran los niveles encontrados en plantas en solución nutritiva deficiente de potasio, de la 21 a la 25 se muestran los niveles de los diferentes elementos, en plantas con solución nutritiva, deficiente en calcio y finalmente de las gráficas de la 25 a la 30 se muestran los niveles de los elementos encontrados en plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio.

A. Plantas con solución nutritiva completa.

El contenido de nitrógeno en plantas con solución nutritiva completa se observa, que las mayores concentraciones se encuentran en los limbos apicales(LA) como se muestra en la gráfica 1, no existe diferencia significativa entre las nervaduras apicales(NA) y nervaduras medias(NM), tampoco entre las nervaduras medias(NM) y nervaduras basales(NB), pero la concentración del elemento disminuye hacia la parte basal en los pseudotallos se encuentra, que no hay diferencia significativa entre el pseudotallo medio(TM) y basal (TB), la concentración entre los limbos medios (LM) y basales (LB) no presentan diferencia significativa.

La mayor concentración en las partes apicales de la planta es un índice de la movilidad del elemento dentro de la planta.(11,13,28,34,38,41)

El contenido de fósforo en plantas con solución nutritiva completa, se encontró que la distribución dentro de las mismas, tiene un patrón uniforme, pero presenta una mayor concentración en la parte media y basal, no existe diferencia significativa entre las nervaduras, limbos y pseudotallos, lo que indica que la distribución del elemento dentro de la planta de cardamomo es uniforme, cuando se suplen todos los elementos necesarios, como se muestra en la gráfica 2.

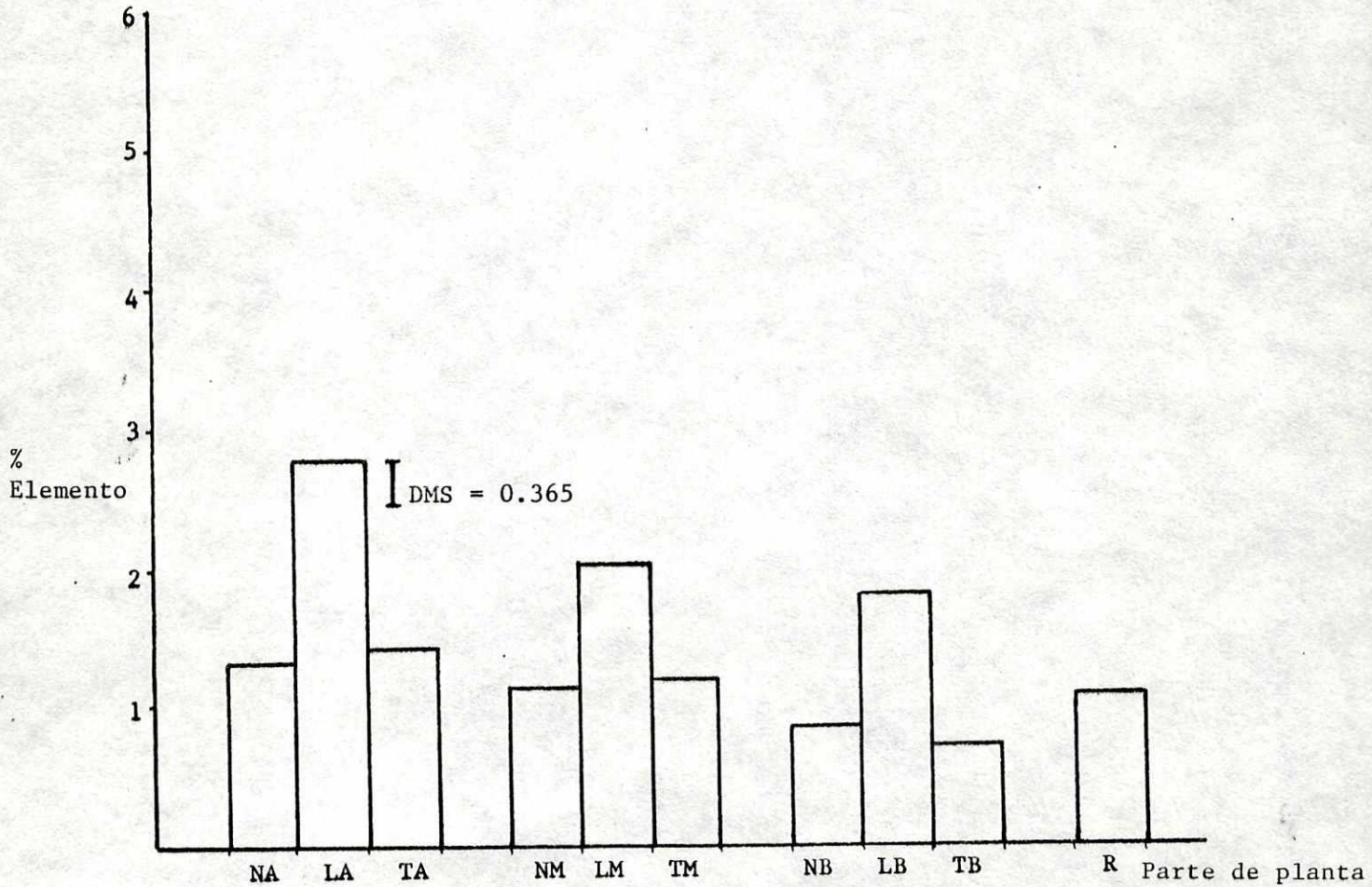
Las mayores concentraciones de potasio se encontraron en las nervaduras, disminuyen en los limbos y pseudotallos, observandose el mayor nivel en la nervadura basal(NB), no existe diferencia significativa entre las nervaduras apicales(NA) y medias(NM), ni entre las nervaduras medias(NM) y basales(NB), en los limbos, el limbo basal(LB) es el que presenta la mayor concentración, pero no existe diferencia significativa entre los limbos apicales(LA) y medios(LM) como tampoco en los pseudotallos.(gráfica 3)

Cuadro 1. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en plantas en solución nutritiva completa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	2.366	23.86	2.78 **
Error	50	0.099		
Total	59			

Coefficiente de variación 22.381%

\*\* Diferencia altamente significativa

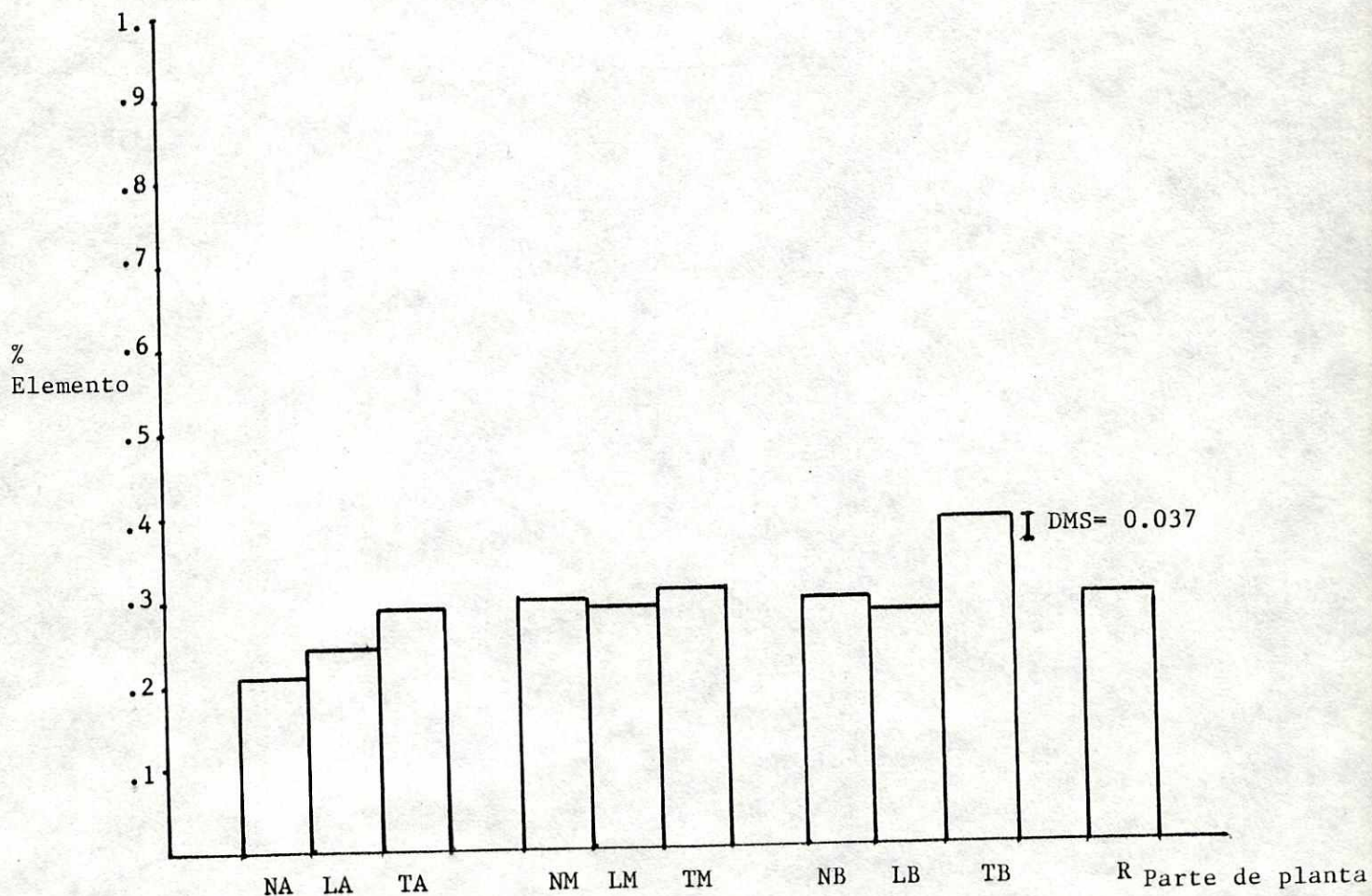


Gráfica 1. Niveles de nitrógeno en plantas en solución nutritiva completa. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 2. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva completa.

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas 0.01
Tratamientos	9	0.013	19.143	2.78**
Error	50.	0.001		
total	59.			

Coefficiente de variación 9.086%  
 \*\* Diferencia altamente significativa



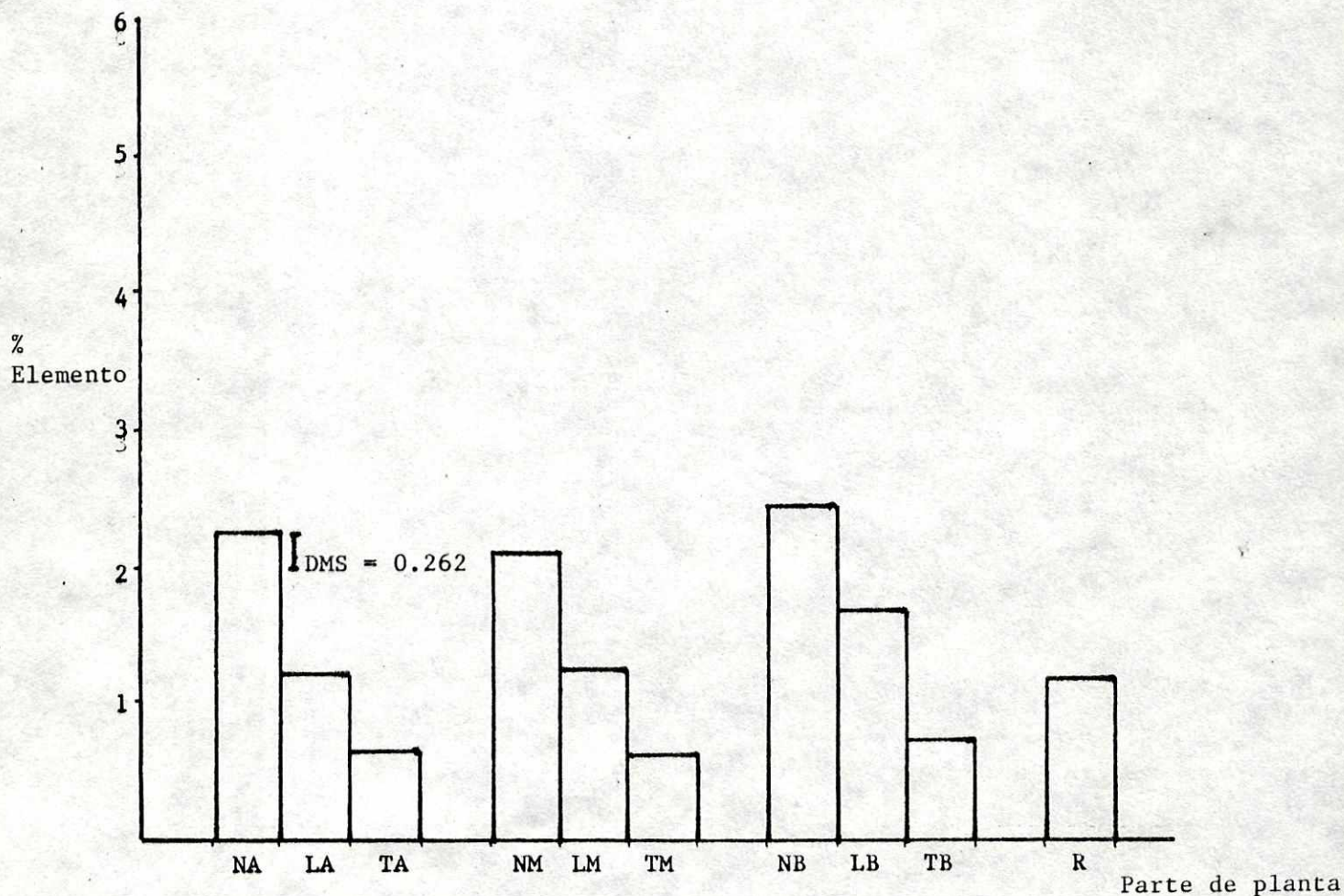
Gráfica 2. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva completa. Porcentajes en diferentes partes de la planta

Cuadro 3. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva completa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $S^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	2.604	51.300	2.78 **
Error	50	0.051		
Total	59			

Coefficiente de variación 15.897%

\*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 3. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva completa. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Las mayores concentraciones de calcio son en la parte basal de la planta, esto se debe a la poca movilidad del elemento dentro de la planta (5,14,38). Como se muestra en la gráfica 4 hay diferencia significativa entre las nervaduras, limbos y pseudotallos.

El contenido de magnesio se presenta en más alta concentración en la parte basal de los limbos(LB) y en los pseudotallos basales (TB), pero las concentraciones en la parte apical y media son uniformes, como se muestra en la gráfica 5.

#### B. Plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno.

Como se muestra en la gráfica 6 , el contenido de nitrógeno es mayor en las partes apicales, disminuyendo hacia la parte media, la parte basal no se presentan datos, pues al ocurrir una deficiencia de este elemento, ocurre abscisión de las hojas, lo cual impidió tomar muestras para hacer los análisis. No existe diferencia significativa entre nervadura y pseudotallos de la parte apical ni tampoco en la parte media.

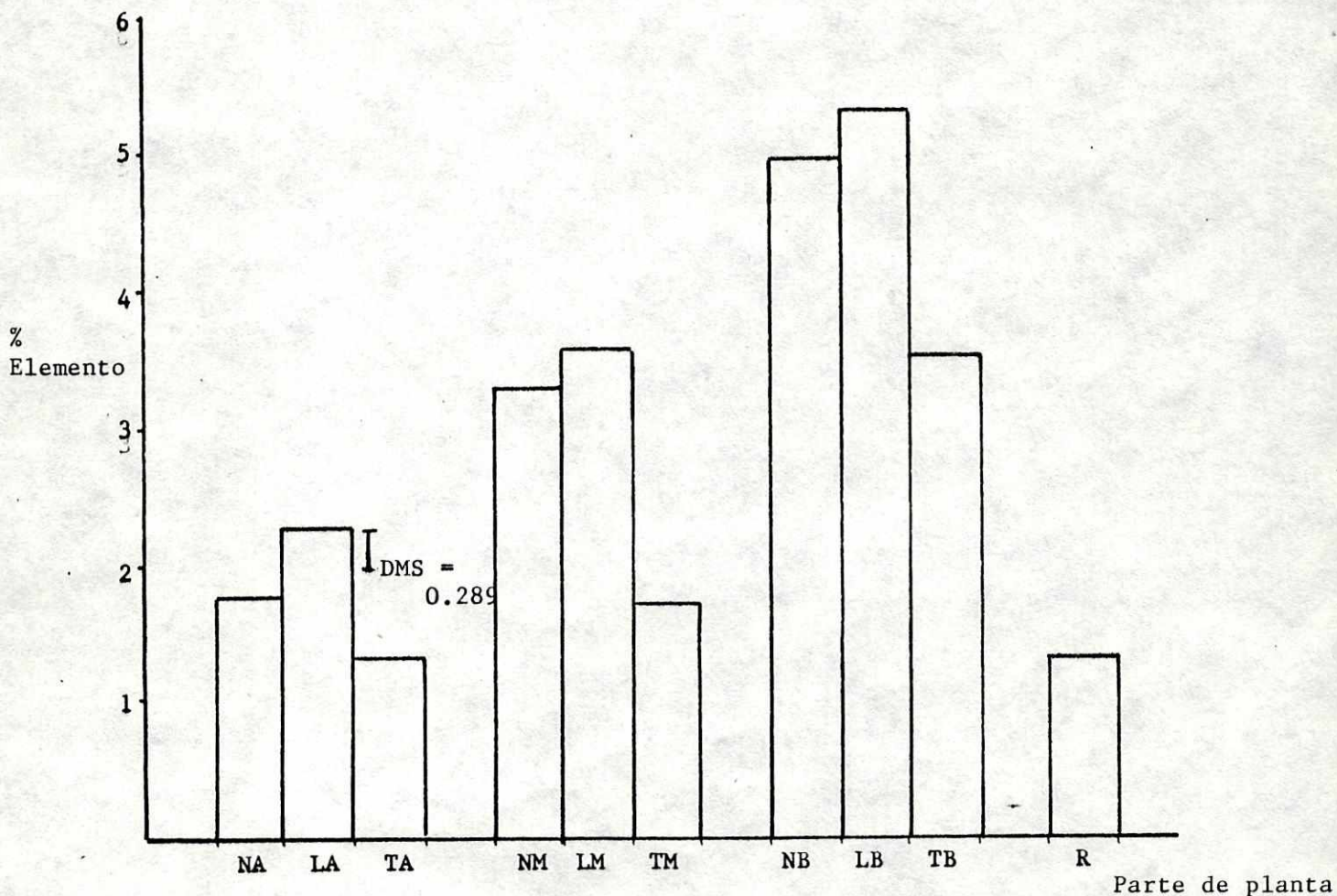
En la gráfica 7 se observa el contenido de fósforo , presenta un aumento en la concentración en relación a la planta con solución nutritiva completa, debido a que al haber insuficiencia de nitrógeno en la solución hay acumulación de fósforo en la planta al no ser utilizado en forma apropiada. En maiz se ha comprobado que al no haber suficiente suministro de nitrógeno, existe mayor absorción de fósforo .

Cuadro 4. Análisis de varianza del contenido de calcio de plantas en solución nutritiva completa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	12.837	208.66	2.78 **
Error	50	0.062		
Total	59			

Coefficiente de variación 8.612%

\*\* Diferencia altamente significativa



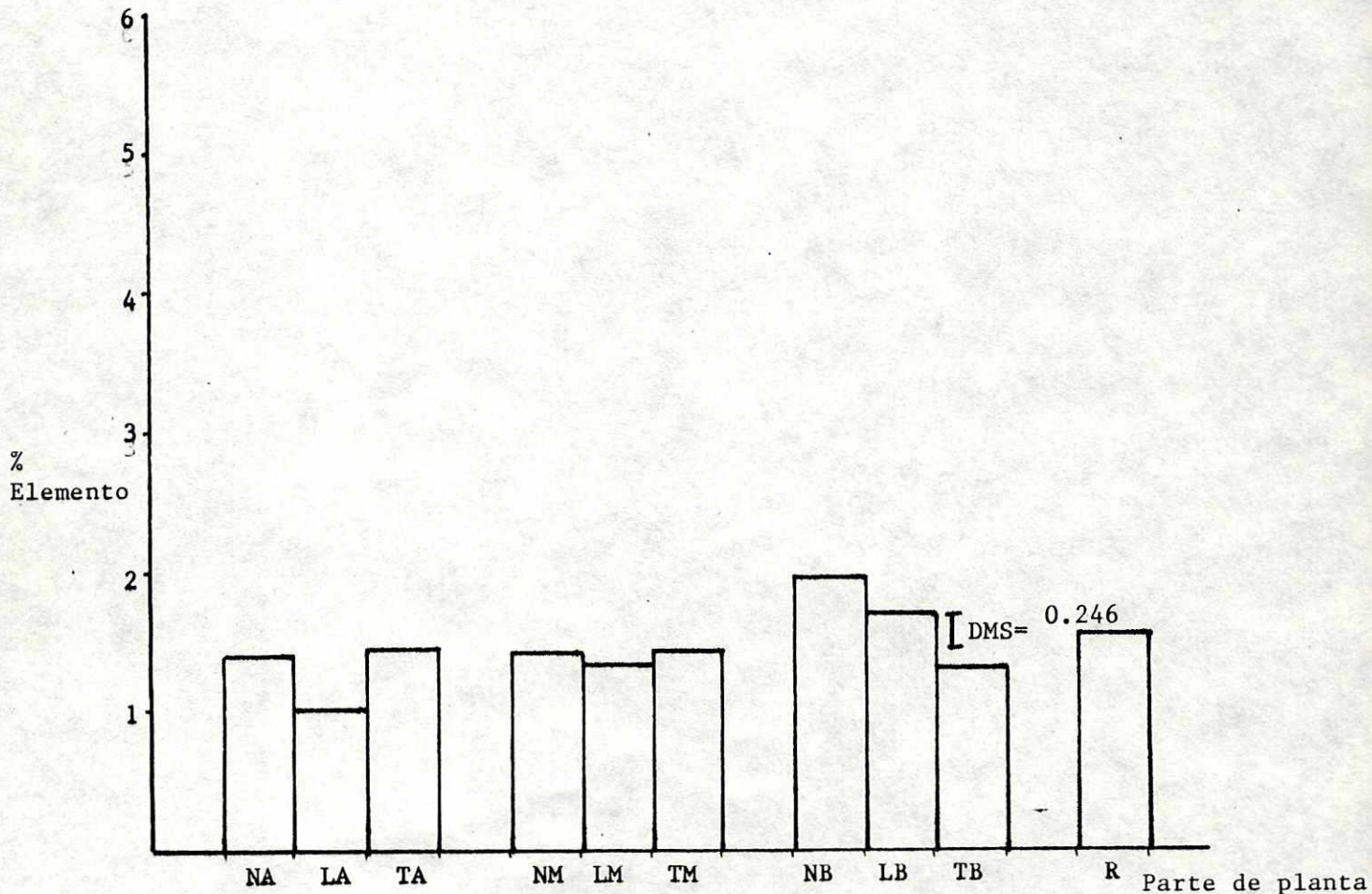
Grafica 4. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva completa  
Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva completa

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	0.386	8.520	2.78 **
Error	50	0.045		
Total	59			

Coefficiente de variación 14.661%

\*\* Diferencia altamente significativa



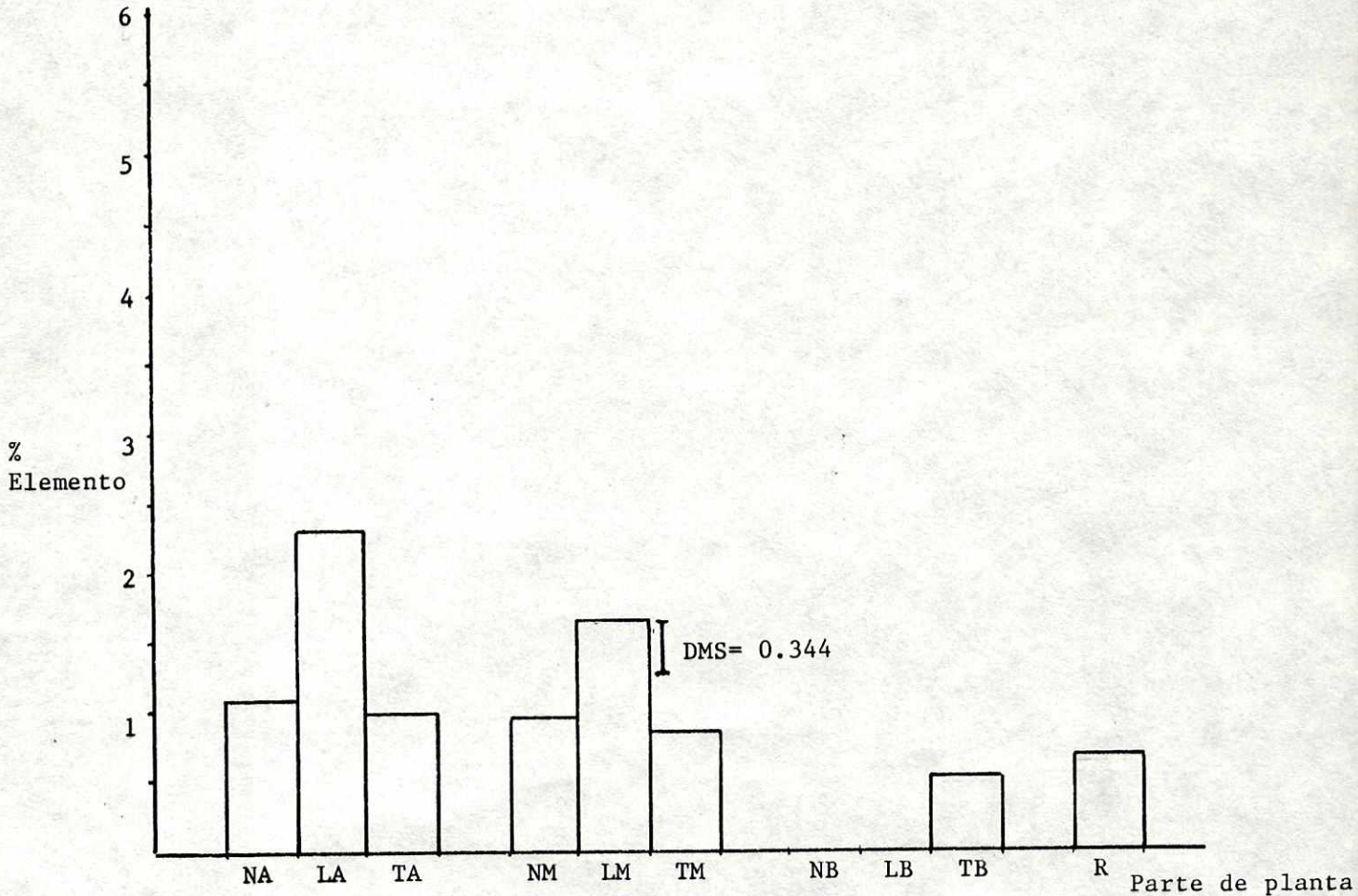
Gráfica 5. Niveles de magnesio de plantas en solución nutritiva completa. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	2.088	23.909	3.12**
Error	40	0.087		
Total	47			

Coefficiente de variación 25.903%

\*\* Diferencia altamente significativa

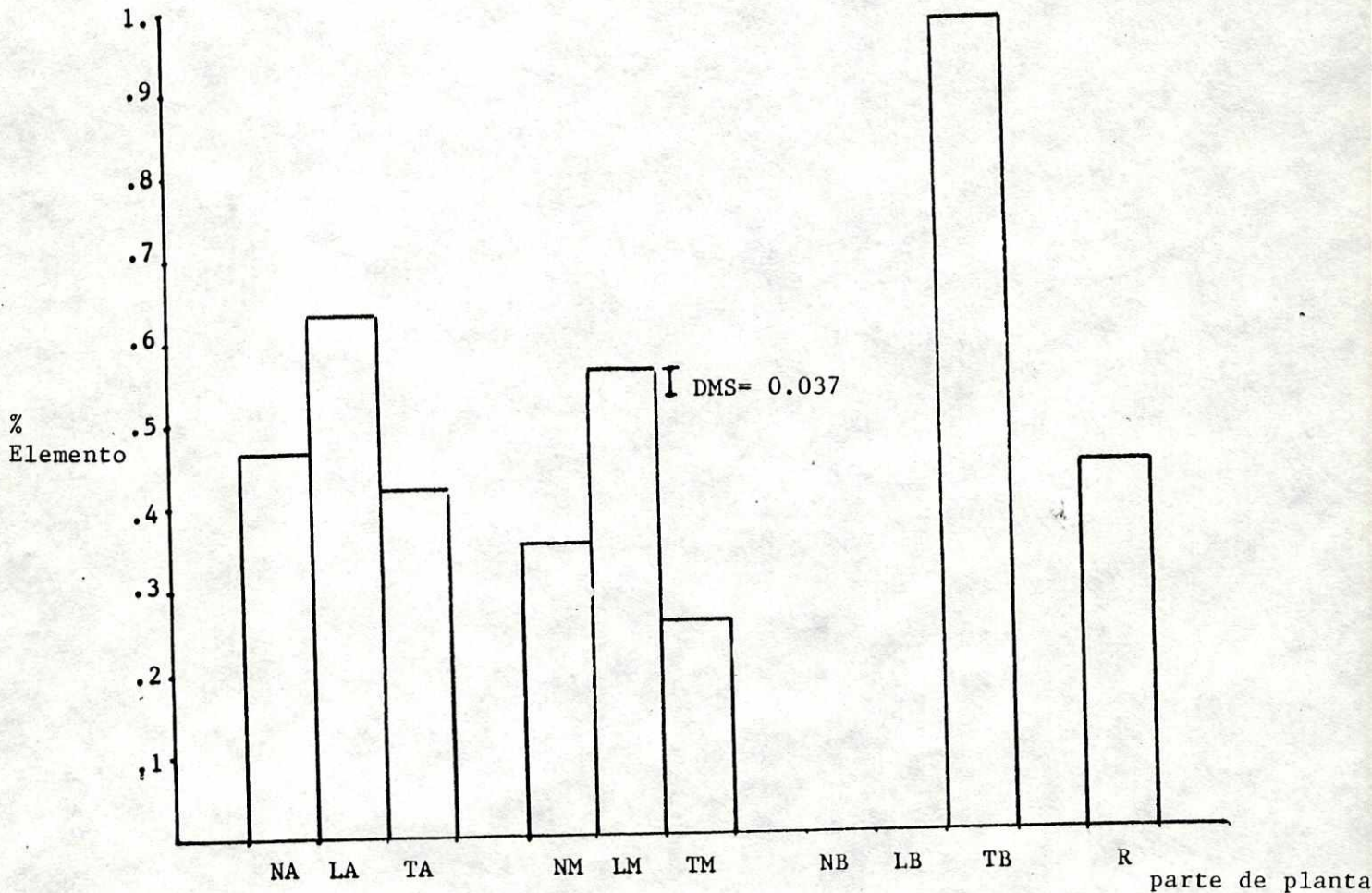


Gráfica 6. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 7. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno.

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas
Tratamientos	7	0.292	369.67	3.12**
Error	40	0.001		
Total	47			

Coefficiente de variación: 5.576%  
 \*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 7. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

La concentración de potasio presenta un aumento en los pseudotallos no se presenta diferencia significativa entre ellos, como se muestra en la gráfica 8.

El contenido de calcio, en plantas con solución deficiente en nitrógeno, las mayores concentraciones se presentan en la parte media, al conocer la poca movilidad del elemento dentro de la planta se puede suponer que si no hay abscisión, al ocurrir la deficiencia de nitrógeno, el mayor contenido de calcio, se encontraría en las partes basales, a diferencia de las plantas con solución nutritiva completa, las concentraciones de calcio en plantas con solución nutritiva deficiente en nitrógeno, presenta las mayores concentraciones en las nervaduras. (Gráfica 9)

El contenido de magnesio, no presenta diferencia significativa para los pseudotallos, no así en los limbos y nervaduras, los mayores valores son en las nervaduras, el nitrógeno forma parte de la molécula de clorofila, al ocurrir una deficiencia de nitrógeno, se provoca clorosis, por mala formación de la clorofila, característica de la deficiencia de nitrógeno. (10,13,15,16,28,30,33,34,37,38,41) (Gráfica 10)

#### C. Plantas en solución nutritiva deficiente de fósforo.

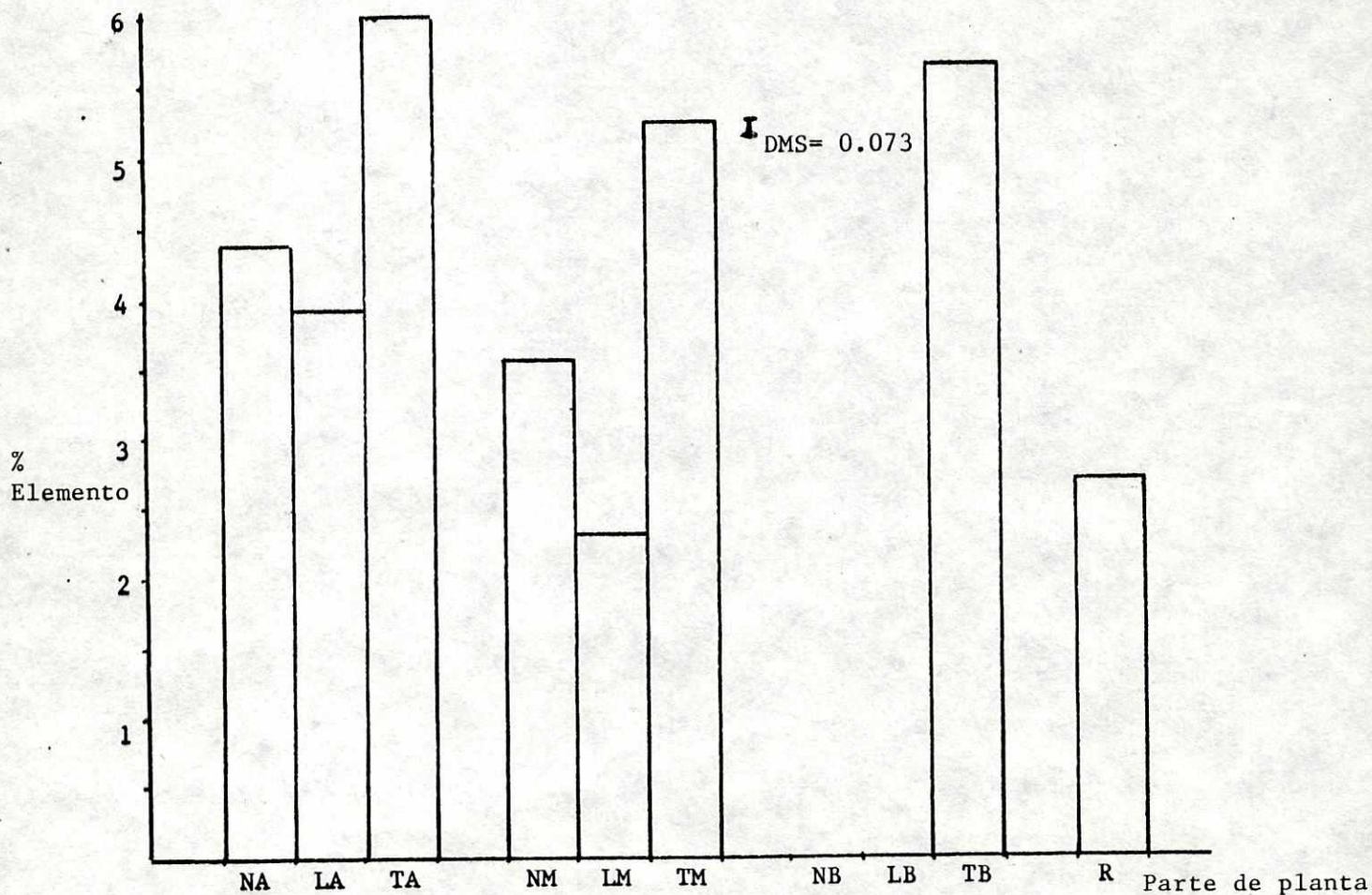
El contenido de nitrógeno bajo deficiencia de fósforo, como se muestra en la gráfica 11, no presenta mayores variantes respecto a la planta en solución nutritiva completa, el fósforo es un elemento móvil dentro de la planta (5,38), por lo que al producirse una deficiencia de este elemento, como se muestra en la gráfica 12, la mayor concentración se encuentra

Cuadro 8. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $s^2$ )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	10.996	28.022	3.12**
Error	40	0.392		
Total	47			

Coefficiente de variación 14.869%

\*\* Diferencia altamente significativa



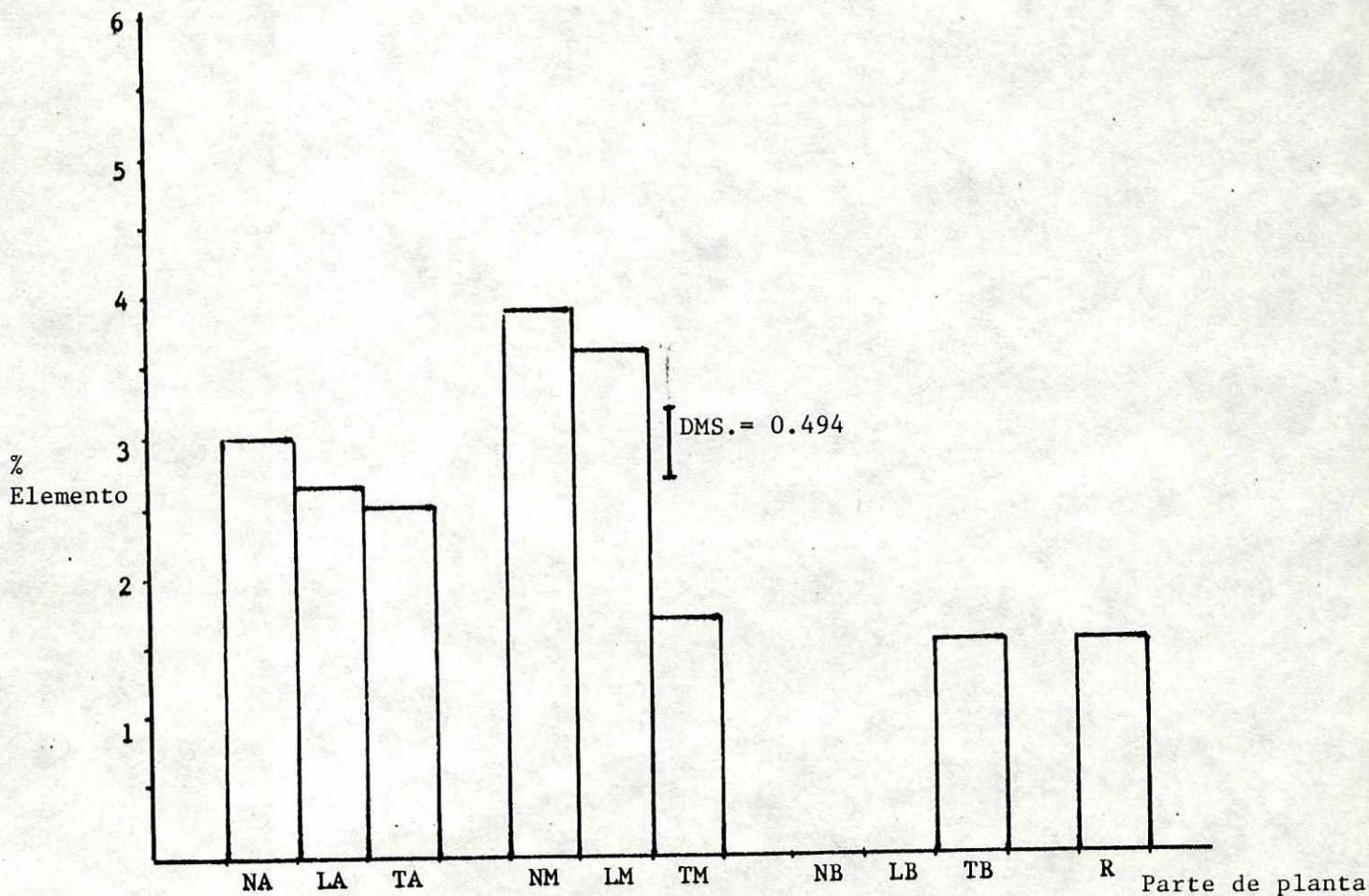
Gráfica 8. Niveles de potasio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	5.020	27.970	3.12**
Error	40	0.179		
Total	47			

Coefficiente de variación 16.568%

\*\* Diferencia altamente significativa

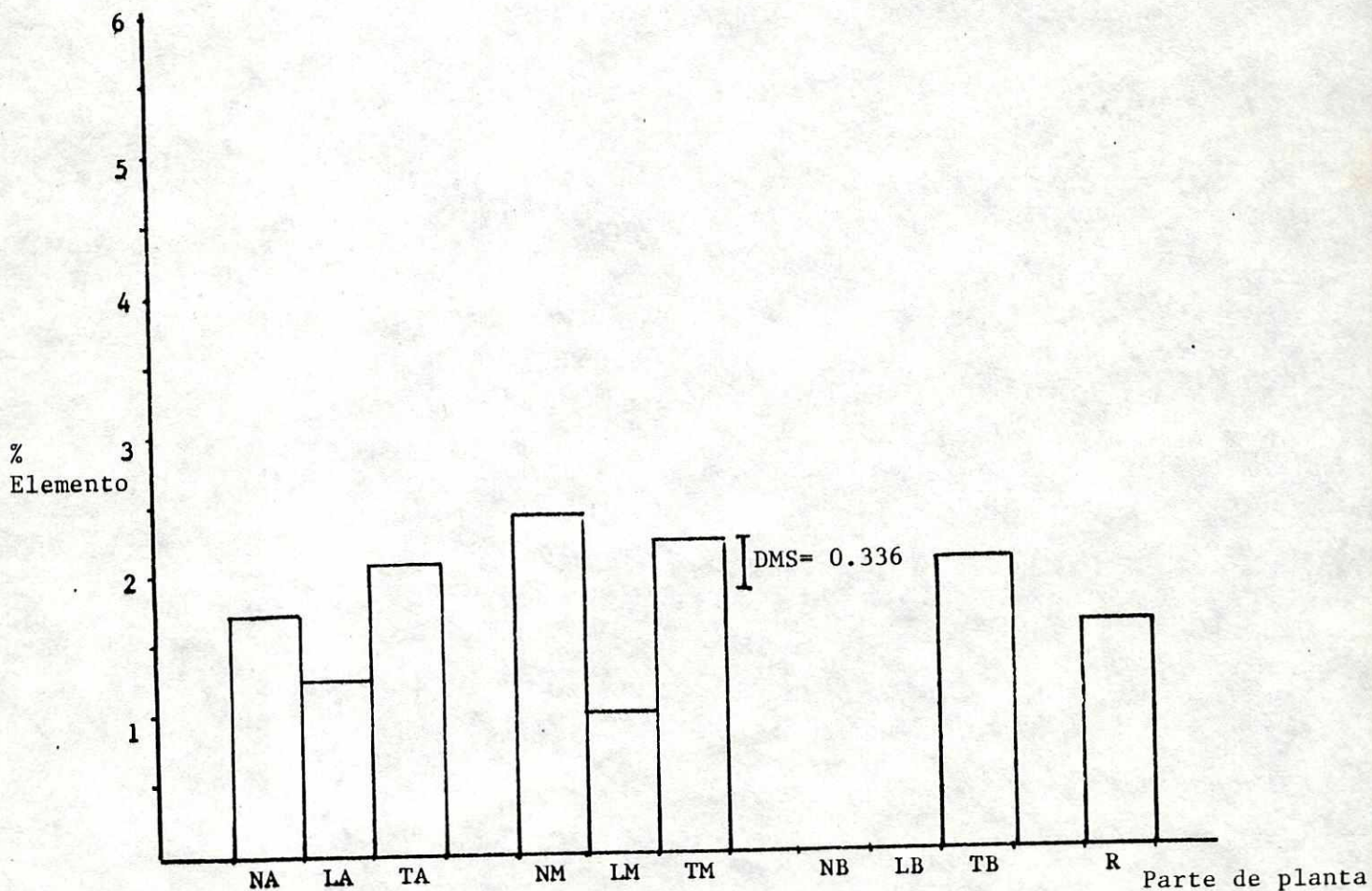


Gráfica 9. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 10. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	1.530	18.340	3.12**
Error	40	0.083		
Total	47			

Coefficiente de variación 16.355%  
 \*\* Diferencia altamente significativa



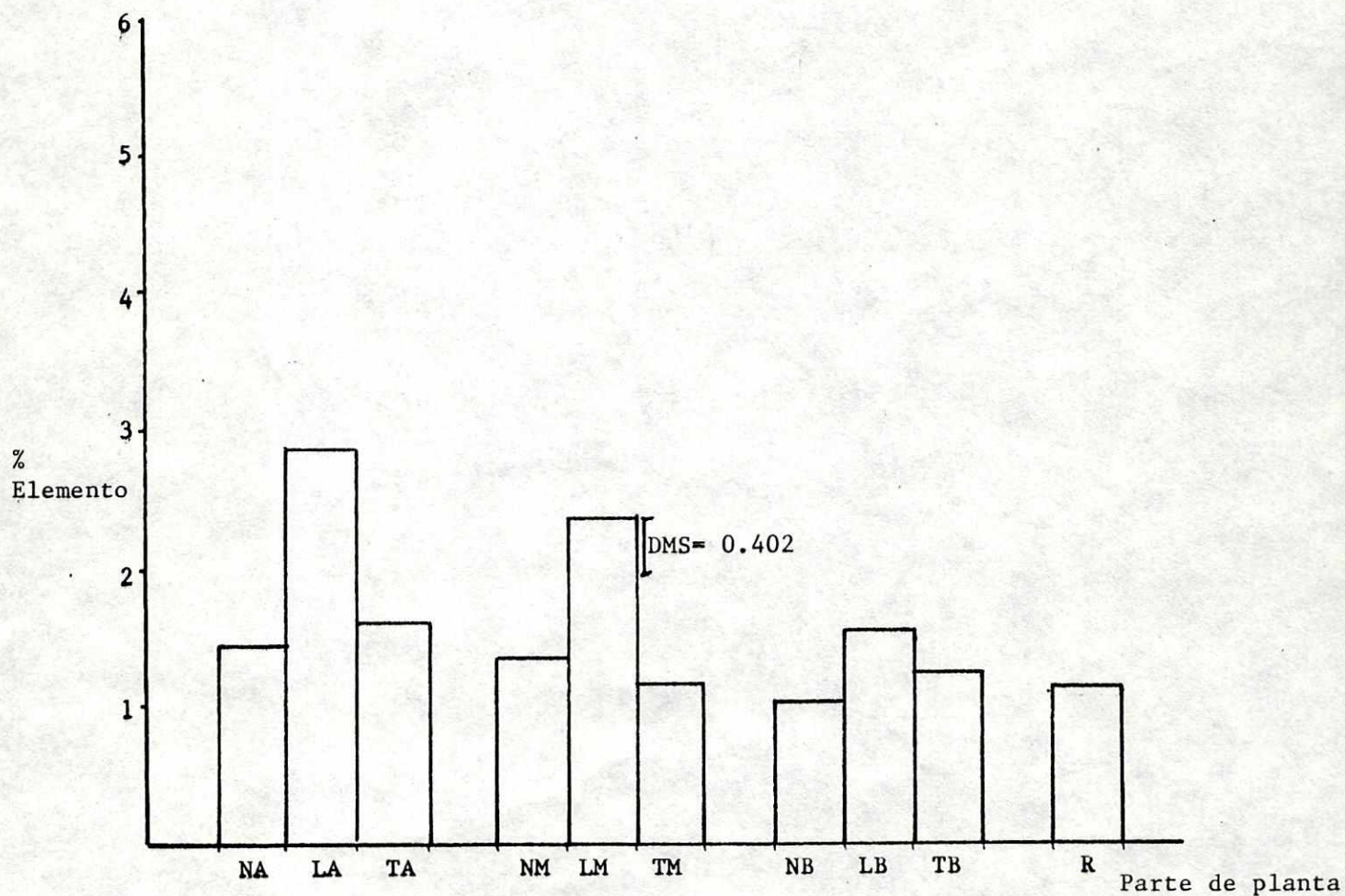
Gráfica 10. Niveles de magnesio en plantas en solución nutritiva deficiente en nitrógeno. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 11. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $s^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	1.987	16.525	2.78 **
Error	50	0.120		
Total	59			

Coefficiente de variación 21.960%

\*\* Diferencia altamente significativa

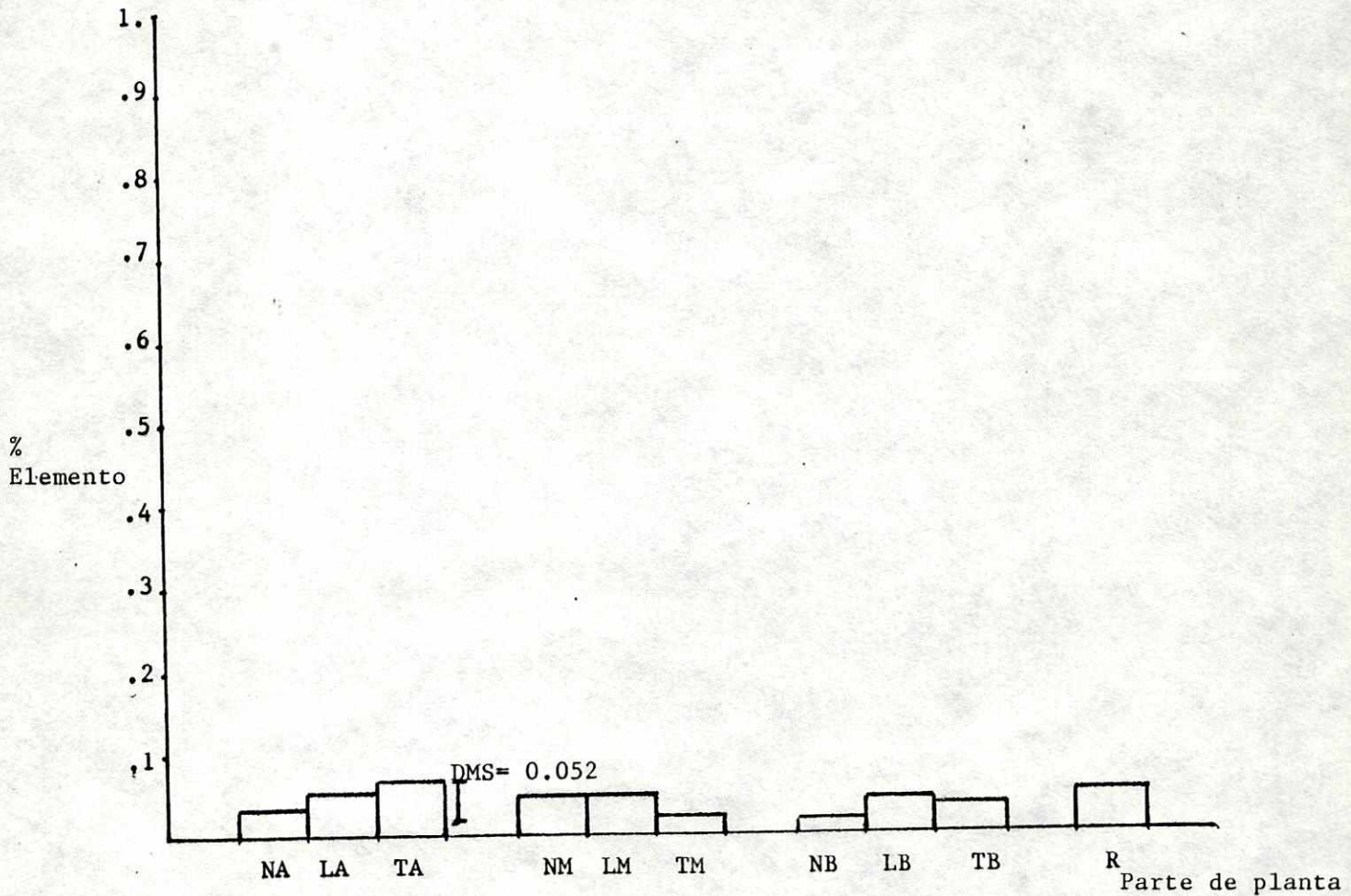


Gráfica 11. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 12. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo.

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas 0.01
Tratamientos	9	0.001	21.200	2.78**
Error	50	0.00005		
Total	59			

Coefficiente de variación 16.351%  
 \*\* diferencia altamente significativa.



Gráfica 12. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

en la parte apical de la planta, aunque los niveles son muy inferiores, respecto a la planta con solución nutritiva completa.

Los niveles de potasio en las plantas deficientes de fósforo, se encuentran en mayores concentraciones en las partes apicales y medias de la planta ( gráfica 13).

Bajo deficiencia de fósforo, la concentración de calcio, se presenta en mayor concentración en la parte media de la planta, a diferencia de las plantas en solución nutritiva completa, la menor concentración se encuentra en la parte basal. como se muestra en la gráfica 14.

En la gráfica 15 se observa que el contenido de magnesio bajo deficiencia de fósforo presenta una acumulación en la parte basal de la planta, el magnesio actúa en el abastecimiento energético que es proporcionado por el fósforo. (8,15,38)

#### D. Plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

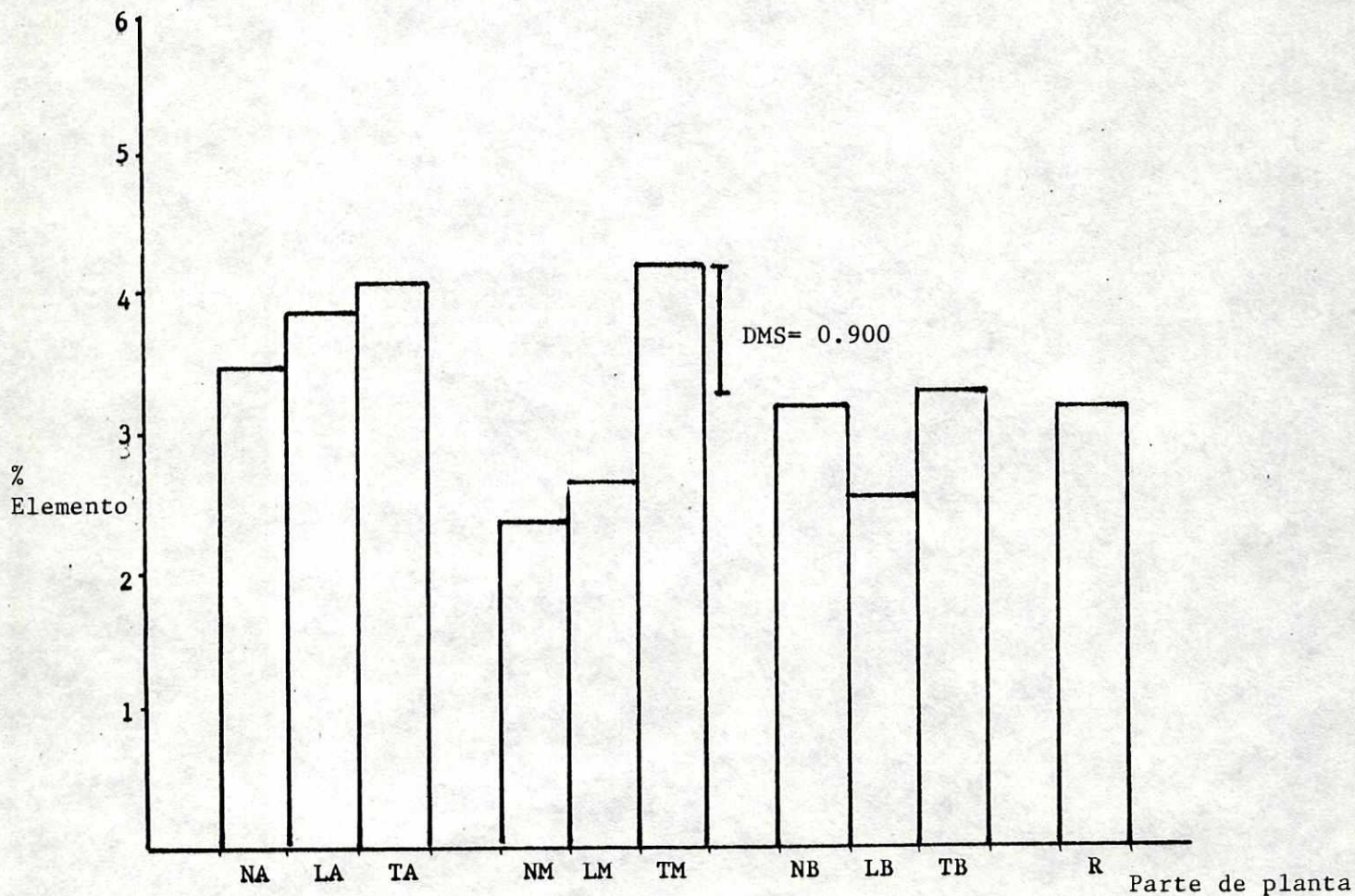
El contenido de nitrógeno en las plantas en solución nutritiva deficiente en potasio, presenta altas concentraciones en la parte superior, en comparación a la planta con solución completa, es mayor, esto indica que cuando existe deficiencia de potasio en medio se presenta la acumulación de compuestos nitrogenados, dentro de la planta, como se muestra en la gráfica 16. ( 5,15,16,24,38)

Cuadro 13. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $\sigma^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	2.376	3.950	2.78 **
Error	50	0.602		
Total	59			

Coefficiente de variación 23.595%

\*\* Diferencia altamente significativa



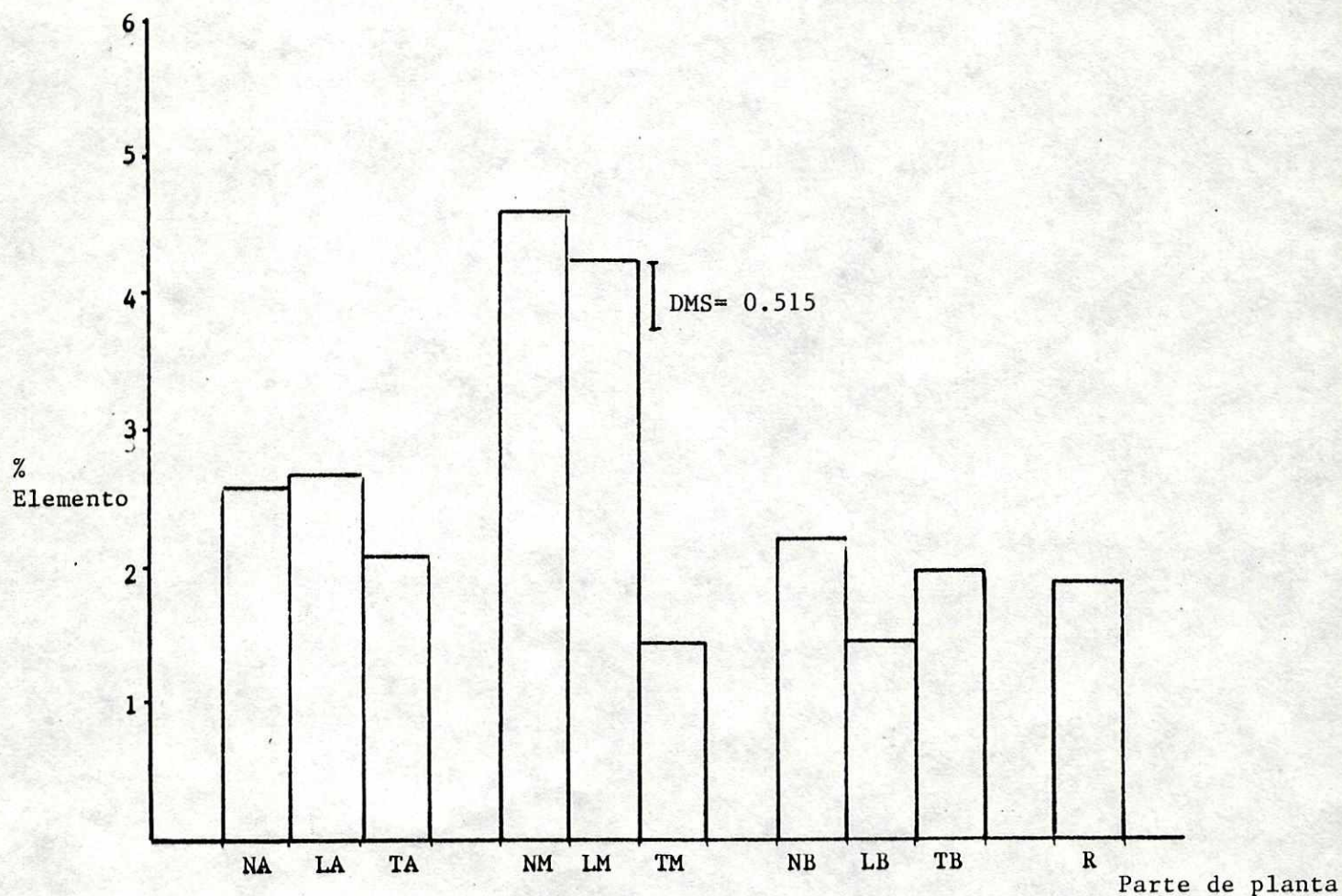
Gráfica 13. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo. Porcentajes en diferentes partes en la planta.

Cuadro 14. Análisis de varianza del contenido de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $s^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	6.849	34.734	2.78 **
Error	50	0.197		
Total	59			

Coefficiente de variación 17.862%

\*\* Diferencia altamente significativa



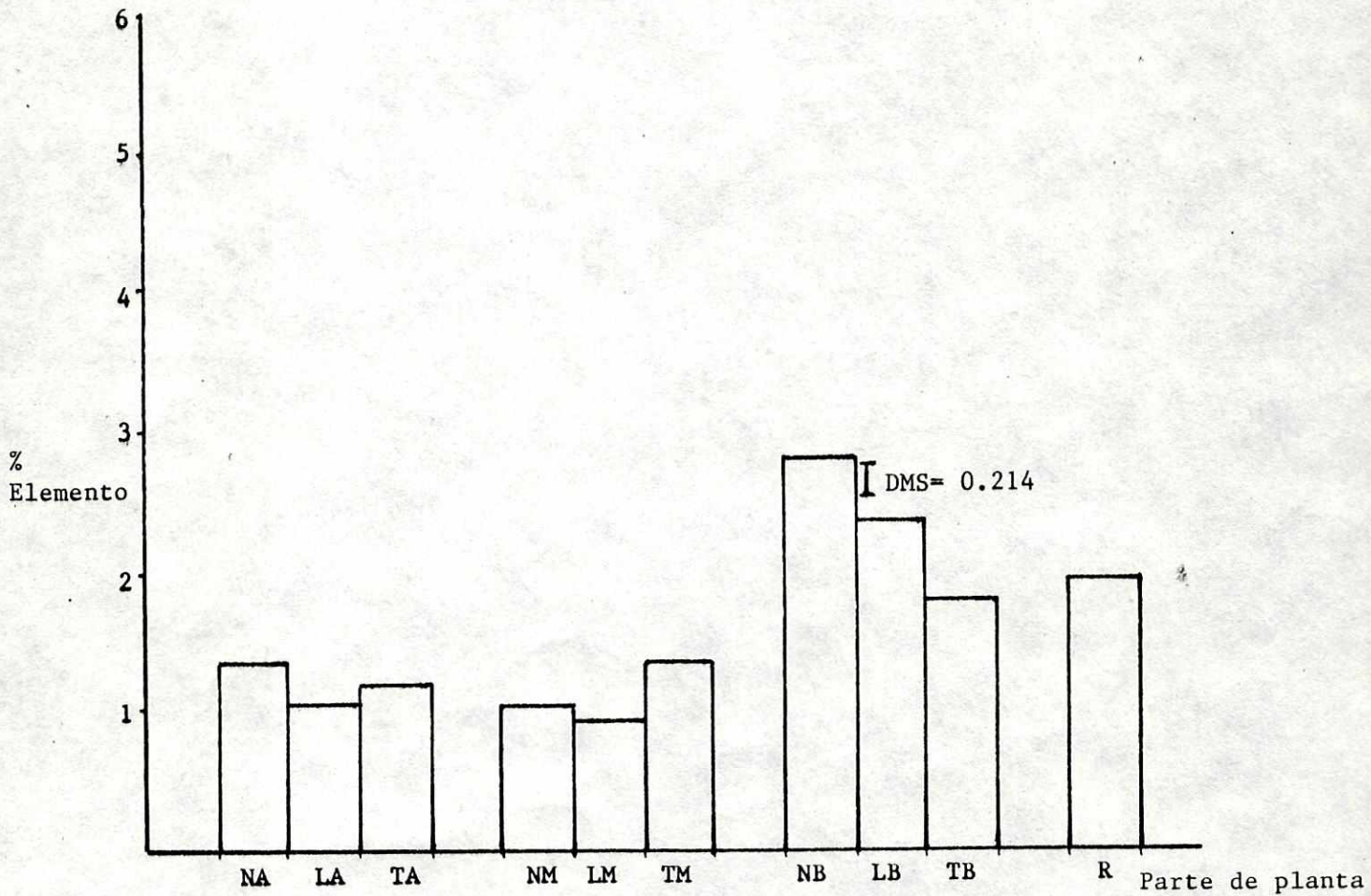
Gráfica 14. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo. Porcentajes en diferentes partes de la planta'

Cuadro 15. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $s^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	2.296	67.103	2.78 **
Error	50	0.034		
Total	59			

Coefficiente de variación 11.681%

\*\* Diferencia altamente significativa



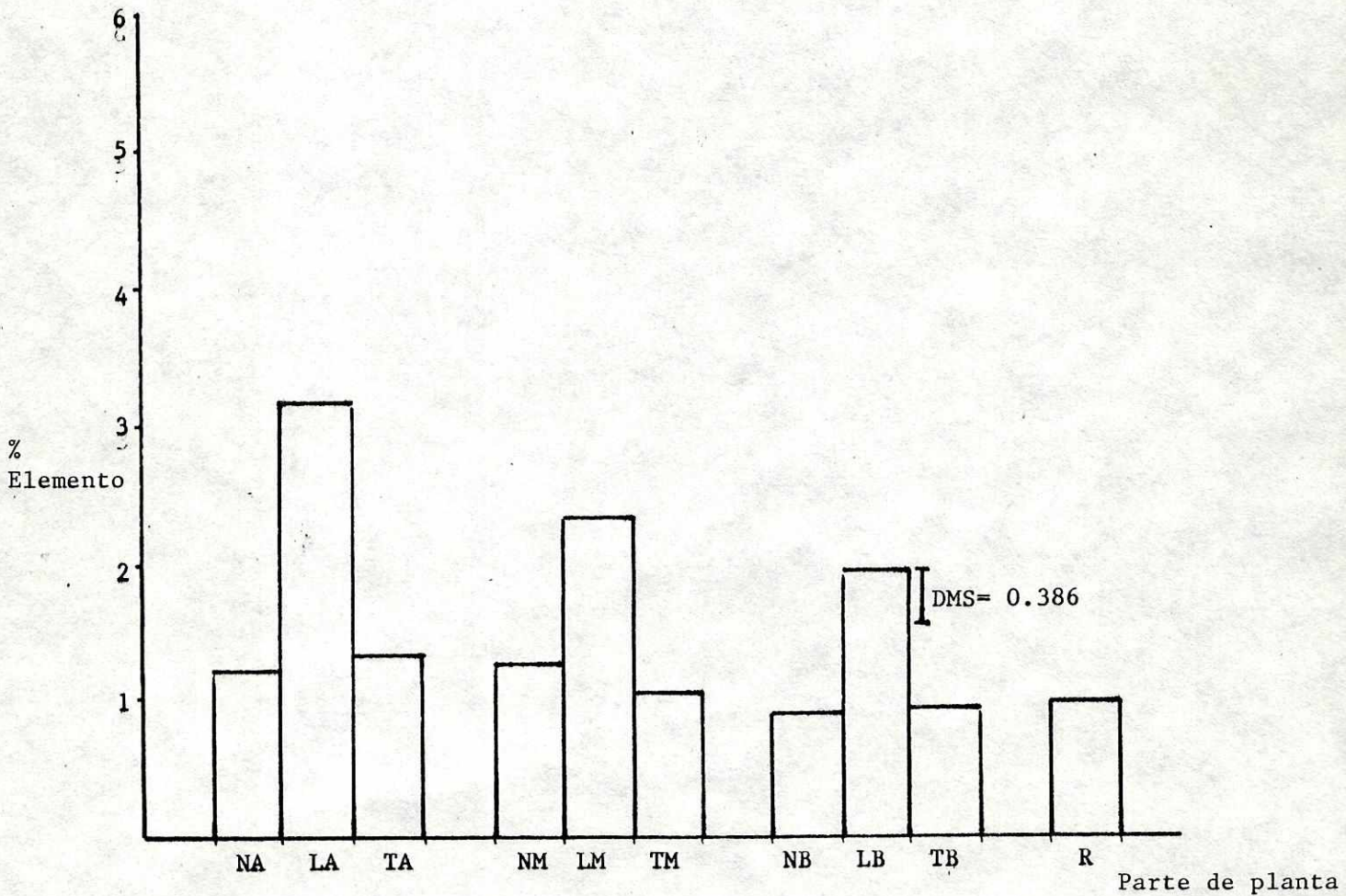
Gráfica 15. Niveles de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en fósforo. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 16. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $\Sigma^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	3.264	29.324	2.78 **
Error	50	0.111		
Total	59			

Coefficiente de variación 22.286%

\*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 16. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

En bajas concentraciones de potasio, se favorece la absorción de fosfatos y nitratos, ( 5,15,16,24), en la planta deficiente de potasio, se observan altas concentraciones de fósforo en la parte basal de la planta, como lo muestra la gráfica 17.

La baja concentración de potasio, en el suelo o solución nutritiva, favorece que haya una mayor absorción de iones divalentes. (19,37,38,41).

Las concentraciones de calcio es muy similar a las plantas con suministro completo de nutrientes, la concentración de magnesio, es mayor en la parte basal de la planta, (gráficas 19 y 20 ).

El contenido de potasio, en las plantas deficientes de este elemento se presenta en mayor concentración en la parte apical, el potasio es un elemento móvil dentro de la planta, como se muestra en la gráfica 18. (12, 26,38)

E. Plantas en solución nutritiva deficiente en calcio.

El contenido de nitrógeno en plantas con solución nutritiva deficiente en calcio, sigue el mismo patrón que las plantas control, pero no muestran diferencia entre los limbos, nervaduras y pseudotallos, medios y basales, pero como se muestra en la gráfica 21, la mayor concentración se encuentra en el limbo apical.

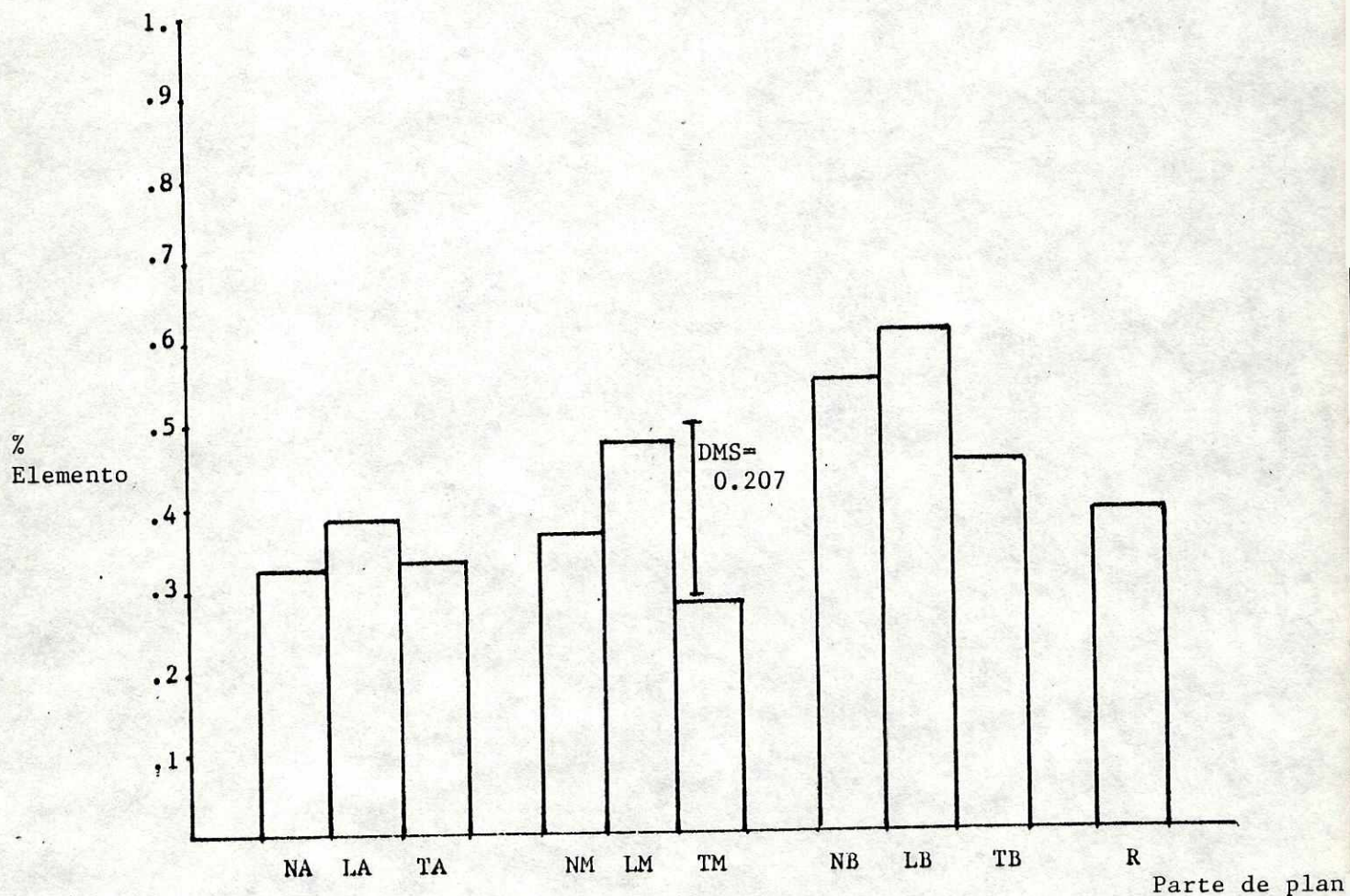
Al encontrarse el calcio en bajas concentraciones, favorece la absorción de fosfatos, lo que demuestra los altos niveles de fósforo, en la

Cuadro 17. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas 0.05
Tratamientos	9	0.072	2.272	2.07*
Error	50	0.032		
Total	59			

Coefficiente de variación 46.126%

\* Diferencia significativa



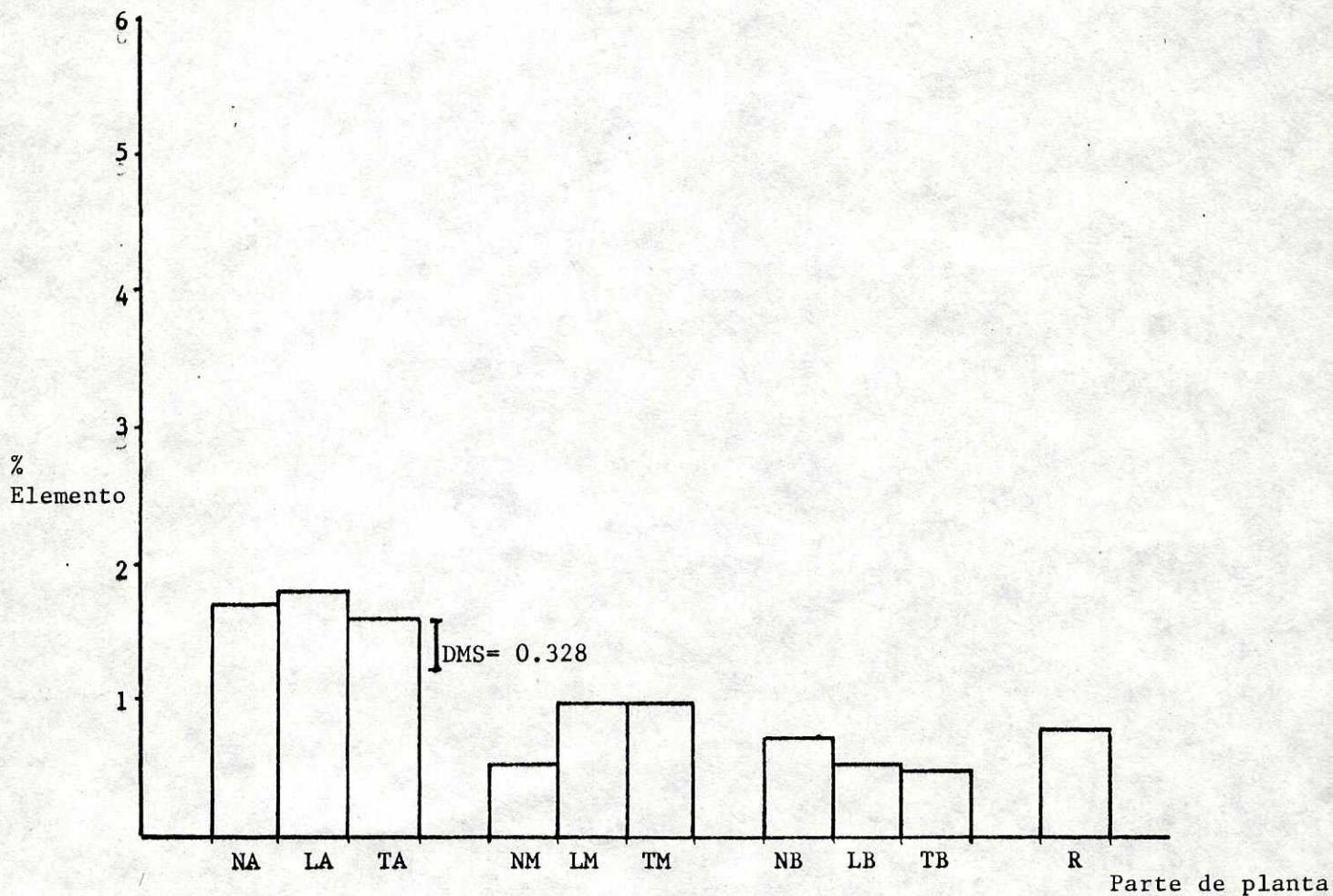
Gráfica 17. Niveles de fósforo en plantas en solución nutritiva deficiente en potasio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 18. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	1.434	17.905	2.78 **
Error	50	0.080		
Total	59			

Coefficiente de variación 27.498%

\*\* Diferencia altamente significativa



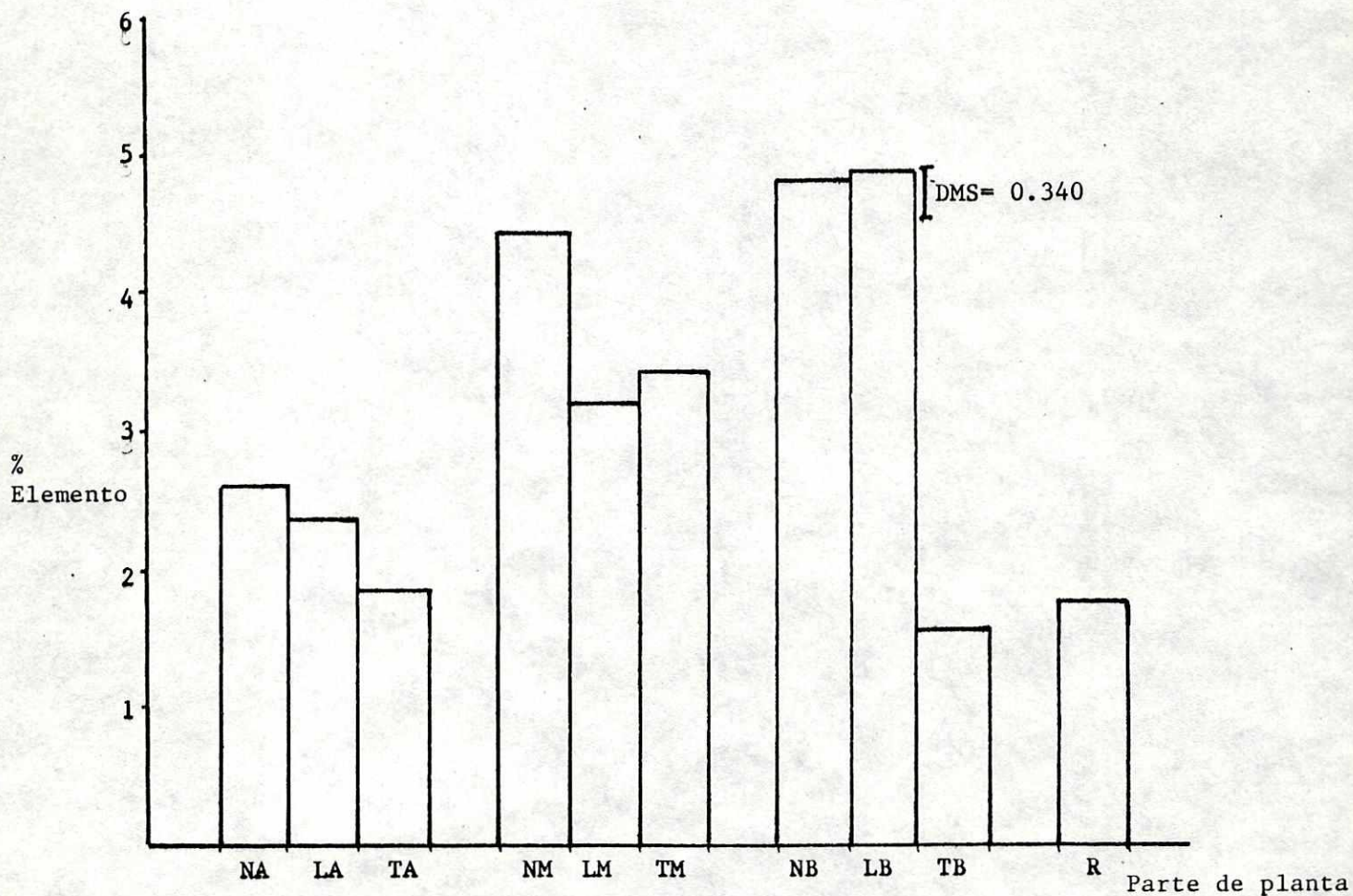
Gráfica 18. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 19. Análisis de varianza del contenido de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $\sigma^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	9.565	111.37	2.78 **
Error	50	0.086		
Total	59			

Coefficiente de variación 9.533%

\*\* Diferencia altamente significativa



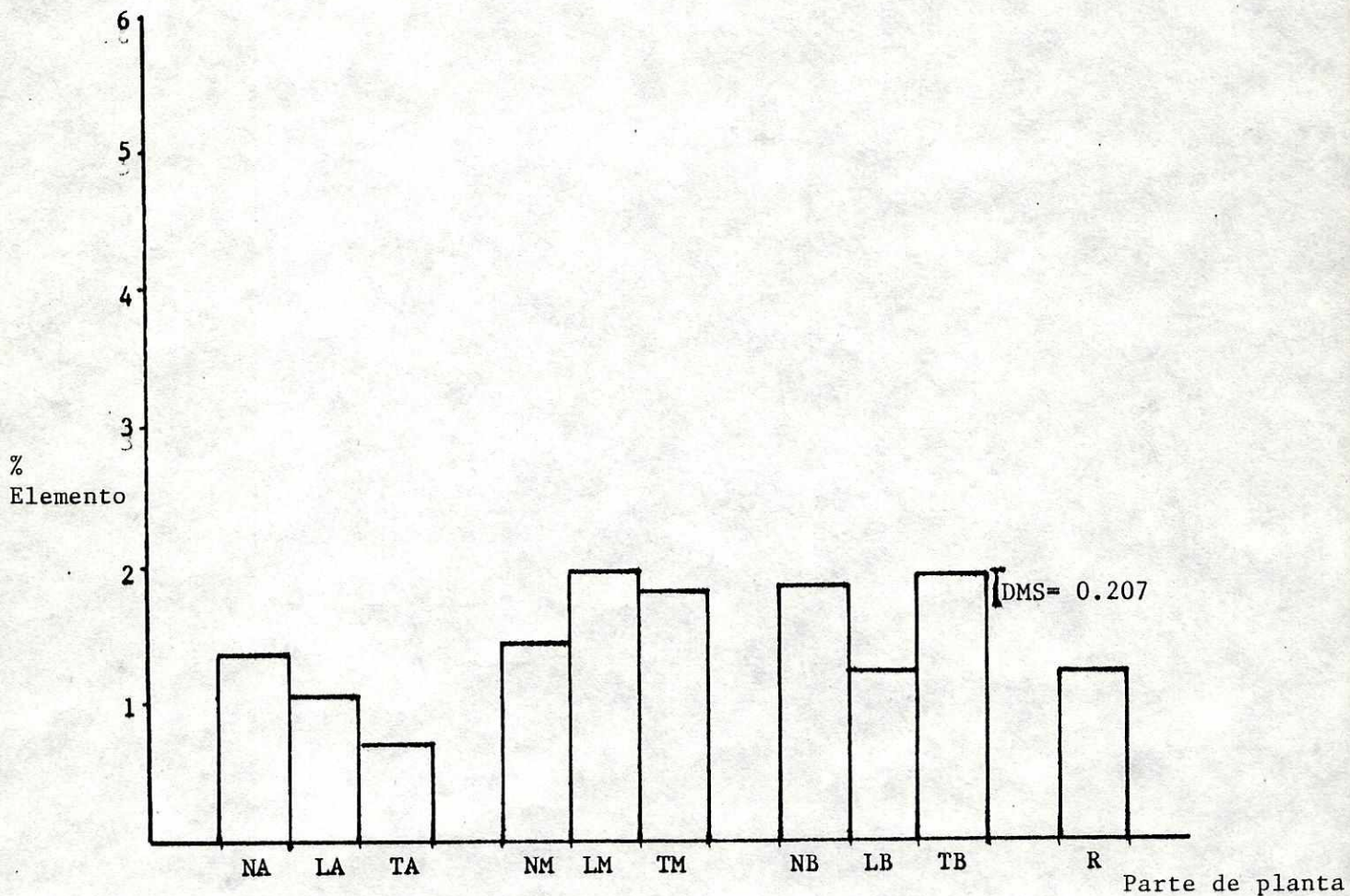
Gráfica 19. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 20. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	1.072	33.866	2.78 **
Error	50	0.032		
Total	59			

Coefficiente de variación 12.150%

\*\* Diferencia altamente significativa

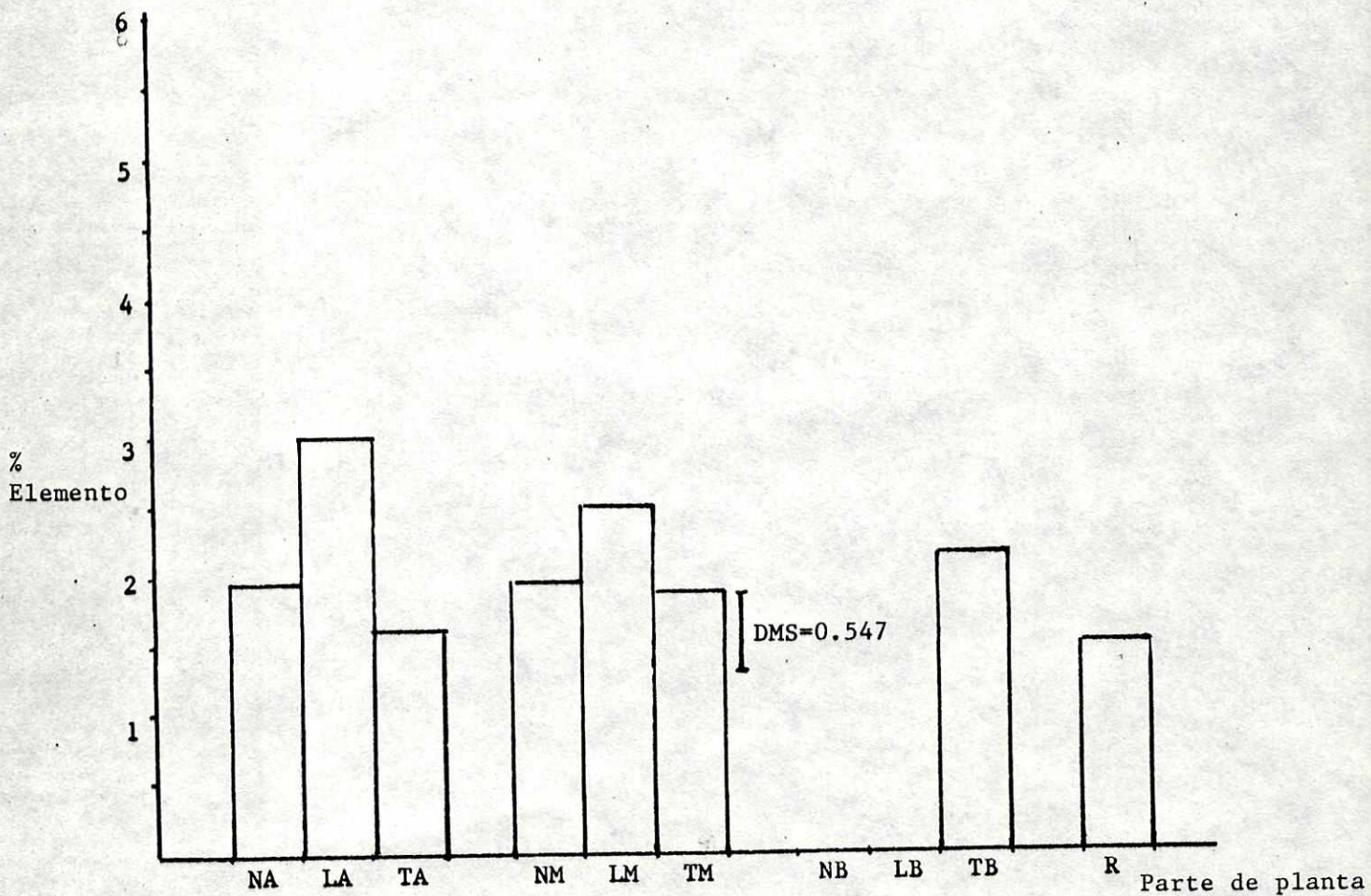


Gráfica 20. Niveles de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en potasio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 21. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	1.402	6.369	3.12**
Error	40	0.222		
Total	47			

Coefficiente de variación 22.744 %  
 \*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 21 Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

planta deficiente en calcio,(15), como se muestra en la gráfica 22.

Al ocurrir una disminución de calcio en la solución, la planta absorbe más rápidamente potasio, como se muestra en la gráfica 23, se tienen altos niveles de potasio, en plantas creciendo en solución nutritiva deficiente en calcio. (10,14)

El contenido de magnesio (gráfica 25), en condiciones de deficiencia de calcio, se encontró bajo, debido posiblemente a que al haber mayor absorción de iones monovalentes, reduce la absorción del magnesio.

#### F. Plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio.

En la gráfica 26 se muestra la concentración de nitrógeno, bajo deficiencia de magnesio, en donde se observan altas concentraciones de nitrógeno, en los limbos, el nitrógeno forma parte de la molécula de clorofila. (10,15,16,33)

El magnesio está relacionado con el metabolismo del fósforo, (14,37) por ser necesario, en las reacciones de fosforilación en la fotosíntesis (14).

Al haber deficiencia de magnesio, el fósforo tiende a acumularse como se muestra en la gráfica 27.

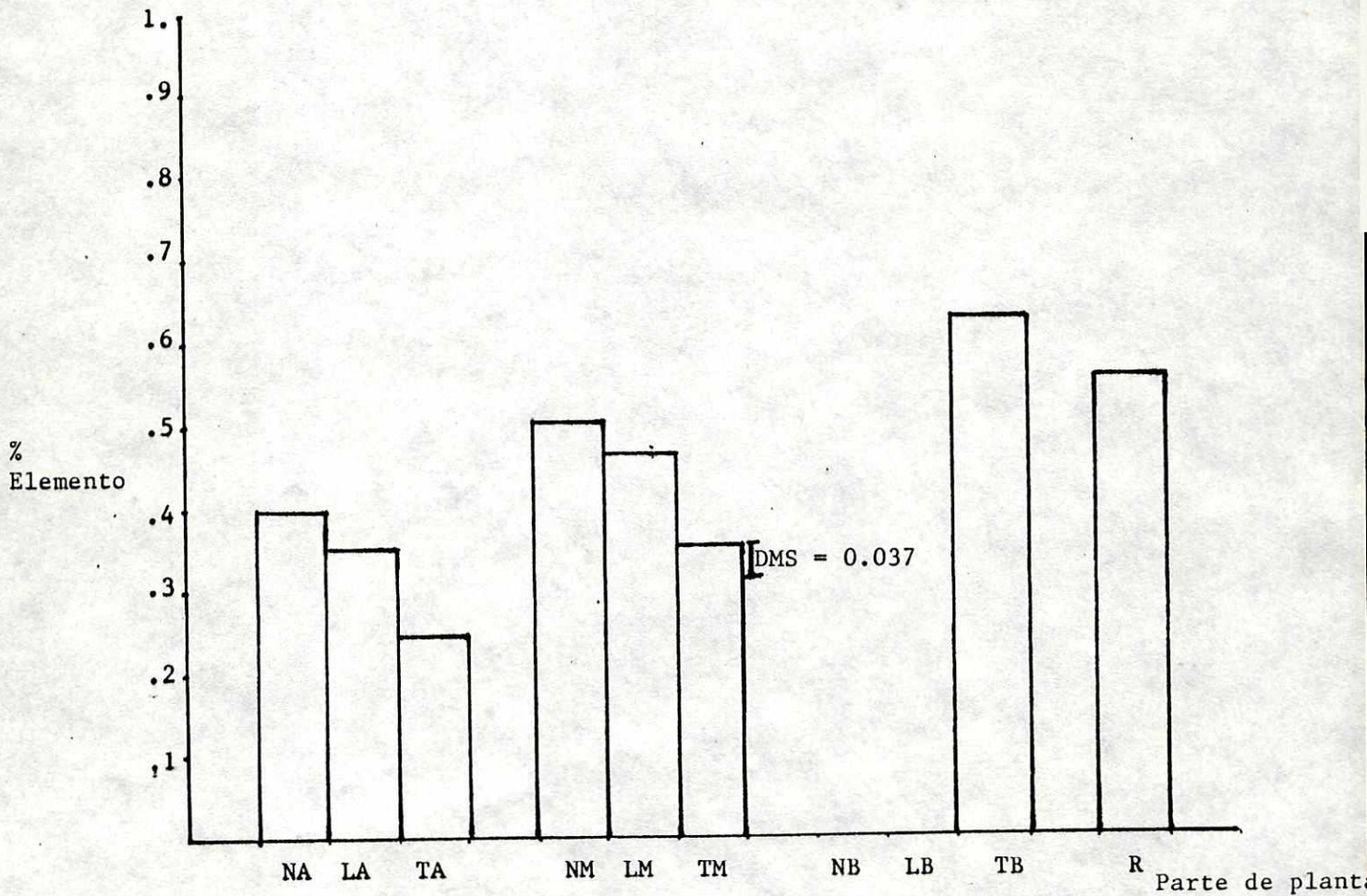
Bajo condiciones de deficiencia de magnesio, el potasio, se encuentra en niveles bajos dentro de la planta, el contenido de calcio se encuentra

Cuadro 22. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente de calcio.

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas 0.01
Tratamientos	7	0.090	138.867	3.12 **
Error	40	0.001		
Total	47			

Coefficiente de variación 28.335%

\*\* Diferencia altamente significativa



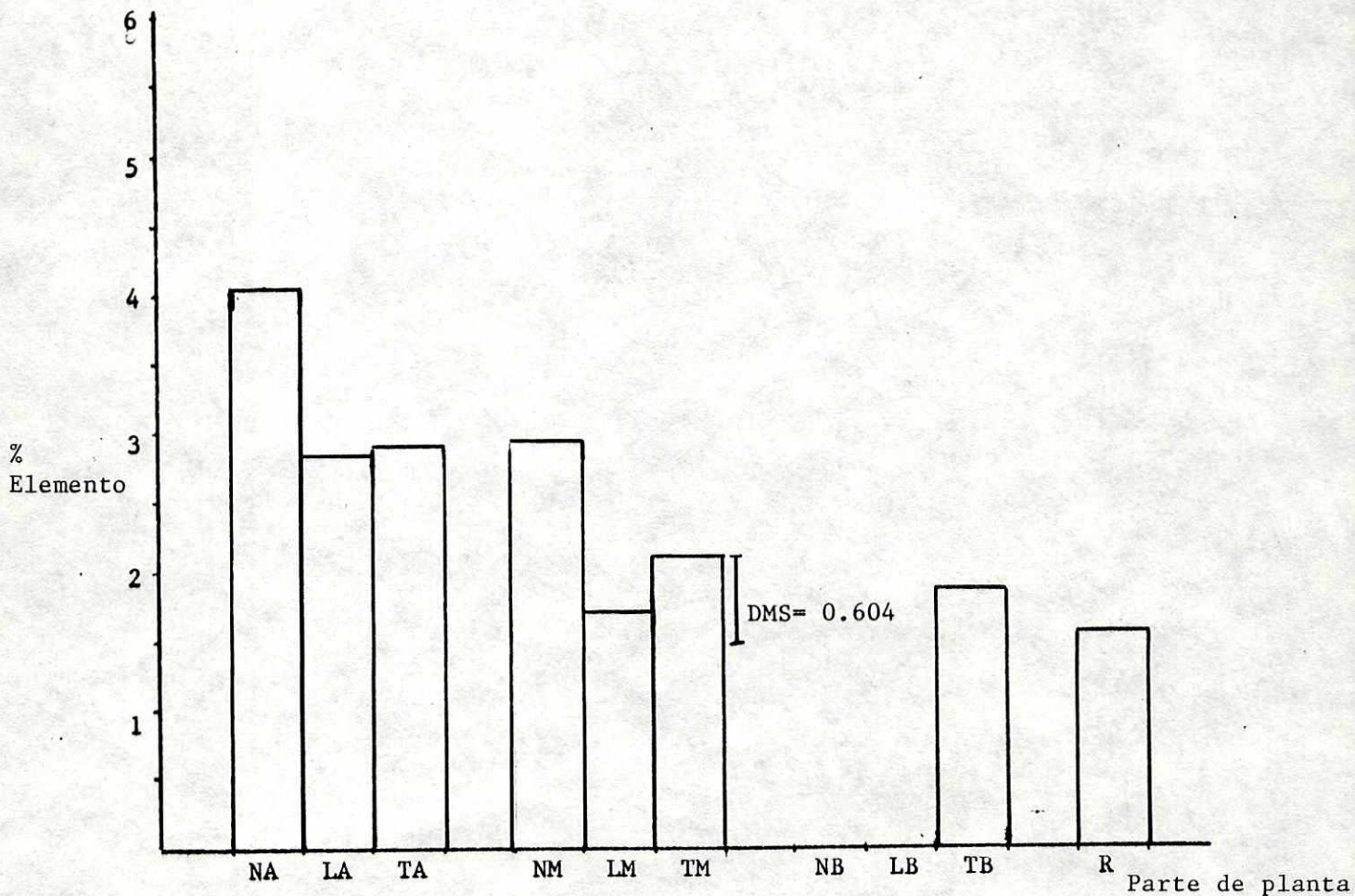
Gráfica 22. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 23. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	4.067	15.169	3.12**
Error	40	0.268		
Total	47			

Coefficiente de variación 20.887%

\*\* Diferencia altamente significativa



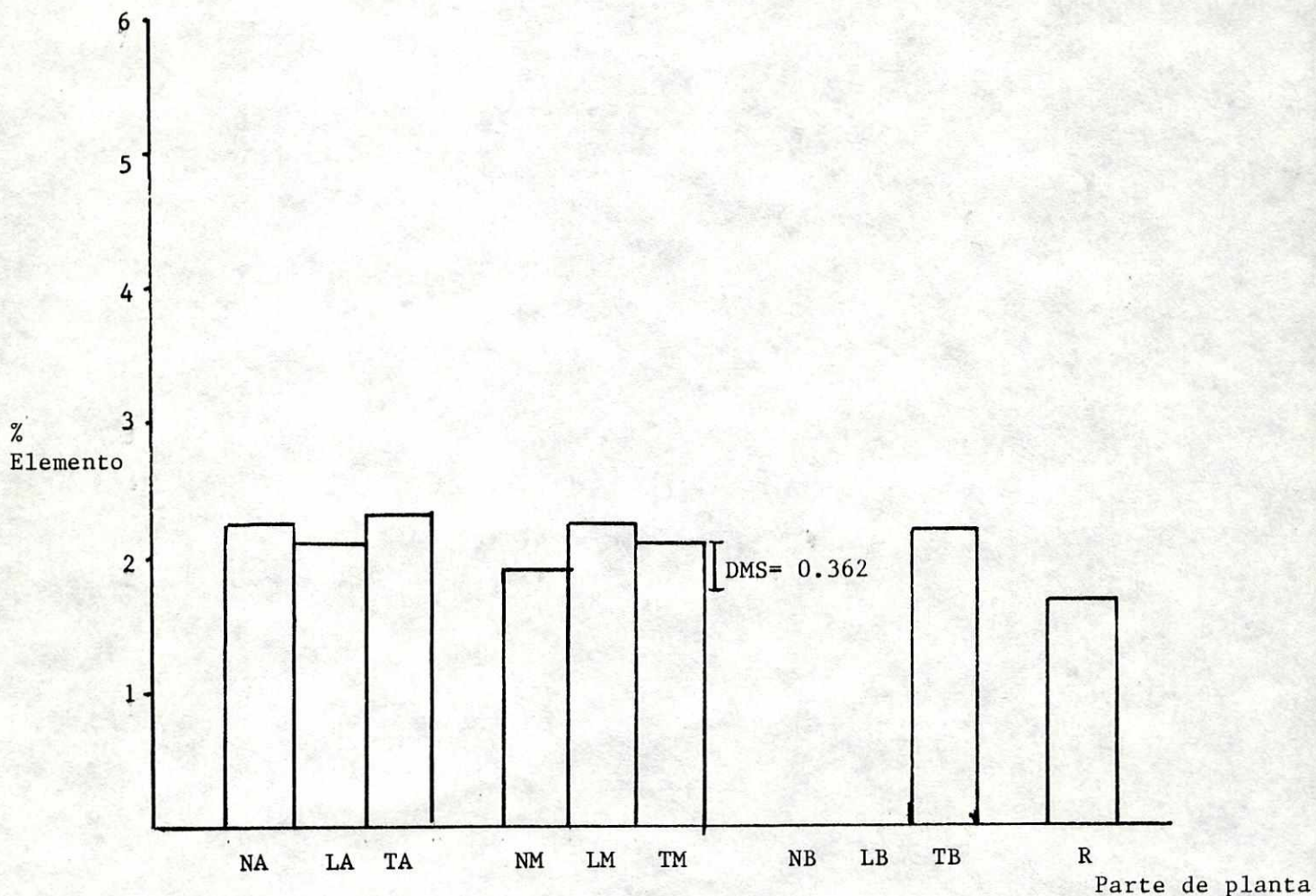
Gráfica 23. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 24. Análisis de varianza del contenido de calcio en plantas creciendo en solución nutritiva deficiente en calcio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $S^2$ )	F. calcula	F. tablas 0.05
Tratamientos	7	0.264	2.759	2.25 *
Error	40	0.096		
Total	47			

Coefficiente de variación 14.706%

\* Diferencia estadística significativa

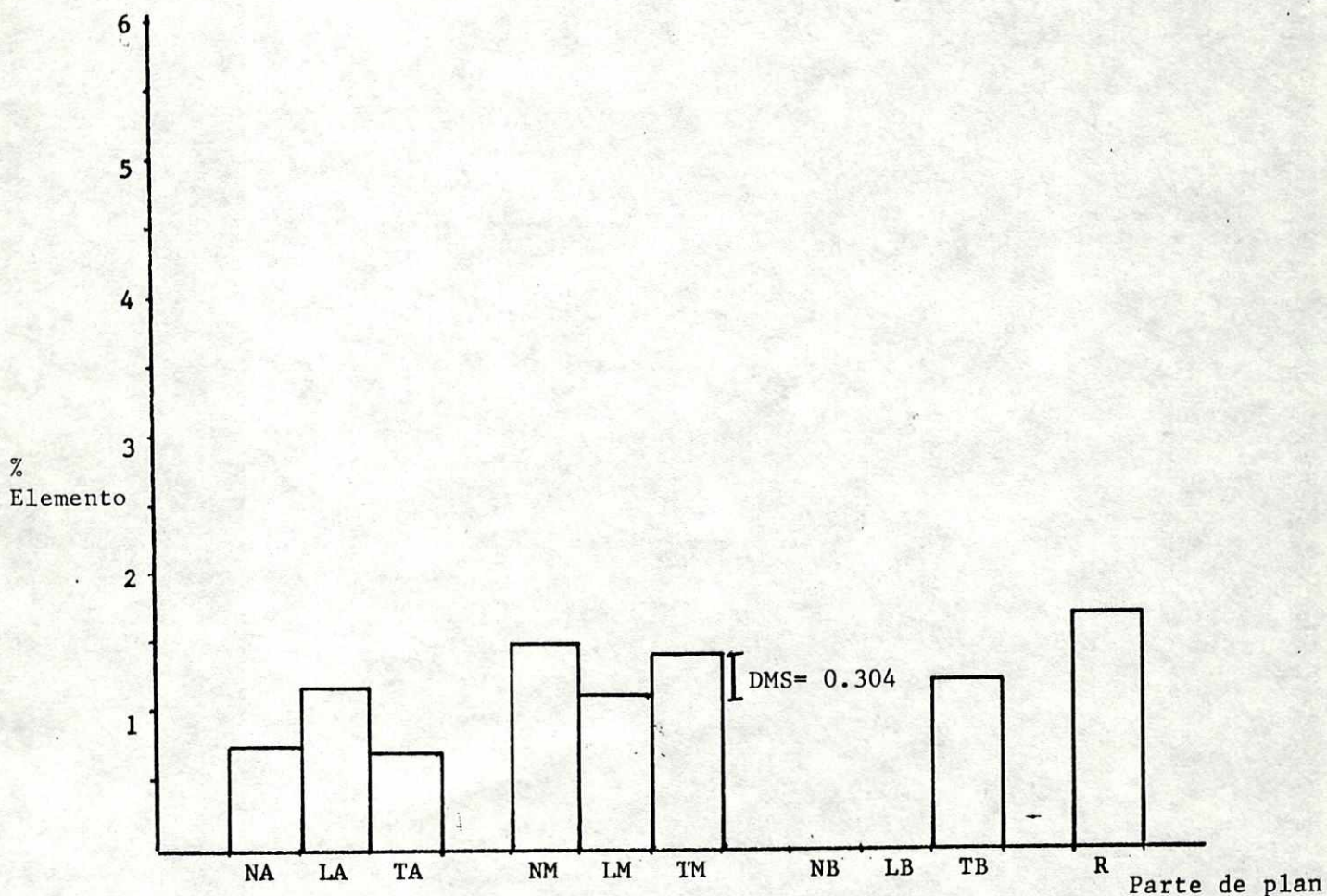


Gráfica 24. Niveles de calcio en plantas creciendo en solución deficiente en calcio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 25. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (s <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas 0.01
Tratamientos	7	0.681	10.015	3.12**
Error	40	0.068		
Total	47			

Coefficiente de variación 21.493%  
 \*\* Diferencia altamente significativa



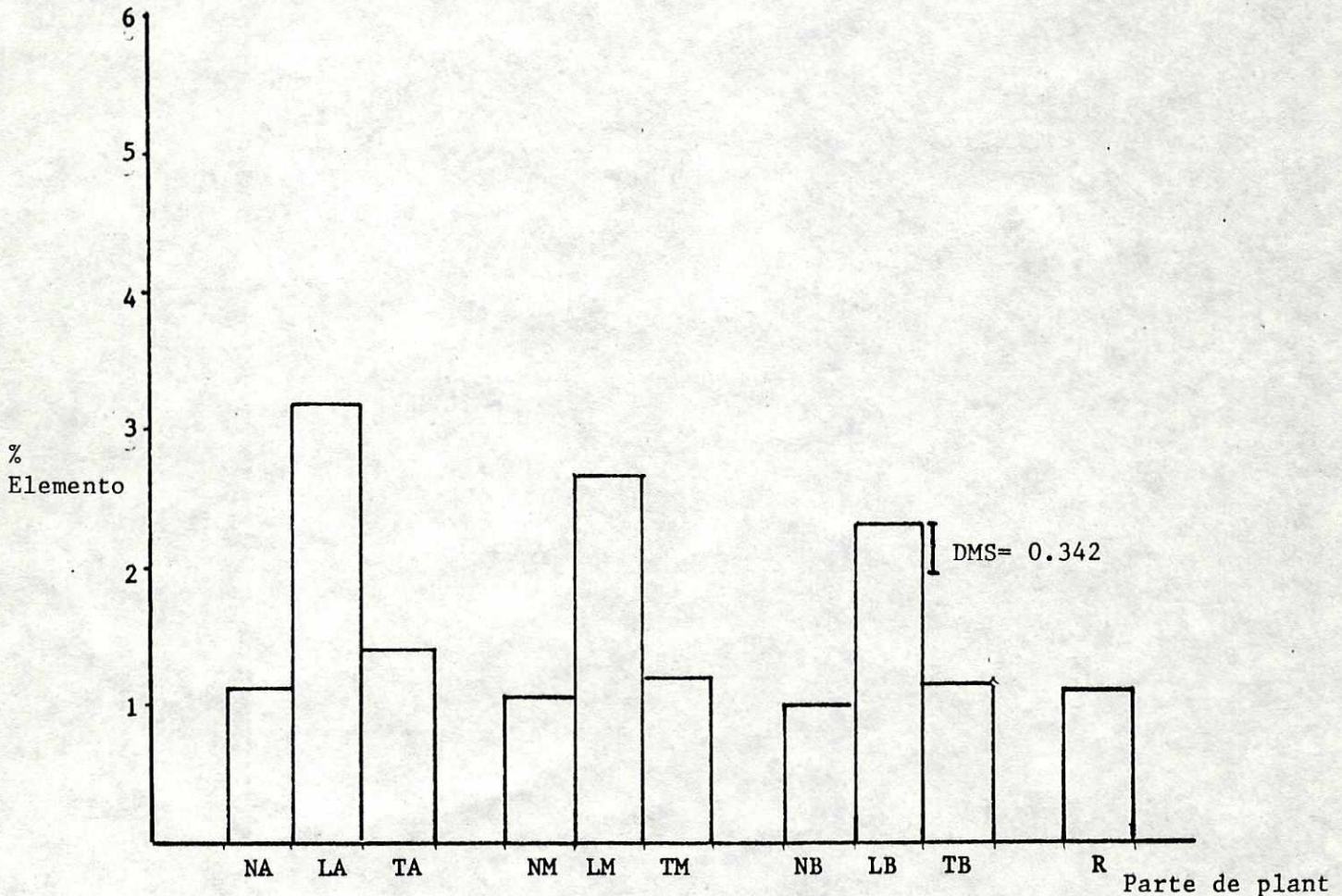
Gráfica 25. Niveles de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en calcio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 26. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio ( $S^2$ )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	3.662	41.918	2.78 **
Error	50	0.087		
Total	59			

Coefficiente de variación

\*\* Diferencia altamente significativa



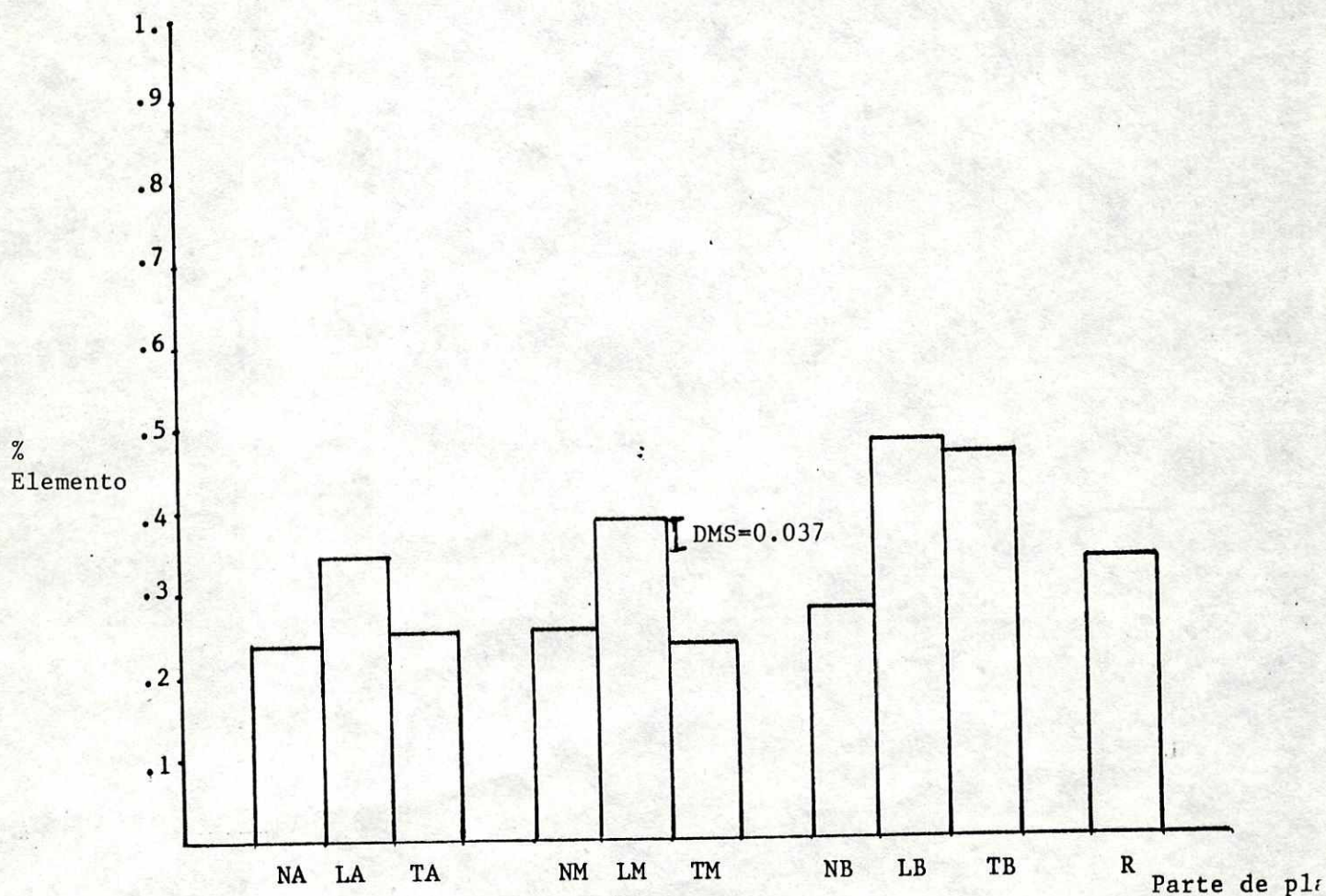
Gráfica 26. Niveles de nitrógeno de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 27. Análisis de varianza del contenido de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrado medio. (S <sup>2</sup> )	F. calculado	F. tablas 0.01
Tratamientos	9	0.050	56.309	2.78**
Error	50	0.001		
Total	59			

Coefficiente de variación 9.261%

\*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 27. Niveles de fósforo de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

sumamente elevado, posiblemente por la relación existente a que cuando hay poco calcio en el medio, se absorbe más rápidamente el potasio, pero el calcio puede suplir la entrada de magnesio, por lo que se observa mayor concentración. ( gráficas 28 y 29)

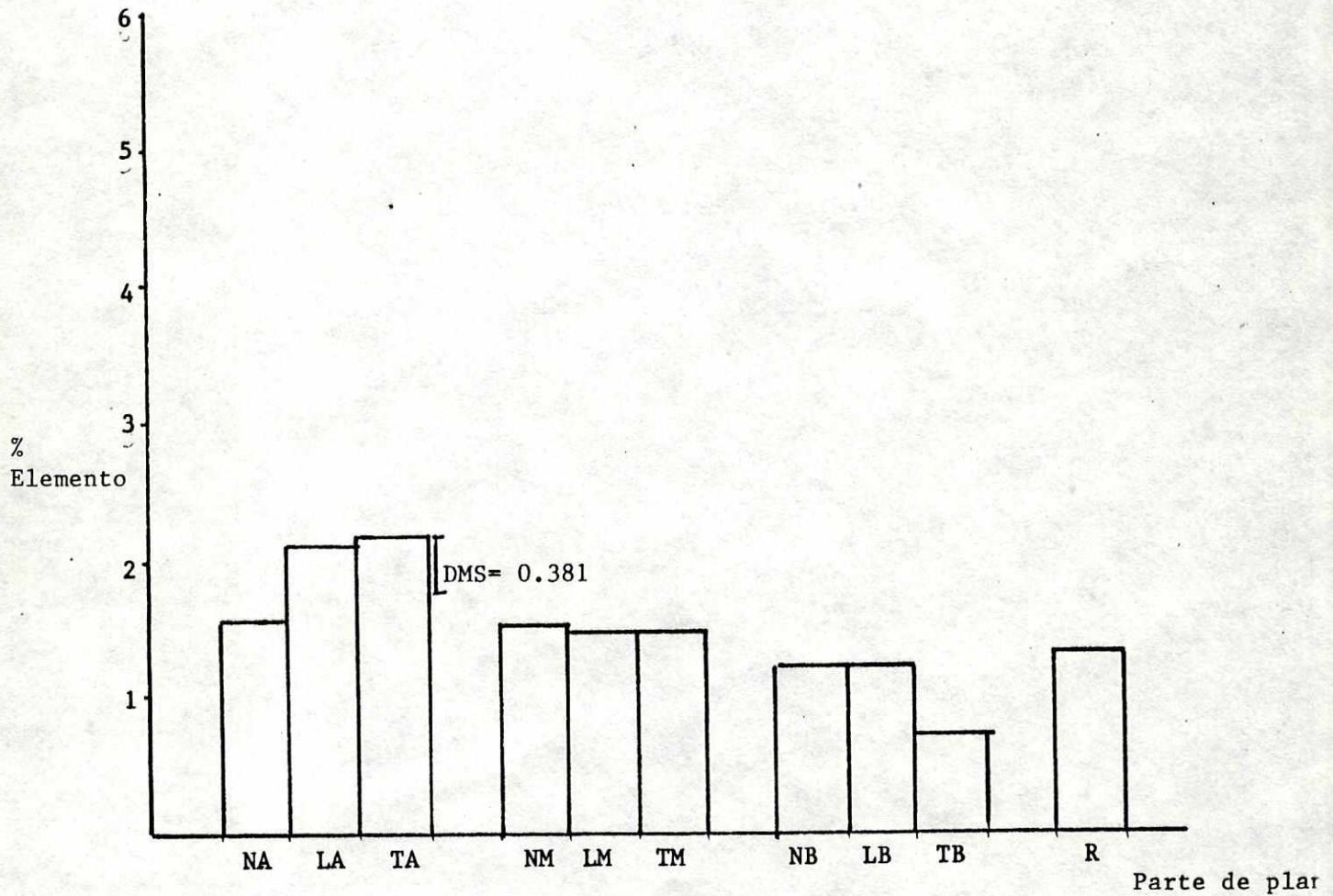
La deficiencia de magnesio, nmarca el contenido de este elemento más que todo en las nervaduras, a diferencia de las plantas con suministro completo de nutrimentos, las mayores concentraciones se encuentran en las nervaduras, como se muestra en la gráfica 30.

Cuadro 28. Análisis de varianza del contenido de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	1.124	10.406	2.78 **
Error	50	0.108		
Total	59			

Coefficiente de variación 22.476%

\*\* Diferencia altamente significativa

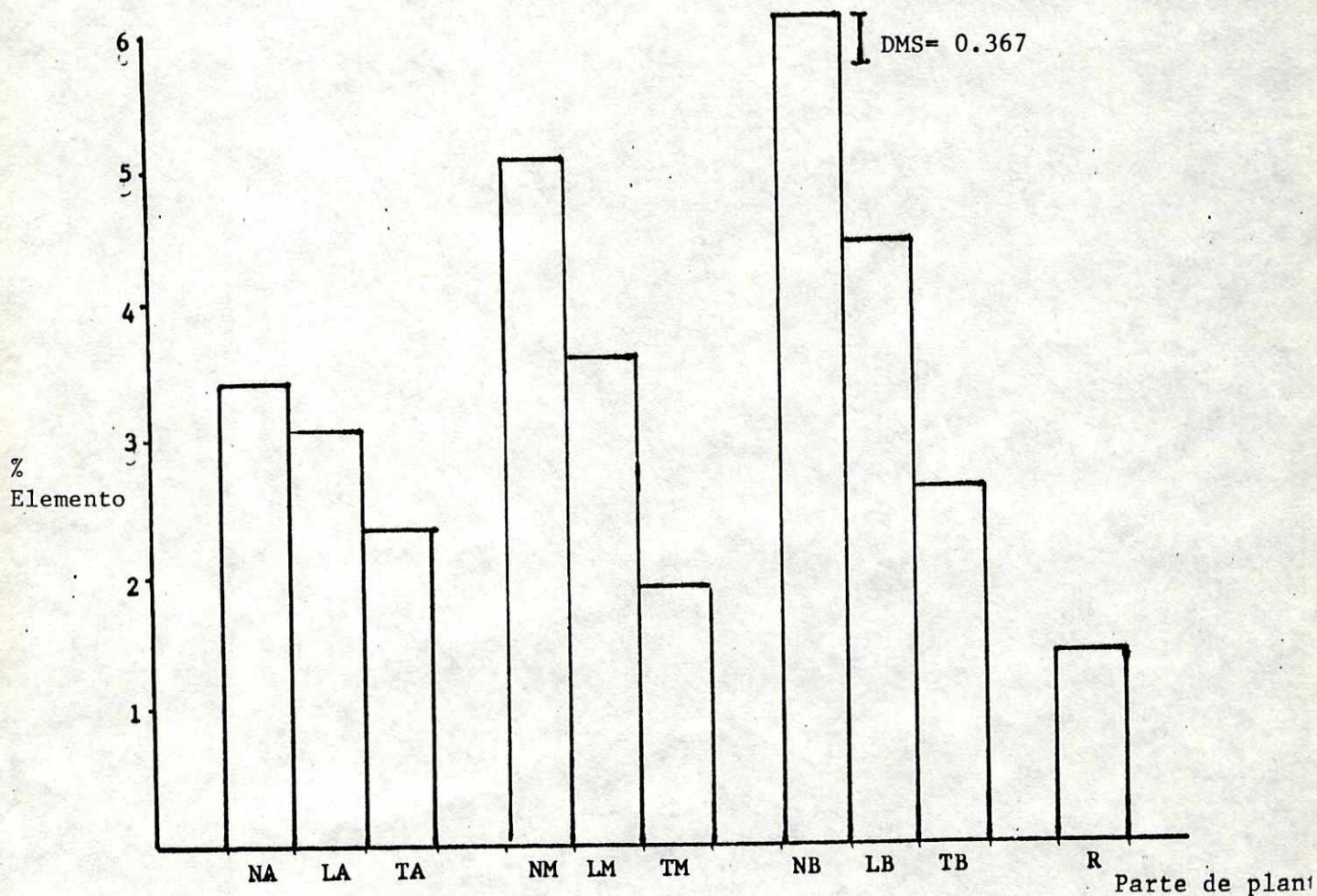


Gráfica 28. Niveles de potasio de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 29. Análisis de varianza del contenido de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	12.567	125.556	2.78 **
Error	50	0.100		
Total	59			

Coefficiente de variación 9.427%  
 \*\* Diferencia altamente significativa

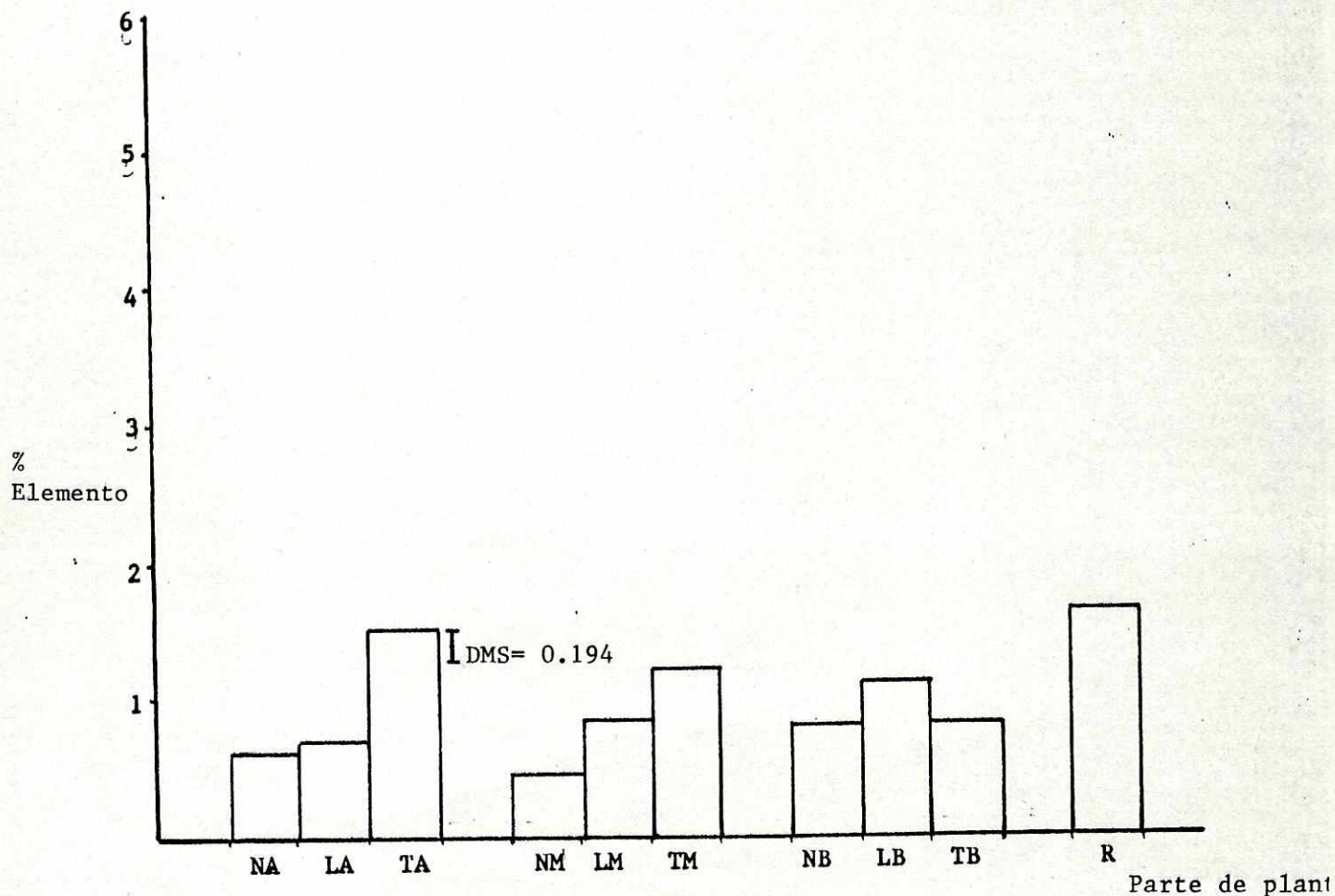


Gráfica 29. Niveles de calcio de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

Cuadro 30. Análisis de varianza del contenido de magnesio de plantas en solución nutritiva deficiente en magnesio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio (S <sup>2</sup> )	F calculado	F tablas <sub>0.01</sub>
Tratamientos	9	0.868	30.504	2.78 **
Error	50	0.028		
Total	59			

Coefficiente de variación 17.603%  
 \*\* Diferencia altamente significativa



Gráfica 30. Niveles de magnesio de plantas en solución deficiente en magnesio. Porcentajes en diferentes partes de la planta.

La concentración de los diferentes elementos, depende de las características propias del elemento dentro de la planta y también de factores como la deficiencia de algún elemento específico que cause un desbalance en el estado nutricional de la planta y afecte su desarrollo.

En este trabajo se mostraron las posiciones y concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en plantas de cardamomo de 1 año de edad.

El conocer estos desbalances en el estado nutricional de la planta, causados por la deficiencia de algún elemento, es importante, pues con esta base se pueden llegar a establecer relaciones entre los elementos y en base a estas relaciones se puede llegar a confirmar o determinar, alguna deficiencia nutricional en plantas de cardamomo.

Los síntomas de deficiencias de los elementos estudiados son característicos de la carencia de estos.

#### G. Deficiencia de nitrógeno:

Amarillamiento general de las hojas, principiando por las hojas basales, cuando la deficiencia es muy avanzada ocurre absición, el desarrollo foliar y radicular es sumamente pobre, no hay presencia de rebrotes.

(38)

#### H. Deficiencia de fósforo.

La carencia de fósforo en plantas de cardamomo se manifiesta, por una coloración verde oscura en las hojas, las hojas apicales se tornan delgadas y alargadas, el desarrollo foliar es pobre, si existen rebrotes.(38)

### I. Deficiencia de Potasio.

El desarrollo de las plantas de potasio no se ve afectado tan grandemente como en la carencia de otros elementos, la manifestación característica de la deficiencia de potasio en plantas de cardamomo es la aparición de una zona seca en los bordes de la hoja, que avanza de la punta hacia los bordes, presenta entre la zona de secamiento un halo amarillo que caracteriza a esta deficiencia. (38)

### J. Deficiencia de calcio:

Cuando la deficiencia de calcio es sumamente severa, las manifestaciones de esta en las plantas de cardamomo, se presentan como un achaparramiento total de la planta, el desarrollo es detenido y el sistema radicular es sumamente pobre, hay gran cantidad de rebrotes, pero ninguno desarrollado en forma adecuada, las hojas pueden llegar a deformarse, presenta también un secamiento marcado en las hojas pero se diferencia de la deficiencia de calcio, en que esta no presenta el halo amarillo característico de la deficiencia de potasio.

### K. Deficiencia de magnesio.

La deficiencia de magnesio se presenta con un amarillamiento intervenal en las hojas, iniciándose en las hojas adultas, el desarrollo radicular se vé disminuido, así como también el desarrollo foliar.

## V. CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de los elementos dentro de la planta de cardamomo, dependen de la parte de la planta que se esté analizando, por la movilidad del elemento dentro de la planta.
2. Cualquier deficiencia de alguno de los macroelementos en cardamomo causa un desbalance en el contenido de los otros dentro de la planta.
3. La deficiencia de nitrógeno puede ser caracterizada tanto por síntomas característicos como por altas concentraciones de fósforo en la planta como también altas concentraciones de potasio y magnesio.
4. La deficiencia de fósforo puede ser caracterizada por sus síntomas específicos como por altas concentraciones de magnesio en la parte basal. y muy bajas concentraciones de fósforo.
5. La deficiencia de potasio puede ser confirmada al encontrar principalmente altas concentraciones de nitrógeno y fósforo.
6. Bajo deficiencia de calcio se presentan altas concentraciones de fósforo y potasio.
7. En condiciones de deficiencia de magnesio se presentan altas concentraciones de nitrógeno, fósforo y calcio mientras que la concentración de potasio es baja.

## VI. RECOMENDACIONES.

En base a lo observado, en cuanto a la concentración de los diferentes elementos dentro de la planta de cardamomo, se recomienda que al momento de sospechar alguna deficiencia nutricional, no se espere la aparición de síntomas característicos de la deficiencia, pues esto ocurre cuando ya la planta se encuentra sufriendo una deficiencia severa, y también puede estar ocurriendo una mezcla de deficiencias, que compliquen la identificación de la deficiencia por síntomas característicos.

La toma de muestras para el desarrollo de un análisis foliar, deben ser tomadas, tomando en cuenta el elemento que desea investigarse como se muestra a continuación.

**Elemento nitrógeno:** Las muestras deben ser tomadas de la parte apical de la planta, la concentración más alta en el presente trabajo fué en el limbo apical (LA) con 2.75%

**Elemento fósforo:** Las muestras deben ser tomadas de la parte media el limbo medio (LM) con una concentración de 0.35%

**Elemento potasio:** Las muestras deben tomarse de las nervaduras, que fueron las que presentaron un mayor índice en la concentración del elemento, siendo casi uniforme sin presentar diferencia estadística en ninguno de los niveles en que se dividió la planta.

Elemento calcio: Las muestras deben ser tomadas de la parte basal donde se presentan las mayores concentraciones, siendo la mayor en el presente trabajo de 5.25% en la nervadura y limbo basal (NB y LB).

Elemento magnesio: Las muestras para la determinación de magnesio deben ser tomadas de la parte media de la planta pues en este nivel la concentración es casi uniforme.

## BIBLIOGRAFIA

1. AMEZQUITA, M.O. Técnicas de producción utilizadas en el cultivo del cardamomo( Elettaria cardamomum ) , según tamaño de explotación agrícola en Alta Verapaz. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1978. 57p.
2. BONILLA, O. Busqueda de fuentes de resistencia y método de diagnóstico al virus del mosaico del cardamomo. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala 1983. 66p.
3. CAIN, J.C. The effect of potassium and magnesium on the absorption of nutrients by apple trees in sand culture. Horticultural annual Review U.S.A. Vol. 65, 25-31. 1948.
4. CASTILLO, S. Aislamiento del agente causal de la mancha foliar del cardamomo. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, 1985. 36p
5. CLARKSON, D., HANSON, J. The mineral nutrition of higher plants, Annual Review of plant physiology. U.S.A. ol. 31, 239-312. 1980.
6. CHAPMAN, H., PRATT, O. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas Ed. Trillas. Mexico D.F. 1976.
7. CHEMARA RESEARCH STATION. The practical aspects of leaf sampling of Hevea brasiliensis in Malaya. Malaya Seremban. 1966 18p
8. EHRLER, W.L., HAMMER, K. The effect of nutrient balance on the uptake transport of calcium and phosphorus by bean plant. Horticultural Annual review, U.S.A. Vol 72, 365-369. 1958.
9. ENRIQUEZ, V.H. El cultivo del cardamomo. Ministerio de Agricultura Sección de información agrícola. Guatemala, 1965 . 85p!
10. EPSTEIN, E., Mineral nutrition of plants. New York, John Wiley & Sons 1973. 412 p.
11. Fertilizers and their Uses. Food and agriculture Organization of the United Nations. Italy, 1965. 54 p.
12. FASSBENDER, H.W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1975' 350 p.
13. FOTH, H.D., TURK, L.M. Fundamentos de la ciencia del suelo, Mexico, Editorial CECSA, 1978. 527p.
14. FRIEDEN E. New perspectives on the essential trace elements, Florida State University. U.S.A., vol 62 N° 11. 1985.

15. GAUCH, G.H. Inorganic plant nutrition. U.S.A. Hotchinson & Ross Inc. 1973. 488 p.
16. GOSS, J.A. Physiology of plants and their cells. U.S.A. Pergamon Press Inc. 1973. 457p.
17. GREWELING, T. Chemical analysis of plant tissue. Cornell University search agriculture. Agronomy vol 6 N° 8 1976.
18. GUATEMALA, Bco. de. Informe económico abril-septiembre, 1979. Guatemala 1979. 68p.
19. HOAGLAND, H., ARNON, D.I. The water culture method for growing plant without soil. California Agricultural Experimental Station, 1950. 31p.
20. HOLDRIGE. Clasificación de zonas de vida en Guatemala a nivel de reconocimiento.
21. LITTLE, T.M., HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Mexico D.F. ed. Trillas, 1983. 270p.
22. MEMORIAS. I simposio de cardamomo en Guatemala, Asociación de productores de cardamomo- Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala 1985. 171 p.
23. MENENDEZ, C.E. Zonificación del virus del mosaico del cardamomo en Guatemala y su distribución en la planta. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala 1984. 62p.
24. MIFLINAND, B.J., LEA, P.J. Amino Acid metabolism, U.S.A. Annual Review of plant Physiology. vol 28, 299-329. 1980.
25. MONROY, V. Efecto de escarificación y de tres estimuladores de la germinación en semillas de cardamomo, bajo condiciones de laboratorio y campo. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1985. 84p.
26. MONTEAGUDO, R.F. Lixiviación de nutrientes de 3 suelos con 2 niveles de agua, aplicando P\_K en forma granular o solución. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1979. 80p.
27. OFFICIAL methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. U.S.A. Ed. Sidney Williams, fourteenth edition. 1984. 1141p.
28. ORTIZ, M.O, Manual de suelos y fertilizantes del café. Asociación nacional del café, boletín 12. Guatemala 1973. 89p.

29. PERDOMO, R. Ciencia y tecnología del suelo, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1970. 366p.
30. RAY, P.M. La planta viviente. Mexico D.F. CECSA 1980, 272 p.
31. REYES, P. Diseño de experimentos aplicados , Mexico D.F. ed. Trillas 2da.edición 1981. 344 p.
32. RICHTER, G. Fisiología del metabolismo de las plantas. Mexico D.F. Ed. CECSA. 1980. 417p.
33. ROBERTS, J. Practical plant physiology, Great Britain, Lowe and Prydone Ltda. 1976. 161p.
34. RUSSELL, E.W. Soil conditions and plant growth, Great Britain, William Clowes & Sons Ltda. Tenth ed. 1973. 849p.
35. TEJADA, J., BONILLA, O., MENENDEZ, C. Síntomas de deficiencias nutricionales y las funciones de los macroelementos en el cultivo del cardamomo. APROCAR-UDV. Guatemala, 1985. 14p.
36. TEUSCHER, H., ADLER, R. El suelo y su fertilidad. Mexico D.F. Ed. CECSA 1980. 510p.
37. THOMAS, A.H. Endogenous plant growth substances, Great Britain, Camelot press. 1975 68p.
38. TISDALE, S., NELSON, W. Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Mexico D.F. ed. Uthea. 1982. 760p.
39. United States Department of Agriculture. SEMINARIO DE CONSERVACION DE SUELOS. Sección 15. Mexico D.F. Ed. Diana 1972.
40. WARTHEN, E., ALDRICH, S.R. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Mexico , Uthea. 1967. 416p.
41. WEAVER, R.J. Plant growth substances in agriculture. U.S.A. W.H. Freeman and Co. 1972. 594 p.
42. WILLIS, J.C. [A dictionary of the flowering plants and ferns, 7th Ed. Cambridge press. 1966.