

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA CONCENTRACION MINERAL  
DE 7 ESPECIES ARBUSTIVAS EN LA REGION DE  
MARIN, N. L., MEXICO, A TRAVEZ DE LOS  
MESES DE ENERO A ABRIL DE 1986.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE,  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA  
PRESENTA

JUAN HERNANDEZ DIAZ

MARIN, N. L.

JULIO DE 1987

T  
SB193  
H4  
C.1



1080061482

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA CONCENTRACION MINERAL  
DE 7 ESPECIES ARBUSTIVAS EN LA REGION DE  
MARIN, N. L., MEXICO, A TRAVEZ DE LOS  
MESES DE ENERO A ABRIL DE 1986.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA  
PRESENTA

JUAN HERNANDEZ DIAZ

MARIN, N. L.

JULIO DE 1987

007373

*Handwritten signature*

T.  
SB193  
H4

040-582  
FA 1  
1987  
C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F. TEBIS



UAMV  
FONDO  
TERRA LICENCIATURA

**EVALUACION DE LA CONCENTRACION MINERAL DE 7 ESPECIES  
ARBUSTIVAS EN LA REGION DE MARIN, N. L. MEXICO, A TRAVEZ  
DE LOS MESES DE ENERO A ABRIL DE 1986.**

ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL PROYECTO ARBUSTIVOS Y GRAMINEAS  
EN EL NORESTE DE MEXICO, Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE

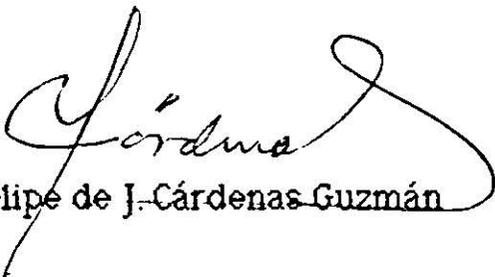
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

COMISION REVISADORA

Asesor Principal:

  
Ing. y M. Sc. Humberto Ibarra Gil

Consejo Auxiliar:

  
Ing. M. C. Felipe de J. Cárdenas Guzmán

**Ser o no ser. ¡ He ahí el problema!**

## Dedicatoria

### A mis padres

Sr. Agustín Hernández Hernández  
Sra. Conzuelo Díaz de Hernández

Con palabras no puedo expresar el infinito amor y gratitud que siento por ustedes, por sus enseñanzas, ejemplo y apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida y para la culminación de mi carrera.

Gracias por lo que son,  
Gracias por haberme imbuido en la idea del estudio y enfrentar juntos las contingencias de la vida.  
Gracias por darme una parte de ustedes.  
Que Dios los bendiga.

### A mis hermanos:

Dra. María Teresa Hernández Díaz  
Capt. Agustín Hernández Díaz

Los cuales con su apoyo inconmensurable y entusiasmo supieron alentarme en la culminación de mi carrera, demostrando que en la unidad está la fuerza, mi agradecimiento por su guía y ejemplo, el cual trato de seguir.

### A mi novia:

Lic. Amanda G. Lara Flores

Mujer de gran apoyo, creativa y estimulante en todos los momentos.

A mis amigos en general.

A ellos consagro mi vida profesional en el  
vínculo del sentimiento entero que nos une.

## AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. M. Sc. Humberto Ibarra Gil e  
Ing. M.C. Felipe de J. Cárdenas Guzmán por sus  
sugerencias y orientaciones del presente trabajo,

Al Personal del Laboratorio de Bromatología,  
Laboratorio de Suelos y Centro de Computo,  
por su valiosa colaboración y facilidades  
brindadas para poder salir adelante

Especialmente a todas aquellas personas que  
intervinieron de una u otra forma,  
sólo me queda decir . . .

Gracias.

## INDICE DE CONTENIDO

Indice de Cuadros

Indice de Figuras

**Introducción.**

<b>Revisión de Literatura.</b> .....	3
Importancia de los minerales. ....	3
Función de los minerales en el animal. ....	4
Función de los elementos en el suelo, plantas y animal. ....	5
Fósforo .....	6
Calcio .....	8
Magnesio .....	9
Hierro .....	9
Cobre .....	10
Factores que determinan la disponibilidad de los elementos nutritivos a la planta. ....	12
PH del suelo .....	12
Materia orgánica .....	14
Textura del suelo .....	15
Potencial de óxido-reducción .....	15
Actividad microbiana .....	15
Temperatura y humedad .....	16
Contenidos de carbonatos de calcio .....	16
Factores que afectan el contenido mineral de los vegetales. ....	20
Diferencias genéticas .....	21

Influencia del suelo y los fertilizantes .....	24
Influencia del clima, estación y etapa de maduración .....	29
Problemas de deficiencia y/o toxicidad de los minerales en los forrajes. ....	43
Prevención y corrección de las deficiencias y excesos de minerales .....	50
1.- Métodos indirectos .....	51
2.- Suplementación directa de los minerales. ....	53
2.1. Respuesta a la suplementación .....	55
2.2. Evaluación de un suplemento mineral .....	59
2.2.1. Requerimientos .....	60
2.2.2. Disponibilidad biológica y concentración Química. ....	60
2.2.2.1. Disponibilidad biológica del calcio y fósforo en los alimentos. ....	61
2.2.2.2. Disponibilidad biológica del magnesio. ....	63
2.2.2.3. Disponibilidad biológica del hierro .....	64
2.2.2.4. Disponibilidad biológica del cobre .....	65
2.3. Factores que afectan el consumo de minerales en el ganado .....	67
2.4. Características de un buen suplemento mineral. ....	68
2.5. Factores que afectan los requerimientos. ....	69
Ralaciones suelo-planta-salud de los animales. ....	70
<b>Materiales y Métodos.</b> .....	76
Material .....	76
Método de muestreo. ....	80

Método de laboratorio .....	81
Método estadístico. ....	85
<b>Resultados y Discusión.</b> .....	86
<b>Conclusiones y Recomendaciones.</b> .....	136
<b>Resumen.</b> .....	140
<b>Literatura Citada.</b> .....	143
<b>Apéndice.</b> .....	157

## INDICE DE CUADROS

1	Composición medio de gramíneas y leguminosas. ....	21
2	Concentración de elementos minerales en tres leguminosas y cuatro gramíneas cosechadas en la primera floración. ....	22
3	Promedios de composición de forrajes en diferentes suelos de Wisconsin y Venezuela. ....	23
4	Concentración de Ca, P y K (%) en <u>Agropyron desertorum</u> en cinco etapas fenológicas y el promedio de las fechas de cosechas durante tres años. ....	31
5	Cambios en el contenido del Fósforo en trece zacates perennes nativos de Chihuahua en verano (Período de crecimiento) e invierno (Período de sequía). Promedios del análisis mineral de los años 1959 a 1961. ....	33
6	Promedio de la composición mineral de tres pastos perennes en tejidos vivos y muertos en la reserva ecológica de las tierras áridas del sur central de Washington. ....	37
7	Variaciones en composición dentro de una especie de forraje; todos los valores en base seca. ....	39
8	Media del contenido mineral de pastizal por el efecto de la quema y no quema en el forraje en dos tratamientos. ....	42
9	Contenido de calcio y fósforo de algunas especies aprovechadas por el ganado en el norte de Dgo., CAEVAG, CIANOC, INIA. 1979-1980. ....	48

10	Promedio de macro y microminerales en diferentes pastos del municipio de Martínez de la Torre, Ver. ....	49
11	Formulación del suplemento mineral. ....	59
12	Valores biológicos comparativos de fosfatos inorgánicos. ....	62
13	Análisis de los complementos de Ca y P. ....	64
14	Fuentes de magnesio. ....	64
15	Fuentes de hierro suplementario. ....	65
16	Fuentes de cobre suplementario. ....	66
17	Precipitaciones (mm) y temperaturas (°C), promedio cada 10 días, registradas en la Estación Meteorológica de la F.A.U.A.N.L. ....	78
18	Número de muestreos y período en el cual fueron sometidas las siete especies de arbustos. ....	78
19	Concentración mineral promedio en seis especies de arbustos colectadas en el período Enero-Abril, 1986 en base a materia seca. ....	86
20	Concentración mineral promedio (en base M.S.) de Anacahuita Higeras y Marín en los meses de Marzo y Abril, 1986. ....	88
21	Concentración mineral del Guayacan (en base M.S.) en el período de Enero-Abril, 1986. ....	158
22	Concentración mineral del Palo Verde (en base M.S.) en el período de Enero al 10 de Marzo, 1986. ....	159
23	Concentración mineral del Mezquite (en base M.S.) en el período de Enero-Abril, 1986. ....	160

24	Concentración mineral del Granjeno (en base M.S.) en el período de Enero-Abril, 1986. ....	163
25	Concentración mineral del Chaparro Prieto (en base M.S.) en el período de Enero-Abril 1986. ....	164
26	Concentración mineral del Huizache (en base M.S.) en el período de Enero-Abril, 1986. ....	165
27	Concentración mineral de la Anacahuita (en base M.S.) en el período de 20 de Enero a Abril, 1986. ....	166
28	Concentración mineral de la Anacahuita Marín (en base M.S.) en el período de Marzo-Abril, 1986. ....	167
29	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Guayacan. ....	168
30	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Palo Verde. ....	168
31	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Mezquite. ....	169
32	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Granjeno. ....	169
33	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Chaparro Prieto. ....	170
34	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio del Huizache. ....	170
35	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio de la Anacahuita Higueras. ....	171
36	Resumen de los análisis de varianza en las variables en estudio de la Anacahuita Marín. ....	171

37	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Guayacan y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	172
38	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Palo Verde y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	172
39	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Mezquite y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	173
40	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Granjeno y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	173
41	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Chaparro Prieto y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	174
42	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Huizache y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	174
43	Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Higueras y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	175
44	Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Marín y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo. ....	175
45	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Guayacan y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	176

46	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Palo Verde y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	176
47	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Mezquite y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	177
48	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Granjeno y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	177
49	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Chaparro Prieto y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	178
50	Correlaciones simples entre el contenido mineral del Huizache y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	178
51	Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Higueras y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	179
52	Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Marín y las precipitaciones (mm) medias registradas en cada época de muestreo. ....	179
53	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Guayacan como variable dependiente. ....	180
54	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Marzo 10, 1986	

	como variable independiente y la concentración mineral del Palo Verde como variable dependiente. ....	180
55	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Mezquite como variable dependiente. ....	181
56	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Granjeno como variable dependiente. ....	181
57	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Chaparro Prieto como variable dependiente. ....	182
58	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Huizache como variable dependiente. ....	182
59	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral de la Anacahuíta Higuera como variable dependiente. ....	183
60	Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Marzo-Abril, 1986 como variable independiente y la concentración mineral de la Anacahuíta Marín como variable dependiente. ....	183
61	Requerimientos de calcio, magnesio, fósforo, hierro y cobre (ppm) para ganado caprino (en base a M.S.) .....	130

14	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en el Palo Verde. ....	98
15	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en el Palo Verde. ....	98
16	Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en el Mezquite. ....	101
17	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en el Mezquite. ....	101
18	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en el Mezquite. ....	102
19	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en el Mezquite. ....	102
20	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en el Mezquite. ....	103
21	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en el Mezquite. .... en el período de Enero-Abril, 1986.	103
22	Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	106
23	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	106
24	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	107
25	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	107
26	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	108

27	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en el Granjeno. ....	108
28	Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	111
29	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	111
30	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	112
31	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	112
32	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	113
33	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en el Chaparro Prieto. ....	113
34	Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	117
35	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	117
36	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	118
37	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	118
38	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	119
39	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en el Huizache. ....	119
40	Distribución del contenido de cenizas (%), temperatura (°C) en Anacahuíta Higuera. ....	122

41	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Higueras. ....	122
42	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Higueras. ....	123
43	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Higueras. ....	123
44	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Higueras. ....	124
45	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Higueras. ....	124
46	Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	126
47	Distribución del contenido de calcio (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	126
48	Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	127
49	Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	127
50	Distribución del contenido de hierro (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	128
51	Distribución del contenido de cobre (ppm) y temperatura (°C) en Anacahuíta Marín. ....	128
52	Distribución del contenido de Ca en las 7 especies arbustivas en estudio. ....	132
53	Distribución del contenido de Mg en las 7 especies arbustivas en estudio. ....	132
54	Distribución del contenido de P en las 7 especies arbustivas en estudio. ....	133

55	Distribución del contenido de Fe en las 7 especies arbustivas en estudio. ....	133
56	Distribución del contenido de Cu en las 7 especies arbustivas en estudio. ....	135

## INTRODUCCION.

La mayoría de las cabras del mundo viven de pastoreo y/o ramoneo. Las posibilidades de entender mejor sus problemas alimenticios y el papel que puede jugar la alimentación en incrementar su producción, se limita por falta de trabajos experimentales en esas condiciones. Muchos de los rebaños de cabras subsisten con alimentación deficiente precisamente porque ocupan el peldaño más bajo de la escala de las inversiones y de las atenciones que reciben. Las posibilidades de mejorar su alimentación y productividad son limitadas pues las tierras desérticas limitan la magnitud de las inversiones, sin embargo la cabra responde tanto o más que otras especies y mucho se puede lograr prestando atención a las demandas alimenticias en los momentos más críticos de su vida. (De Alba, 1971).

En el ganado en pastoreo, la desnutrición es comunmente aceptada como una de las limitantes más importantes para la producción animal, ya que en estas condiciones los rumiantes dependen casi exclusivamente de los pastizales para satisfacer sus requerimientos de energía, proteínas, vitaminas y minerales. Pero, sin embargo, muy pocas veces dichos requerimientos son cubiertos satisfactoriamente. Los minerales tienen funciones importantes en la nutrición animal, ya que los forrajes pueden estar en abundancia y cubriendo adecuadamente los requerimientos en los rumiantes en cuanto a energía, proteína, vitamina, etc., pero si alguno o varios de los minerales esenciales se encuentran en niveles deficientes o tóxicos en la dieta del ganado, se disminuye la producción de la leche y en la salud del animal. Deficiencias y toxicidades han sido reportadas en varias partes del mundo. De 2615 forrajes analizados en América Latina, el porcentaje deficiente en los minerales siguientes fue de : P, 73%; Na, 60%; Zn, 75%; Mg, 35%; Cu, 47% y Co, 43%. (McDowell. et. al.; 1977).

En México se han realizado pocos estudios encaminados a diagnosticar el status mineral por regiones, para poder determinar con ello la mezcla mineral a suplementar al ganado de acuerdo a sus requerimientos. (Mejía, 1984).

Es por ende que el evaluar la concentración mineral en los arbustos que la cabra consume, cobra relevante importancia en nuestra región de Marín, N.L.; ya que donde el contenido en minerales de los forrajes es marginal, con respecto a las necesidades de los animales, los cambios en las concentraciones provocadas por influencias climáticas o estacionales y por la maduración de los vegetales y de la caída de las semillas, pueden ser factores importantes en la incidencia o gravedad de las situaciones de deficiencia del ganado que depende total o en gran parte de dichos vegetales .

El presente trabajo se realizó con los siguientes objetivos:

1.- Determinar la concentración mineral (Ca, P, Mg, Cu y Fe) en diferentes especies consumidas por la cabra en el período de Enero-Abril, 1986.

2.- Evaluar la variación que existe en la concentración de los minerales (Ca, P, Mg, Cu y Fe) por los efectos ambientales.

3.- Continuar la evaluación iniciada en el período de Agosto-Diciembre, 1985, con el fin de tener la información para conocer la fluctuación de los minerales a través del período antes citado.

## REVISION DE LITERATURA.

### Importancia de los Minerales.

En la actualidad se cree que 22 elementos minerales son esenciales para las formas superiores de vida animal. Comprende 7 minerales principales o macronutrientes: Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Cloro, Magnesio y Azufre y 15 elementos minerales micronutrientes o elementos vestiginales: Hierro, Yodo, Zinc, Cobre, Manganeso, Cobalto, Molibdeno, Selenio, Cromo, Estaño, Vanadio, Fluor, Silicio, Niquel y Arsenico. La esenciabilidad de los seis últimos, hasta el momento no se ha demostrado que tengan una influencia práctica en la nutrición de los animales domésticos aunque las experiencias realizadas con el selenio sugieren que no deberán descartarse tales posibilidades (Underwood, 1981).

Los elementos minerales presentes en las células y tejidos del organismo animal se hallan formando diversas combinaciones químicas funcionales y según concentraciones características que varían con el elemento y el tejido. La ingestión continua de dietas que son deficientes, desequilibradas o excesivamente ricas en un mineral induce cambios en la forma o concentración con que dicho mineral aparece en los tejidos o fluidos corporales, apareciendo por debajo o por encima de los límites permisibles o márgenes normales. En tales circunstancias pueden desarrollarse lesiones bioquímicas, viendose adversamente afectadas las funciones fisiológicas y pueden hacer acto de presencia desordenes estructurales, según formas que varían con el elemento, la intensidad o duración de la deficiencia o toxicidad dietetica, y la edad, el sexo y la especie del animal afectado.

Los animales dependen estrechamente de los alimentos y forrajes que consumen, para obtener sus nutrientes minerales; es por esto que los factores que determinan el contenido mineral de las porciones vegetativas de las plantas y semillas son los factores que determinan básicamente los consumos minerales de los animales doméstico. Los factores que determinan el contenido mineral en los vegetales son: A) Género, especie o estirpe; B) Condiciones climáticas o estacionales durante el crecimiento; C) Fase de maduración de los vegetales. Estos factores a su vez se ven influenciados por el hombre en su esfuerzo por elevar la producción de pastizales y cosechas. (Underwood, 1981).

### **Función de los minerales en el animal.**

Los minerales realizan 3 amplios tipos de funciones en el organismo, aunque no son exclusivas de elementos particulares y todas ellas pueden ser por el mismo elemento al mismo tiempo.

Los tres tipos de funciones son:

1).- Actuar como componentes estructurales de órganos y tejidos corporales, tales como sucede en el Calcio, Fósforo, Magnesio, Fluor y Silicio en huesos y dientes y con el fósforo y azufre en las proteínas musculares.

2).- Actuar como componentes de los fluidos y tejidos corporales en forma de electrolitos que intervienen en el mantenimiento de la presión osmótica, del equilibrio ácido-básico, de la permeabilidad de las membranas y de la irritabilidad tisular, así actúan Sodio, Potasio, Cloro, Calcio y Magnesio en sangre, líquido cerebro espinal y jugo gástrico.

3).- Actuar como catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales, en forma de componentes integrales de la estructura de las metalo-enzimas, o como activadores menos específicos en tales sistemas (Underwood, 1981).

Estos tres amplios tipos de funciones, la realizan en el organismo bajo la forma de sales disueltas ionizadas, formando combinaciones orgánicas solubles o bajo forma de combinaciones insolubles (López, 1973).

### **Función de los elementos en el suelo, planta y animales.**

Los nutrientes se adicionan en forma de fertilizantes o se encuentran en la solución del suelo y en esta forma son captados por la planta, que a su vez va a ser consumida por el animal. El valor alimenticio de los vegetales va a depender de la forma y el grado en que los nutrientes son absorbidos. El suelo contiene organismos que utilizan los mismos nutrientes que las plantas, a su vez estos nutrientes tienen funciones similares en el organismo animal. Esto puede explicarse ya que todos los organismos, ya sea, microorganismos del suelo, plantas o animales, están compuestos por células, constituidas por sustancias similares. Esto quiere decir que si hay carencias en el suelo y en el forraje de elementos minerales, arrastran también carencias en el animal (Fleischel, 1970).

Los minerales esenciales realizan diversas funciones que pueden ser predominantemente de naturaleza física, química o biológica de acuerdo con la forma o combinación química del mineral y situación en los tejidos y fluidos orgánicos. (Underwood, 1981).

**Fósforo** El fósforo en el suelo se clasifica en orgánico e inorgánico. El fósforo orgánico se encuentra principalmente en el humus y otros materiales orgánicos que pueden o no estar asociados con él. El fósforo orgánico en suelo se encuentra en tres formas principales: fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfatos de inositol. La fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con el hierro, aluminio, calcio, fluor y otros elementos; estos son poco solubles en agua. El fósforo inorgánico se encuentra en forma de iones ortofosfatos,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que la del fósforo orgánico, encontrándose que su contenido en suelos minerales es usualmente mayor en las capas superficiales que en el subsuelo, a causa de la acumulación de materia orgánica que se alcanza en las capas superiores del perfil del suelo (Tamhane, 1978 y Tisdale y Nelson, 1982).

El fósforo en la planta ocupa una posición clave en el metabolismo. El fósforo desempeña un papel importante en las transformaciones de energía y participa en el metabolismo de las grasas y proteínas. Es un constituyente esencial de muchos compuestos vitales como los nucleótidos, las lecitinas, la mayor parte de las enzimas, ácido nucleico, fitina, y fosfolípidos. El fósforo es asociado con la pronta maduración de los cultivos, particularmente en los cereales y su carencia es acompañada por la marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le considera esencial en la formación de la semilla, se le encuentra en grandes cantidades en la semillas y frutos. El fósforo es rápidamente movilizado en las plantas y cuando se presenta una deficiencia el elemento contenido en los tejidos más viejos es transferido a las regiones meristemáticas. Su deficiencia en grano o paja, es provocada por un escaso desarrollo de raíces y tallo (Tamhane, 1978 y Tisdale y Nelson, 1982).

La deficiencia de fósforo en la planta acarrea retardo en la división celular y hay menor crecimiento. Esto se ve como un color verdinegro en la planta asociado con coloración púrpura en la etapa de crecimiento de la plántula, después las plantas se tornan amarillas (Foth, 1985).

De todos los nutrientes solamente el fósforo tiene tal cantidad en formas y efectos en el animal. Es la sustancia activa del organismo viviente y su constructor. 75-80% del fósforo total está en los huesos los cuales son utilizados como almacén de fósforo, en donde continuamente se está destruyendo y construyendo durante el metabolismo y es la fuente a la que se recurre cuando aumentan las necesidades. (Fleischel, 1970).

Las funciones del fósforo en el organismo animal son las siguientes:

a) participa en el desarrollo y mantenimiento de los tejidos; b) Actúa como componente de los ácidos nucleicos; c) Ayuda a mantener la presión osmótica; d) Toma parte en el equilibrio ácido-básico; e) Interviene en la transformación de energía; f) Formación de fosfolípidos y en consecuencia el transporte de ácidos-grasos; g) En la formación de aminoácidos y proteínas; h) Interviene en el apetito. (Underwood, 1981).

Su deficiencia ocasiona raquitismo, osteomalacia, alteraciones en el apetito ó "pica", disminución de la fertilidad, crecimiento inferior al normal en animales jóvenes y una escasa ganancia de peso en los animales adultos. (McDonald et. al.; 1981).

Calcio. En el suelo el óxido de calcio (CaO), llamado cal, neutraliza los ácidos, y al igual que el fósforo mejora la estructura del suelo. Un estado de calinización favorable mejora la obtenibilidad de nutrientes del suelo. (Fleischel, 1970).

En la planta el CaO tiene un efecto estabilizante en el plasma celular y también controla su respiración, obtención de nutrientes y otros procesos metabólicos. Es componente de la pared celular, desempeña un papel en la estructura y permeabilidad de las membranas. La deficiencia de calcio induce disturbios en el crecimiento celular y en la formación de proteínas.

La deficiencia de calcio en la planta se caracteriza por la deformación y desintegración de la porción terminal de la planta, esto se debe a que cuando ocurre una deficiencia no se elimina con facilidad de los tejidos viejos para ser usado en el desarrollo nuevo. (Foth, 1985).

El calcio en el animal es el elemento más abundante en el organismo animal. Es un constituyente importante de los dientes y del esqueleto en lo que se encuentra el 99% del calcio total del organismo y además es un componente esencial de la mayoría de las células vivas y líquidos orgánicos. Es necesario para mantener la actividad de varios sistemas enzimáticos, tales como los implicados en la transmisión del impulso nervioso y los responsables de las propiedades contractiles del músculo e intervienen en la coagulación de la sangre. Su deficiencia causa: raquitismo en animales jóvenes, osteomalacia en los animales adultos, estas dos también pueden ser causadas por deficiencia de fósforo, alteración de la relación Ca: P ó por avitaminosis. También ocasiona fiebre vitularia (Paresia pueperal) normal en vacas lecheras recién paridas. (McDonald et. al.; 1981).

Magnesio El magnesio en el suelo se encuentra disponible como cationes intercambiables y la cantidad disponible tiene una relación importante con la intemperización de los minerales y el grado de lixiviación. Es absorbido como  $Mg^{+2}$ . Entre los minerales importantes del magnesio están biotita, dolomita, augita, serpentina, hornoblenda y olivina. Por su alcalinidad, el magnesio mejora a los terrenos ácidos. (Fleischel, 1970 y Foth, 1985).

El magnesio en la planta es esencial para la formación de clorofila y activador de enzimas asociadas al metabolismo energético. (Foth, 1985 y Bowen, 1985).

En el organismo animal, el magnesio, va íntimamente ligado al Calcio y Fósforo. Cerca de 70% se encuentra formando parte del esqueleto y el resto repartido entre los demás tejidos y líquidos orgánicos. En el organismo animal realiza las siguientes funciones:

a) Resulta de vital importancia en el metabolismo de carbohidratos y lípidos; b) Es preciso para la fosforilación oxidativa; c) Activa las enzimas que oxidan el piruvato y convierten la  $\alpha$  - oxoglutarato en succinil coenzima A; d) Influye sobre la actividad neuromuscular; e) Activación de las fosfotransferasas, descarboxilasas y aciltransferasas. (Underwood, 1981).

Hierro. El hierro en el suelo es el elemento químico más común en la corteza terrestre. Se encuentra en los suelos en tres formas: metal libre, ferrosa ( $Fe^{++}$ ) y ferrica ( $F^{++}$ ) así como en las estructuras reticulares de los silicatos primarios y en las arcillas minerales. (Bowen y Krtky, 1983 y Tamhane, 1978).

El hierro en la planta es fisiológicamente activo en forma ferrica ( $\text{Fe}^{++}$ ) por las raíces. Este elemento es esencial para la formación de clorofila, aunque no forma parte de su molécula. Actúa como catalizador en las reacciones de síntesis de la clorofila. Participa en varias reacciones de óxido-reducción en las plantas y es esencial para la síntesis de las proteínas y varias reacciones metabólicas. El Hierro tiene funciones específicas en la activación de varios sistemas meristemáticos: hidrogenasa fumárica, catalasa, oxidasa y citocromos. (Bowen, 1981).

El principal síntoma de deficiencia es clorosis intervenal, la cual se caracteriza por un amarillamiento de la lámina de la hoja permaneciendo verdes los tejidos de conducción y zonas inmediatamente adyacentes. (Foth, 1985).

En el animal más del 90% de hierro existente en el organismo, está combinado con las proteínas, sobre todo con la hemoglobina. También se encuentra en el plasma sanguíneo unido a la proteína transferrina (llamada también siderofilina) la cual transporta el hierro en el organismo. Se almacena en forma de ferritina, en hígado, bazo, riñón y médula ósea, o en forma de hemosiderina. También forma parte de muchas enzimas, incluidas los citocromos y las flavoproteínas. (McDonald *et. al.*; 1981).

Cobre. El cobre se encuentra en los suelos principalmente como ión cúprico ( $\text{Cu}^{++}$ ) absorbidos por las arcillas minerales, y como parte ligada, con la materia orgánica, cantidades más pequeñas de sales neutras insolubles, compuestos hidrosolubles y minerales de cobre también pueden estar presentes. (Tisdale y Nelson, 1982).

La concentración de cobre en la solución del suelo debe de ser de 4 a 6 ppm en los suelos minerales y de 20 a 30 ppm en los suelos orgánicos. Normalmente una concentración de 7 ppm, de cobre disponible en el suelo seco proporciona la cantidad mínima requerida por la mayoría de los cultivos. (Bowen y Krtky, 1983 y Less, 1980).

El cobre en la planta es componente estructural de ciertas enzimas óxido reductoras, como la Tirosinasa, la citocromo-óxidasa y oxidasa del ácido ascórbico. (Bowen, 1985).

La deficiencia de cobre reduce la síntesis de proteína y resulta en una acumulación de aminoácidos en los tejidos de la planta. (Bowen, 1985).

El cobre en el animal es necesario para la formación de la hemoglobina, la cual se encuentra presente en la ceruplasmina, la cual participa en la liberación del hierro desde las células al plasma. Es componente de algunas proteínas de la sangre como eritrocupreina, la cual se encuentra en los eritrocitos donde participa en el metabolismo del oxígeno. Juega un papel importante en numerosos sistemas enzimáticos por ejemplo, componente de la citocromo-oxidasa que es importante en la fosforilización oxidativa; además forma parte de ciertos pigmentos fundamentales como la furacina. También es necesario por la pigmentación del pelo, piel y lana (McDonald et. al.; 1981).

Los síntomas de deficiencia, en el animal son: anemia, retraso del crecimiento, alteraciones en los huesos, decoloración del pelo y lana, trastornos gastro-intestinales, lesiones en el tronco encefálico y la médula espinal. Lesiones nerviosas en corderos jóvenes y se manifiesta por incoordinación motora. (McDonald et. al.; 1981).

## **Factores que determinan la disponibilidad de los elementos nutritivos a la planta.**

Los nutrientes están ligados de distintas formas en los suelos y los límites entre estas distintas formas es difusa. Estos pueden estar en los suelos en la forma siguiente:

- 1.- Nutrientes en la solución del suelo.
- 2.- Iones intercambiables ligados mediante cargas eléctricas a las partículas del suelo.
- 3.- Nutrientes combinados con la materia orgánica.
- 4.- Nutrientes precipitados.
- 5.- Nutrientes absorbidos durante el desarrollo de nuevas fases sólidas.
- 6.- Constituyentes de los minerales del suelo.

Además se menciona que hay factores del suelo que influyen en la disponibilidad de los nutrientes, entre los cuales se encuentran los siguientes: PH del suelo, materia orgánica, textura, condiciones de óxido - reducción, variaciones de temperatura y humedad así como actividad microbiana (Villarreal, 1979, mencionado por Caballero y Pérez, 1986).

PH del suelo. La disponibilidad de nutrientes en las plantas está altamente relacionada al PH del suelo, este se encuentra en margen de PH's de 6.5 a 7.5 (Tamhane, 1978; Foth, 1985) aunque Lucas y Knezek. (1983) menciona un PH óptimo entre 6 y 6.8.

La disponibilidad de fósforo en las plantas se ve afectada de distintas maneras por el PH del suelo.

La influencia del PH en el comportamiento de los fosfatos de hierro y aluminio y de los óxidos hidratados de hierro y aluminio asociados, es el efecto de las reacciones químicas. Cuando el PH o la actividad del ión hidroxilo aumenta los fosfatos de hierro y aluminio liberan fosfatos en forma soluble, y el aluminio y hierro permanecen insolubles como hidroxilos (Black, 1975, mencionado por Caballero y Pérez, 1986).

La concentración de varios iones fosfatos en las soluciones está íntimamente relacionadas con el PH del medio. El ión  $H_2Po_4$  se favorece en un medio más ácido, en tanto que el ión  $H_2Po_4$  lo hace por encima del PH 7. En suelos ácidos existen una reducción en la solubilidad de los fosfatos, fenomenos que se conocen como fijación o retención de fosfatos. (Teuscher y Rudolph, 1969, mencionado por Caballero y Pérez, 1986).

La disponibilidad máxima del fósforo se encuentra un PH del orden que oscila de 5.5 a 7 (Tisdale y Nelson, 1982).

El PH del suelo afecta la concentración de calcio y magnesio de la siguiente manera; cuando la saturación de las bases es menor al 100%, un incremento en el PH va asociado con un aumento de las cantidades de calcio y de magnesio en la solución del suelo, ya que de ordinario el calcio y el magnesio son las bases intercambiables dominantes. (Foth, 1985).

La tasa de conversión de  $Fe^{++}$  a  $Fe^{+++}$ , mediante oxígeno es inversamente proporcional a la concentración de iones hidrógeno en el suelo. Cuando más bajo sea el PH, más estables serán los iones  $Fe^{+++}$ .

La solubilidad tanto del ión ferroso como la del ferrico en el suelo, depende del PH. La máxima solubilidad del ferrico se presenta en PH's de 3 a 5, en tanto que el ferroso es suficientemente soluble hasta un PH de 7. (Bowen, 1985).

Así tenemos que a medida que el PH baja de 8 a 4, la solubilidad del  $Fe^{++}$  aumenta 10 millones de veces. Esto explica la deficiencia de hierro en suelos alcalinos. En suelos ácidos puede haber niveles tóxicos de hierro. (Bowen y Krtky, 1983).

El cobre se ve influenciado en su disponibilidad por acidez del suelo, según lo han demostrado algunos científicos, aunque otros, no han encontrado relación entre estos dos factores. (Teuscher y Rudolph, 1969, mencionados por Caballero y Pérez, 1986).

La disponibilidad máxima de cobre es a un PH entre 5 y 7. El cobre disponible puede ser inadecuado incluso en algunos suelos ácidos cuando son cultivados por primera vez. (Bowen y Krtky, 1983).

Materia Orgánica. La materia orgánica del suelo tiene un gran efecto en la disponibilidad de los elementos nutritivos puede alterar su PH y transformar en quelatos los iones metálico del suelo. Puede cambiar las propiedades físicas del suelo y aumentar su capacidad de retención de

agua. Los hongos y las bacterias utilizan la materia orgánica como fuentes de carbohidratos; los cuales influyen en la disponibilidad de algunos elementos a la planta. (Bowen y Krtky, 1983).

Textura del suelo. Las plantas que crecen en suelos de regosol, podosol arenosos y suelos aluviales y orgánicos desarrollan alteraciones de micronutrientes debido a las muy bajas reservas del suelo. Esto es particularmente común en áreas de precipitación pluvial de moderadas a fuertes (Lucas y Knezeck, 1972, mencionado por Caballero y Pérez, 1986).

Potencial de oxido-reducción. Es un factor determinante de la concentración de un nutriente en la solución del suelo. Este factor guarda relación con la aireación del suelo, el cual depende a su vez de la respiración microbiana. Afecta a aquellos elementos que en el rango normal de potenciales de óxido-reducción del suelo, pueden existir en más de un estado de oxidación, tales elementos son: carbono, oxígeno, hidrógeno, azufre, hierro, manganeso y cobre. (López y López, 1978, mencionados por Caballero y Pérez, 1986).

Actividad Microbiana. Los microorganismos son indispensables para asegurar una provisión uniforme y constante de minerales al suelo.

El fósforo es aprovechado por las plantas con contribución microbiana, que aumentan la solubilidad de los fosfatos que son insolubles o casi insolubles. Se ha calculado que un 35% de todas las bacterias del suelo pueden disolver el fosfato tricalcico. En la materia orgánica se encuentran

contenidos varios compuestos orgánicos complejos del fósforo, los cuales son atacados y descompuestos por bacterias y hongos del suelo, liberándose el fósforo en forma de fosfato o de ácido fosfórico. (Teuscher y Rudolph, 1969, mencionado por Caballero y Pérez, 1986).

Temperatura y Humedad. La fijación del fósforo es influenciado por las altas temperaturas. Los suelos de los climas cálidos son generalmente más fijadores del fósforo que en las regiones templadas. (Tisdale, 1982).

Las condiciones existentes en suelos inundados son muy diferentes de aquella en suelos bien drenados. Parr, (1969), mencionado por Lucas y Knezek, (1983), puntualizó que en suelos altamente humectados la carencia de  $O_2$  promueve en primer término el crecimiento de microorganismos anaeróbicos facultativos y, en forma subsecuente, el de especies anaeróbicas obligatorias.

Contenido de carbonato de calcio. La actividad de fósforo en la solución del suelo, en los suelos alcalinos está gobernada por dos factores:

- 1.- Actividad de  $Ca^{++}$ .
- 2.- La cantidad y tamaño de las partículas de carbonatos de calcio libres en el suelo.

En los suelos que contienen carbonatos de calcio libre se disminuye la actividad del fósforo. Los iones de fosfato que entran en contacto con la fase sólida de carbonato de calcio son precipitados. En suelos calcareos, se forma con rapidez fosfato tricalcico  $Ca_3 (Po_4)^2$ , con el cual se reduce la obtenibilidad del fósforo del suelo. (Tisdale y Nelson, 1982).

Algunos trabajos realizados al respecto son los siguientes:

Vellachica, et. al.; (1974), llevó a cabo un estudio en suelos de la región tropical del Perú con pasto pangola (Digitaria decumbens.); en donde los suelos se caracterizan por presentar un bajo PH, un alto contenido de acidez extractable y bajas cantidades de fósforo disponible. Se recomendó la aplicación de cal a fin de precipitar el aluminio y aumentar la disponibilidad de fósforo; se observó que con la aplicación de cal se aumentó la disponibilidad de fósforo pero disminuyó la de algunos micronutrientes (Zinc, Fe.). Pero algunos resultados en Perú, indican que esta reducción en la disponibilidad de micronutrientes depende de la cantidad de cal que se haya aplicado y las características originales del suelo. Es decir, se encontró que el carbonato de calcio al suelo disminuyó en forma lineal la concentración foliar de Zinc y del hierro en el primer corte, en tanto que el segundo y tercer corte, los resultados variaron de acuerdo a la cantidad de cal, de fósforo y Zinc residual en el suelo. El nivel foliar de manganeso aumentó en los tres cortes, por efecto de cualquiera de las dosis de cal aplicadas al suelo.

Brow y Jones. (1975), Realizaron un estudio para evaluar la eficiencia del P relacionado con la ineficiencia de hierro en el Sorgo desarrollado en suelos salinos, el cual frecuentemente desarrolla síntomas de deficiencia de hierro. La susceptibilidad depende de la habilidad de la planta para afrontar un stress por fierro. Esta respuesta es adaptable y controlada genéticamente por medio de la liberación de iones  $H^+$  por las raíces. Esto hace que el hierro se vuelva disponible a la planta, pasando de la forma férrica a ferrosa ( $Fe^{+++}-Fe^{++}$ ). La acumulación de fosfato en respuesta a

deficiencia de Fe fue elevado como causas de clorosis por Fe en las 4 variedades de sorgo que difieren en la absorción de fosfato y en la susceptibilidad de clorosis por Fe.

Para reafirmar lo anterior Egmond y Aktas. (1977), realizaron un trabajo con el fin de evaluar el aspecto nutricional del Hierro en el balance ionico de las plantas. En aquellas plantas en las cuales excretaron cantidades relativamente bajas de iones hidrógeno, respondieron al stress férrico bajando el PH del medio nutritivo y disminuyendo la absorción de aniones, estas plantas pueden ser consideradas como eficientes en hierro en el caso contrario aquellas plantas que excretaron altas cantidades de iones hidroxilo y en el cual aumentó el PH en el medio nutritivo, pueden considerarse ineficientes en hierro. Los factores que contribuyen en la utilización eficiente de fierro son: exudación de  $H^+$  dentro de la raíz, reducción de  $Fe^{+++}$  a  $Fe^{++}$  en la superficie de la raíz, acumulación de citratos en la raíz para transportar el Fe como citrato de Fe y una concomitante disminución de fósforo en la raíz.

Karovin et. al.; (1982), estudio el efecto de la temperatura del suelo en los contenidos de varias formas de fósforo en plantas de papa y trigo, con temperaturas para la papa de 10-12°C, el Trigo a 6-10°C y ambos a temperaturas de 10-25°C. Con las bajas temperaturas en el suelo, se suprime la absorción de P y su inclusión en los compuestos orgánicos (nucleoproteínas principalmente), decrece la cantidad de compuestos orgánicos en las hojas. También decrece la toma y asimilación de fósforo en ciertos procesos del metabolismo de carbohidratos; rompe el metabolismo del nitrógeno y retarda el crecimiento de la planta.

Gross y Jung. (1981), realizó un trabajo para medir el efecto de la estación, temperatura, PH del suelo y fertilización con Magnesio, sobre los niveles de calcio y fósforo en la planta y su relación en pastos y leguminosas. La temperatura mínima fue de 1°C, los niveles de PH estuvieron entre 6 y 7, en combinación con 0 y 672 kg Mg/ha ( $MgSO_4$ ). Se encontraron los niveles más altos de calcio tanto en pastos como en leguminosas en lo último del otoño con temperaturas de 17 a 26°C. Los niveles de Ca y P decrecieron o aumentaron dependiendo de la especie. La diferencia en los niveles en pastos leguminosas fueron relacionadas a el aumento de saturación del porcentaje de Ca en el suelo (C.I.C) el cual varió marcadamente dependiendo de la especie. La saturación de Mg en el suelo (C.I.C.) aumentó de 13 a 22% más bajo que los niveles de calcio y la relación Ca: P de pastos y leguminosas respectivamente. Encontrándose una relación general de Ca: P de 8:1 para leguminosas y de 4:1 para las gramíneas.

En un estudio realizado por Merle y Batchelder. (1980), en el cual evaluaron los factores que influyen en el contenido de Mg en los forrajes de las planicies altas de Greenhouse. Encontraron que los niveles de Mg en el forraje aumentaron cuando el promedio de la temperatura del suelo aumentó de 16.6 a 22.7°C. La fertilización con sulfato de amonio no incrementó los niveles de Mg en el forraje.

Gross y Jung. (1978), efectuaron un trabajo para evaluar la concentración de K, Ca y Mg en especies forrajeras de origen templado y cómo son afectados por la temperatura y la fertilización de magnesio. En donde se encontró que la concentración de Mg fue mayor en otoño, la baja

relación  $K/(Ca+Mg)$  fueron obtenidas cuando los pastos fueron cosechados bajo temperaturas frías de otoño. Las plantas fueron insensibles a la fertilización con sulfato de magnesio.

Hanawalt y Zuzo. (1976), realizaron un estudio para determinar los patrones de distribución de los elementos en las plantas nativas, suelo y comparado con la altitud, de San Jacinto, California. Los suelos son más ácidos y contienen más materia orgánica a medida que hay mayor altitud, lo cual influye sobre la disponibilidad de estos nutrientes, además las concentraciones de Fe y Cu en hojas de plantas nativas decreció con la altitud.

### **Factores que afectan el contenido mineral de los vegetales.**

Las plantas proveen los principales minerales a los rumiantes en pastoreo. Las concentraciones de minerales en las plantas dependen de al menos cuatro factores básicos interdependientes:

- 1).- Diferencias genéticas, dadas por el género, especie o estirpe.
- 2).- Influencia del suelo y los fertilizantes.
- 3).- Influencia del clima, estación y etapa de maduración.

(Underwood, 1981).

La influencia real de estos factores en la concentración de un elemento mineral en los tejidos de los forrajes varía con los distintos minerales y por los tratamientos impuestos por el hombre en su esfuerzo por aumentar los rendimientos de las cosechas o los pastizales. Tales tratamientos incluyen, el uso de fertilizantes, las enmiendas del suelo y el agua para riego, así

como la reproducción y selección de las plantas para mayores rendimientos (Underwood, 1981).

Además se señalan otros factores que también afectan el contenido mineral además de los antes mencionados estos son: Prácticas de manejo o culturales, el progreso de crecimiento de la planta, y el pastoreo que beneficia por el regreso de nutrientes vía heces. (De Alba, 1971, Umoh *et al.*; 1982 y Fleming, 1970).

Diferencias genéticas. Las diferencias más consistentes y mejor conocidas en el contenido mineral de las plantas son las existentes entre las leguminosas y gramíneas (Cuadro 1), así las leguminosas son por lo general sustancialmente más ricas en N y Ca y un porcentaje menor en K que las gramíneas en todas las etapas de crecimiento y bajo condiciones ambientales similares. (Underwood, 1981 y Foth, 1985).

**Cuadro 1.- Composición medida de gramíneas y leguminosas.**

Planta	Composición		Porcentual	
	N	K	Ca	Mg
Leguminosa	2.38	1.13	1.47	.38
Gramíneas	.99	1.54	.33	.21

(Datos Snider, 1946 citado por Foth, 1985).

Underwood, (1981), además señala que otros elementos minerales, principalmente Mg, Fe, Cu, Zn, Co y Ni, son más abundantemente en

leguminosas que en gramíneas mientras que gramíneas forrajeras y cereales, por el contrario suelen poseer concentraciones mayores de manganeso y molibdeno, y particularmente de Selenio, que las leguminosas desarrolladas en condiciones similares.

Algunos trabajos realizados que afirman lo anterior se mencionan a continuación.

Smith et. al.: (1974), hicieron un estudio donde probaron 3 leguminosas y 4 gramíneas, cultivadas en el mismo suelo, y cosechadas al principio de la floración. Encontrándose que la leguminosa Trifolium pratense fue la más alta en Mg y Cu, con parada con Medicago sativa y Onobrychis sativa fue la más alta en fósforo. En cuanto a las gramíneas Dactylis glomerata tuvo mayor concentración de P. Las leguminosas contienen concentraciones más altas en Ca y Mg que las gramíneas. Otros resultados obtenidos en el estudio se pueden observar en el cuadro 2.

**Cuadro 2.- Concentración de elementos minerales en tres leguminosas y cuatro gramíneas cosechadas en la primera floración.**

Especies	Cenizas	% en base seca						ppm	
		P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn
<b>LEGUMINOSAS</b>									
<u>Medicago sativa</u>	5.8	21	1.9	1.5	.40	.06	115	8	20
<u>Trifolium pratense</u>	6.2	22	2.4	2.4	.50	.02	146	15	29
<u>Onobrychis sativa</u>	5.3	28	2.1	2.1	.30	.02	158	7	26
<b>GRAMINEAS</b>									
<u>Bromus inermis</u>	6.5	.17	2.4	.20	.10	.01	40	3	11
<u>Phelum pratense</u>	5.5	.15	2.4	.20	.10	.01	49	1	14
<u>Dactylis glomerata</u>	7.7	21	2.6	.10	.10	.02	35	1	14
<u>Phalaris arundinacea</u>	8.7	20	2.5	.20	.20	.01	44	2	18

(Fuente: Smith et. al. ; 1974).

Además Tood. (1970), menciona que las leguminosas contienen concentraciones más altas de minerales que los pastos particularmente Ca, P y Mg. Thomas et. al.: (1952, mencionado por Tood, 1970), encontró que el promedio de cenizas en la materia seca de leguminosas fue de 8.8% contra 4.8% encontrada en los pastos. Además menciona que la diferencia más marcada entre leguminosas y gramíneas son el contenido de Ca más alto en leguminosas.

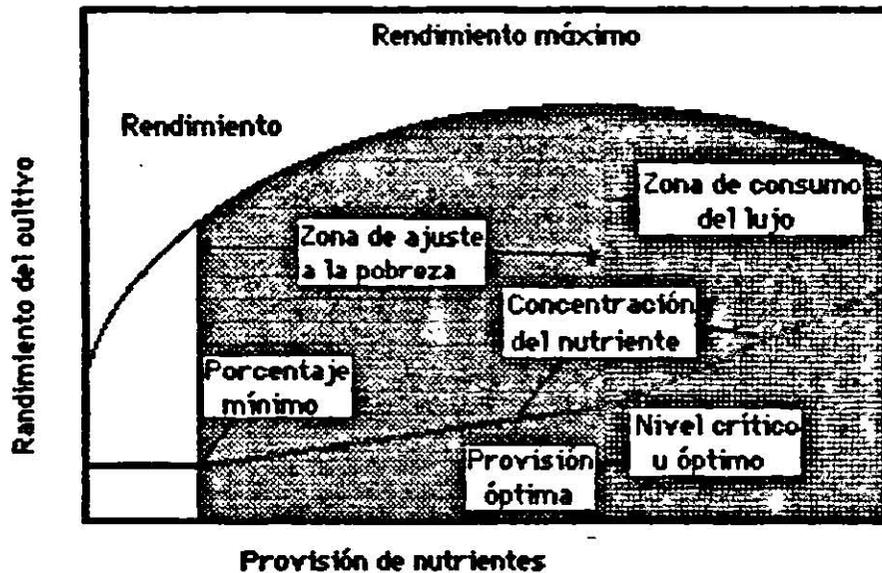
Para reafirmar las diferencias existentes en el contenido mineral entre especies. Khalil et. al.: (1986), realizaron un estudio en Arabia Saudita donde evalúa seis especies de Atriplex encontrando que las cenizas fluctuaron entre 18.5 y 17.5%. Siendo Atriplex canenses la menor y A. undulata la mayor en porcentaje de cenizas. El nivel de Sodio fue extremadamente bajo (.21% en A. canenses) comparada con el de las otras especies (2.48 a 3.54%). El contenido de Ca fue significativamente mayor en A. vesicarea (2.48%) que en las especies restantes (1.12 a 1.50%) variaciones de P, Fe, Zn, Cu y Mn fueron menores.

Para ver las diferencias entre especies Beeson et. al.: (1947), citado por Underwood. (1981), evaluó 17 especies de gramíneas de América del Norte, cultivadas juntas en un suelo de arcilla arenosa y tomadas las muestras en una etapa similar de crecimiento, la concentración de cobalto oscilo desde .05 a 14 ppm, la de cobre desde 4.5 hasta 21.1 ppm y la del manganeso desde 96 hasta 815 ppm.

Yepes. (1975), estudiando 5 pastos y una leguminosa tropical encontraron que las gramíneas tuvieron un bajo contenido de proteína cruda (P.C.) y fósforo pero suficiente calcio y las leguminosas presentaron contenidos más altos de P.C, Ca y P y más bajos en fibra cruda que las gramíneas.

Influencia del suelo y los fertilizantes. Un aumento en la cantidad de un nutriente del suelo que está disponible o es fácilmente soluble puede o no causar un incremento en el porcentaje de ese nutriente en la planta, que depende del grado en que incremente el crecimiento total de la planta. A ese respecto hay varias posibilidades si el nutriente se encuentra en provisión limitada y el desarrollo de la planta está limitado por él, la adición de ese nutriente probablemente conducirá a que haya un gran aumento en la cantidad absorbida del mismo. Con ello puede ocurrir un incremento correspondiente grande en el desarrollo de la planta, de tal suerte que la composición porcentual, queda igual, como se muestra en el extremo izquierdo de la figura .1 . En la zona de ajuste de pobreza (Fig. 1) puede ocurrir un incremento simultáneo en desarrollo y concentración o composición porcentual del nutriente. Con el aumento de la provisión del nutriente finalmente se llega a un punto donde se obtiene el rendimiento máximo y los incrementos posteriores en la cantidad del nutriente pueden reducir el rendimiento. Sin embargo las plantas continúan absorbiendo nutrientes y se efectúa en ellos un marcado aumento de la concentración del nutriente. Ese es el grado de consumo de lujo se muestra en la figura .1. (Foth, 1985).

Figura 1.- Gráfica esquemática de la manera en que la concentración de nutrientes y el rendimiento del cultivo varían con la provisión de nutrientes.



(Fuente: Brown, 1970, mencionado por Foth, 1985)

Sin embargo, la disponibilidad de los nutrientes es determinado como ya se mencionó en el capítulo 4 por factores tales como el PH, textura, temperatura y humedad, potencial de óxido reducción, materia orgánica, los cuales muchas veces son a menudo más limitante que el contenido en el suelo.

Para Underwood. (1981), los dos métodos principalmente para modificar la composición mineral del pienso y forrajes son:

a) La aplicación de fertilizantes y b) El empleo de enmiendas al suelo, tales como cal o azúfre que pueden elevar o reducir respectivamente el PH del suelo y cambiar así la disponibilidad de unos determinados nutrientes para las plantas en lugar de su contenido total.

Estudios llevados hasta la observación de aumentos de pesos de animales han demostrado que el valor biológico de los forrajes es influido por el suelo, sobre todo en ciertas especies. Así lo podemos observar en el cuadro 3. En el que se comparan variaciones en contenido de proteína, calcio y fósforo de dos forrajes distintos en algunos suelos de Wisconsin y variaciones encontradas en la composición del pasto para en Venezuela.

**Cuadro 3.- Promedios de composición de forrajes en diferentes suelos de Wisconsin\* y Venezuela†**

FORRAJE	LOCALIDAD	SUELO	P.C.	Ca	P
Alfalfa	Wisconsin	Limo (rico)	22.7	1.61	.342
Alfalfa	Wisconsin	Limo (mediano)	19.9	1.25	.278
Alfalfa	Wisconsin	Limo (deficiente)	16.7	1.18	.248
<u>Bromus inermis</u>	Wisconsin	Limo (rico)	13.9	.47	.321
<u>Bromus inermis</u>	Wisconsin	Limo (mediano)	11.9	.36	.248
Para	Venezuela	Arcilla + Estiercol	14.4	.60	.284
Para	Venezuela	Arcilla	9.6	.52	—
Para	Venezuela	Gris laterito	6.2	.62	.217
Para	Venezuela	Rojo laterito	2.8	.44	.099

(Fuentes: \*Lovuorn y Woodhouse, 1953 y † Iljin, 1955 citado por De Alba, 1971).

En donde se observa que la alfalfa, salvo variaciones debidas al estado de crecimiento, mantienen una composición muy estable. El pasto para, por el contrario presentó variaciones enormes. (Lovuorn y Woodhouse, 1953 Iljin, 1955, citados por De Alba, 1971).

Según Underwood. (1981), deben de reconocerse grandes diferencias entre las necesidades minerales para el crecimiento de las plantas y las correspondientes a los animales que se alimentan con dichas plantas. Así tenemos que las necesidades de I, Se y Co son mucho menos necesarias para las plantas que para los animales. En consecuencia los tratamientos precisos son aquellos que elevan las concentraciones de dichos elementos en los forrajes hasta una cuantía que resulte satisfactoria para los animales, sin tener en cuenta los rendimientos del forraje. Así tenemos que con el Mg son precisas aplicaciones elevadas de este elemento al forraje, para que cubra las altas necesidades de Mg de las vacas al comienzo de la lactancia. Estas aplicaciones no suelen influir en el rendimiento de los forrajes, la posición del K y Mn es algo diferente, ya que pastos fertilizados y no generalmente las cantidades presentes son idóneas para las necesidades de los animales que consumen dichos pastos. La situación con respecto al P, Cu y Mo es compleja, ya que las aplicaciones de los fosfatos al suelo que son suficientes para conseguir rendimientos máximos de pastos no se traducen necesariamente en la producción de forrajes suficientemente ricos en P para cubrir las necesidades de los animales en todo momento, especialmente si es prolongado el período de letargo en que permanecen las plantas después de la caída de las semillas.

Algunos trabajos realizados sobre fertilización y su influencia en la concentración mineral de la planta se dan a continuación.

Everitt y Gausman. (1986), condujeron un estudio en el Suroeste de Texas para determinar el efecto del N. inorgánico y el fósforo, fertilizados

sobre el contenido de fósforo de 5 especies de Bromus sp las cuales fueron colectadas y analizadas para P en 5 fechas: Mayo, Septiembre y Diciembre de 1981 y Mayo y Octubre de 1982. Encontrándose que ni el P ni el N, influenciaron en el contenido de Fósforo, lo cual indicó que las deficiencias de P en plantas de las especies de Bromus pueden no ser solucionadas con la fertilización de fósforo.

Rosero et. al.; (1980), estudiaron dos forrajes Dactylis glomerata y Festuca arundinacea, los cuales fueron fertilizados con 2 niveles de Nitrógeno en dos estadios de madurez los cuales fueron dados como alimento a 16 carneros castrados en dos ensayos metabólicos. En el cual se encontró que la retención de Mg fue significativamente menor en los estadios tempranos de maduración. La fertilización disminuyó el ingreso de Mg, expresado como porcentaje aparente de absorción y balance de Mg. Los estadios tempranos de madurez de estos dos forrajes dieron un contenido de N más alto y K más bajo. Los animales alimentados con Dactylis glomerata tuvieron una retención de Ca mayor que los alimentos con Festuca arundinacea.

Reynolds y Wall. (1982), efectuaron para examinar los efectos de Mg NPK y fertilización con N, en el Mg y otros elementos importantes en Festuca arundinacea adulta (la cual es implicada de la Tetanía de los pastos en el Oeste de E.U.A.), cultivada en suelo con contenido de Mg ligeramente alto. Estas fueron fertilizadas durante dos años consecutivos en el mes de Agosto con sulfato de Magnesio y una fertilización completa NPK. El forraje fue cosechado cinco veces durante la estación de crecimiento. Los niveles

de Mg del terreno aumentaron la fertilización con Mg no fueron afectados con la fertilización de N o con NPK. La temperatura durante el período de crecimiento tuvo una influencia mayor en el Mg del forraje que los tratamientos de fertilización del suelo.

Halvorson y White. (1981), estudiaron los efectos de la fertilización nitrogenada en la estacionalidad de Ca, Mg, P y los niveles de K de Agropyron smithii y Stipa viridula. Se encontró que la fertilización aumentó los niveles generales de Ca, Mg y K y tuvo poco efecto en los niveles de P en el forraje. Excepto el P y K, los niveles de los otros nutrientes aumentaron conforme a la estación de Abril a Octubre. La estación de desarrollo tuvo mayor efecto que la fertilización con N. Por lo que la suplementación de Mg y P debe ser requerida. El tiempo de cosecha y el desarrollo de vástagos florales y vegetativos influyen grandemente en la concentración de K, P, Mg y Ca en el forraje.

Influencia del clima, estación y etapa de maduración en el contenido mineral de los forrajes. La maduración de los vegetales se debe en parte a respuestas derivadas de factores internos inherentes a su caudal genético y en parte, en respuesta a factores externos, principalmente clima y estación que pueden ser modificados mediante irrigación y prácticas de manejo.

Donde el contenido de los minerales en el forraje es marginal con respecto a las necesidades de los animales, los cambios en las concentraciones provocadas por influencias climáticas o estacionales y por la maduración de los vegetales y la caída de las semillas pueden ser

factores importantes en la incidencia o gravedad de las situaciones de deficiencias en el ganado que depende total o en gran parte de dichos vegetales.

Así tenemos que los contenidos de fósforo y potasio aunque no los de calcio, descienden apreciablemente según avanza la maduración de cereales y forrajes. También descienden las concentraciones de Mg, Ni, Mo y Fe, aunque raras veces en la misma intensidad que el P y el K, mientras que las concentraciones de silicio suelen aumentar cuando maduran los vegetales. (Underwood, 1981).

Para Kilcher. (1981), el valor del contenido nutritivo se disminuye con el semillado. Todos los tipos de plantas muestran esta regresión en el valor nutritivo. La situación es más agravada por el incremento de la lignina y otras propiedades fibrosas; esto se presenta al avanzar el estado de desarrollo de la planta. Estos factores pueden influir una combinación de los siguientes: Tipo de planta, clima, estación, tiempo, tipo de suelo, fertilidad, humedad del suelo, relación, tallo-hojas y puede variar con anuales vs. perennes, pastos vs. leguminosas y características físicas y morfológicas. La mayoría de los minerales decaen con el avance del desarrollo de la planta incluyendo Ca, K, Zn, Cu y P. El fósforo es casi un acontecimiento universal en la maduración de los pastos pocos cumplen los niveles adecuados de la NRC. (1975) (.17 a .27%).

Rauzi et. al.; (1969), llevaron a cabo un estudio en Cheyene, Wyoming, en donde evaluaron los contenidos de minerales y proteína cruda en Bouteloua gracilis y Agropyron smithii, encontraron que estos eran

influenciados por el estado de maduración y precipitación; estos declinaron en los dos pastos en estado de maduración, los contenidos de P y Cu estuvieron por debajo de los requerimientos establecidos por el NRC para ovinos. Los niveles de Ca, Mn, Mg y Fe fueron suficientes en toda la época de pastoreo.

Rauzi. (1975), en un estudio similar en la misma zona; determinó la producción estacional y composición química de Agropyron desertorum; donde se encontró que los niveles de minerales fueron influenciados por el desarrollo fenológico y la distribución de la precipitación en primavera. La concentración de minerales declinó con la maduración. También se verificó que la absorción de Ca, por acre para el Agropyron desertorum fue más alto en la primavera lluviosa, pero la concentración por unidad de materia seca de Ca fue más alta en la primavera seca. La concentraciones de Ca y K del forraje varió significativamente con los años, pero no los del fósforo como se puede ver en el cuadro 4.

**Cuadro 4.- Concentraciones de Ca, P y K (%) en Agropyron desertorum en cinco etapas fenológicas y el promedio de las fechas de cosechas durante tres años.**

Constituyente	Inicio de crecimiento vegetativo	Inicio de floración	Inicio de Emergencia de semillas	Planta totalmente en floración
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Calcio	.37	.35	.29	.23
Fósforo	.26	.22	.22	.19
Potasio	2.07	1.95	1.79	1.35

(Fuente: Rauzi, 1975).

Everitt *et. al.*; (1982), llevaron a cabo un estudio sobre la composición química de un pastizal nativo desarrollado en suelos salinos de las planicies del sur de Texas, en el cual se estudiaron 6 especies de pastos nativos en las estaciones de crecimiento de 1976 y 1977, en dos sitios de pastizal ambos con suelos salinos. Los niveles de P.C., P y K fueron los más altos después de períodos normales de lluvia, al final de la primavera y principio de otoño y decrecieron al final del otoño y todo el invierno por estar el pasto en letargo. Los niveles de calcio y magnesio permanecieron relativamente estable a través de la estación de crecimiento y mostraron poca relación a la precipitación. Los contenidos de magnesio oscilaron de .07 a .17%; excepto por un ligero decremento en varias especies durante el otoño.

Fudge y Fraps. (1944, citado por López, 1973) estudiaron el contenido de fósforo de los agostaderos de E.U.A. y observaron una fluctuación de los valores de fósforo debido a la estación del año; así mismo, encontraron este mineral deficiente en el 59% de las muestras de forraje verde y en un 96% de los forrajes maduros, aplicando los requisitos para bovinos de carne. Los valores considerados como deficientes fueron de .15%.

González y Ochoa. (1982), estudiaron la reducción de nutrientes en los pastizales de Chihuahua durante los meses de sequía el cual tuvo como objetivo evaluar las pérdidas de fósforo que sufren los pastos nativos, del estado verde (verano) al estado seco (invierno). Los cambios en los zacates, en el contenido de fósforo del verano al invierno y la magnitud de esos cambios se muestran en el cuadro 5. Las necesidades de fósforo establecidas por el NRC. (1963), expresadas como por ciento de la ración, son las siguientes: vacas preñadas .15%, vacas en lactancia .18%, becerros destetados .21%. Según puede observarse en el cuadro 5, ninguno de los

zacates analizados pueden cumplir con esos requerimientos aún durante la época de crecimiento del verano.

**Cuadro 5.- Cambios en el contenido de fósforo en zacates perennes nativos de Chihuahua, de verano (período de crecimiento) e invierno (período de sequía). Promedios de análisis numeral de los años, 1959 a 1961.**

Sitio	Zacate	Fósforo <sup>1</sup>		% Equivalente <sup>2</sup>
		Verano %	Invierno %	Diferencia
1.- Sta. Clara	<u>Bouteloua gracilis</u>	.104	.042	59.6
2.- Sierra La Campana	<u>Setaria macrostachya</u>	.062	.050	19.3
	<u>Bouteloua hirsuta</u>	.060	.034	43.3
	<u>Leptochloa dubia</u>	.110	.049	55.4
	<u>Adropogon barbinoides</u>	.081	.042	48.1
3.- Plan Las Campanas	<u>Bouteloua gracilis</u>	.086	.032	62.8
	<u>Bouteloua curtipendula</u>	.062	.042	32.2
	<u>Bouteloua eriopoda</u>	.063	.043	31.7
	<u>Trichachne californica</u>	.073	.048	34.2
	<u>Aristida pensa</u>	.056	.050	36.7
4.- Bajío La Campana	<u>Sporobolus airoides</u>	.073	.054	26.0
	<u>Eragrostis obtusiflora</u>	.100	.051	49.0
	<u>Panicum obtusum</u>	.100	.051	49.0
	<u>Bouteloua gracilis</u>	.103	.030	70.9
5.- Los Pozos	<u>Hilaria mutica</u>	.109	.061	44.0

<sup>1</sup> Base seca.

<sup>2</sup> Diferencia entre verano e invierno, tomando en contenido de verano como 100%.

(Fuente: González y Ochoa, 1982).

Munshower y Newman. (1978), llevaron a cabo un estudio de 5 pastos nativos, de las grandes planicies del Noreste de Montana, donde se encontró que los niveles de Ca, Mg, Fe y Zn estuvieron en un nivel óptimo para la preferencia del ganado en pastoreo. Las concentraciones de Cu y Zn estuvieron por debajo de los requerimientos establecidos por el NRC. (1975). La concentración de estos dos elementos fue generalmente mayor en las muestras de primavera y decreció a través del verano y otoño. La variación año tras año fue poca en las muestras de los pastos de primavera para ambos elementos pero las muestras en verano y otoño revelaron amplias fluctuaciones en los niveles de los elementos, por lo tanto es requerida la suplementación de Cu y Zn en la estación fría para mantener en condiciones al ganado en pastoreo.

Busso y Brevedan. (1981), estudiaron a Eragrostis curvula, la cual fue cultivada en un suelo arenoso y profundo de la región semiárida de Argentina. Todas las muestras fueron divididas en sus muestras de partes vivas y muertas de la planta. Los análisis de N, P, K, Ca y Mg de todas las submuestras fueron acondicionadas para determinar el contenido nutritivo de la planta, así como su distribución dentro de ella. Los niveles de N, P y K fueron altos en las porciones terminales de la planta y al inicio de la primavera: 1.85, .32 y .99% respectivamente. Estas declinaron a través de las estaciones. La concentración de calcio permaneció aproximadamente igual a lo largo del año (.20%). La concentración de Mg varió de .18 a .10%. Los niveles de los nutrientes fueron más altos en las partes del tejido vegetal vivo. También se observó que el N, P, K, Ca y Mg fue más elevado en la raíz que en la corona a través de las estaciones, esta a su vez declinó con la profundidad.

Redy et. al.; (1981), estudiaron los cambios estacionales en Trifolium subterraneum, Valpia sp., Lolium perenne y Arctotheca calendula desarrollados en suelos podozol laterita del Sur de Australia los cuales fueron medidos en estudios de campo. El efecto de la variación de la temperatura y el contenido de agua sobre la concentración de Cu, Mo y S fueron fuertemente estudiados en Trifolium subterraneum en invernadero. En donde se encontró que el Mo, tendió a permanecer constante a través de la estación, pero el Cu y S declinaron del otoño a primavera. La disminución fue menos rápida en Trifolium subterraneum. Al aumentar la temperatura de 12 a 22°C aumentó la producción de materia seca e igualmente la concentración de Cu y Mo en Trifolium subterraneum, aumentando el contenido de humedad en el suelo, aumentó ligeramente el contenido de Mo, pero no tuvo efecto sobre Cu y S.

Hamilton y Gilbert. (1971), estudiaron 7 forrajes nativos y 4 forrajes introducidos de trebol (Trifolium sp) las cuales fueron colectadas en áreas ampliamente dispersas de Wyoming y sureste de Montana. La mayoría de las muestras fueron colectadas en el estado de floración durante dos estaciones sucesivas de crecimiento. Se encontró que los niveles de calcio estuvieron bastante altos y extremadamente variables en un rango de 1.12 a 5.74%. Las concentraciones de Mg estuvieron totalmente variables con un rango de 1.22 a .97%. El Co varió entre .09 a 1.75 ppm. El contenido de Cu varió de 7 a 49.5 ppm. La variación de Fe estuvo entre 222 a 3,329 ppm. Todos los elementos estuvieron altos y cubren las necesidades nutritivas para el consumo de ganado.

La composición química de el forraje varía según la parte de la planta ya que durante el crecimiento de la planta, la translocación de muchos nutrientes y alimento es un proceso continuo y los diferentes órganos tienen distintas prioridades para los materiales. La producción de frutos o semillas tienen la prioridad más alta y por ello es natural que los nutrientes acumulados en las partes vegetativas sean trasladados y usados después en la producción de las semillas. Por esta razón las semillas de las plantas tienden a tener una composición similar aún cuando se cultiven en condiciones muy diferentes, mientras que la composición de las partes vegetativas pueden variar grandemente. (Foth, 1985).

Esto se ilustra con el trabajo de Kalmbacher. (1983), el cual estudió la distribución de la M.S y los constituyentes químicos en las partes de la planta de 4 pastos nativos de Florida. Ya que el uso de muestras de plantas enteras para estimar el potencial nutritivo de los forrajes puede ser incorrecto debido al pastoreo selectivo que ejerce el animal. Las concentraciones de P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu y Zn fueron determinadas en forma individual en hojas inferiores y superiores nudos y entrenudos, e inflorecencias; en el estado de anthesis de maduración. Se encontró que de una forma progresiva de abajo hacia arriba de la planta, las concentraciones de las hojas tiernas, nudos y entrenudos aumenta. Los requerimientos nutricionales para el ganado no se cubrieron para P, Mg y Cu en los cuatro pastos. Mientras aparentemente son adecuados los niveles de Fe, Mn y Zn podría ser suficiente para cada parte. Las hojas e inflorecencias tuvieron concentraciones adecuadas de Ca para vacas secas y preñadas. (NRC, 1975).

Uresk y Cline. (1976), estudiaron los tejidos vivos y muertos de Agropyron spicatum, Poa cysickii y Stipa thurberiana en el Sur-Central de Washington, las cuales fueron analizadas químicamente; además el área de muestreo se sometió a un con o sin control de pastoreo por dos años consecutivos. Se encontró que no se afectó el contenido mineral de estos pastos al aumentar la presión de pastoreo. No fueron detectados cambios para S, Ca, Na, Mn, Cu y Zn, pero los contenidos de cenizas fueron significativamente más bajos en los tejidos vivos. Las partes de los tejidos vivos de los pastos fueron más altas en composición mineral que los tejidos ya maduros, esto se muestra en el cuadro 6.

**Cuadro 6.- Promedio de la composición mineral de tres pastos perennes para tejidos vivos y muertos en la reserva ecológica de las tierras áridas del Sur-Central de Washington.**

Análisis Mineral	<u>Agropyron spicatum</u>		<u>Poa cysickii</u>		<u>Stipa thurberiana</u>	
	Vivo	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo	Muerto
Cenizas (%)	9.00	15	14	20	11	21
Fósforo (%)	0.14	0.10	0.23	0.13	0.17	—
Calcio (%)	0.39	0.30	0.81	0.43	0.50	—
Magnesio (%)	0.10	0.07	0.24	0.10	0.12	0.12
Cobre (ppm)	2	3	4	7	11	21

(Fuente: Uresk y Cline, 1976).

Clifton y Lambert. (1972), estudiaron en el trigo la composición química de los minerales traza en el Norte de Nevada encontrando que era alto en Co y bajo en Cu y Zn, el cual es un patrón atípico de minerales traza.

El Mn y el Zn fueron más altos en semilla que en el follaje, pero esta diferencia no fue encontrada para Co, Fe y Cu. En el transcurso del desarrollo de la planta no influyó en la composición micronutritiva en el trigo. La concentración de Cu y Zn fueron encontrados deficientes para la nutrición de los bovinos y demasiada concentración de Zn podría ser deficiente para el desarrollo de la planta.

Rauzi. (1980), estudió en Cheyene, las hojas y flores de Leucocrinum montanum, la cual fue colectada separadamente entre mayo 12 y 17 de 1976, 1977 y 1978. Se encontró que el promedio de P.C. de hojas y flores fueron 22.1 y 12.4 respectivamente. La concentración de minerales de Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, y Zn en hojas y flores fueron adecuados para la nutrición del ganado y no diferió grandemente excepto el contenido de Ca y K en el cual las hojas fueron más altas que las flores. La gran diferencia en los niveles de proteínas en las flores y hojas puede ser un factor importante en la selectividad del pastoreo de estas partes por el ganado.

La acumulación de nutrientes se efectúa con tasa mayor que el peso de la planta cuando esta es joven, mientras que ocurre lo inverso cuando la planta se acerca a la madurez. Ello ocasiona una declinación en el contenido de nutrientes con el avance de la edad de la planta. (Foth, 1985).

Gomide et al.: (1969), llevó a cabo un estudio en Brasil con pastos en suelos arenosos el cual bajo condiciones normales no recibe fertilizantes. Se encontró una disminución significativa en P, K, P, Mg, Cu, y Fe con el aumento de la edad de los pastos de 4 a 36 semanas. El contenido promedio de K de todos los pastos a las 4 semanas de edad fue de 1.42% mientras que a las 36 semanas fue de .30%. El promedio de P en todas las

plantas fue .26% a las 4 semanas y de .12% a las 36 semanas la fertilización de N no tuvo ningún efecto en los minerales estudiados, con excepción del Mn el cual aumentó.

Nordfelt. (1955) y NRC. (1951), citados por De Alba. (1971), nos muestran un trabajo con dos gramíneas tropicales, una leguminosa y una gramínea de tierras templadas, el cual se muestra en el cuadro 7. En la cual se desprende que uno de los factores más importante que influyen en la composición de un pasto es su edad, esta es reflejo de la rapidez de crecimiento, la cual a mayor rapidez de crecimiento, mayor cantidad de proteínas y menor de fibra.

#### **Cuadro 7.- Variaciones en composición de una especie de forraje.**

**Todos los valores en base seca.**

	Proteína Cruda (%)	Fibra Cruda (%)
<b>Guinea:</b>		
época de lluvias	13.3	34.1
durante sequía	8.1	35.9
tierno, mucha hoja	13.1	25.8
macizo, mucho tallo	4.5	39.7
<b>Napier:</b>		
de 6 semanas	9.7	29.2
de 8 semanas	7.4	34.3
de 10 semanas	6.8	33.6
de 12 semanas	4.4	38.4
de 14 semanas	4.4	36.6
de 15 semanas	4.5	40.0
<b>Trébol ladino:</b>		
tierno deshidratado art.	26.1	14.7
principio flor seco sombra	22.5	19.5
poca flor deshidratado art	23.4	16.4
tierno, secado al sol	19.6	23.0
<b>Pasto Azul: (<i>Poa pratensis</i>)</b>		
heno, corte tierno	16.9	26.9
heno, corte a media floración	10.6	31.7
heno, corta a floración completa	8.9	32.5

Datos de Guinea tomados de Agric. Branch (Queensland) 1955, del Napier de Nordfelt, et. al.; 1951, de forrajes templados de NRC. 1964, mencionado por De Alba. 1971.

Kalmbacher y Martin. (1981), llevaron a cabo un trabajo en Florida, para determinar el contenido mineral de Schizachyrium stoloniferum, y como es afectado por el tiempo de corte. El pasto fue cortado a 10 y 20 cm. de altura con intervalo de 70 días en el período de Junio a Octubre de 1976, Agosto a Diciembre de 1976 y Octubre a Febrero de 1977. La altura del corte no tuvo efecto significativo en el contenido mineral. El tiempo de crecimiento tuvo una influencia en los contenidos de P, K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu. Cuando se compara con los requerimientos de NRC para vacas adultas y secas. Las muestras de la planta entera de S. stoloniferum fueron deficientes en K, P, Zn y Cu y la relación Ca:P puede ser adecuada para una nutrición suficiente.

Yepes. (1975), estudiando 5 pastos y una leguminosa tropical en Cuba, a las cuales se les hicieron cortes frecuentes e infrecuentes, altos o bajos durante el invierno y el verano. En general, las gramíneas tuvieron un bajo contenido de P.C. y P pero suficiente Ca. En invierno las plantas presentaron contenidos más altos de M.S., P.C. y Ca y más bajos en fibras y P que en verano. Las leguminosas presentaron contenidos más altos de P.C., Ca y P y más bajos de fibra que las gramíneas. Se encontró que la altura y frecuencia de corte no afectó la composición química de los forrajes en estudio.

Según De Alba. (1971), el tamaño o edad de la planta afecta su valor nutritivo, también por sus efectos sobre la lignificación de la fibra: a mayor madurez mayor cantidad de lignina. Esta es la parte menos digerible de la fibra y que también impide la buena digestión de todos los nutrientes.

Para esto Jung et. al.; (1984), efectuaron un trabajo sobre el valor nutritivo de dos pastos de heno de temporada seca, (Switchgrass y Bluestenbig) recolectados en diferentes fechas de muestreo, durante dos años. Estos dos pastos fueron dados ad libitum a vacas de carne y borregas. Se determinó la digestibilidad de M.S., fibra neutro-detergente y proteína cruda. La composición del heno presentó valores altos de NDF (67.6 a 83.8%) y concentraciones bajas en P.C. (4.8 a 3.6%) y ciertos elementos (P, S y Zn). La digestibilidad en el ganado y borregas decayó con el avance de la madurez de los pastos. La toma y utilización de los minerales decreció con el nivel de maduración, sin efectos de cultivo o lugar. La toma y utilización de minerales fue asociada con la digestibilidad de la materia seca en vacas y borregas encontrándose correlaciones de .80 y .62 respectivamente. El ganado tuvo retenciones positivas de Ca, P y Mg con los pastos de vegetación tardía, encontrándose valores negativos insignificantes para el Ca y P, las borregas quedaron en un balance positivo de P y Mg en todos los estadios del pasto, con retención negativa de Ca en los estadios tempranos

Según Umolt, et. al.; (1982), el contenido mineral varía ampliamente, ya que hay muchos factores que influyen en los minerales entre estos están: estacionales, del suelo, y prácticas de manejo o culturales que a continuación vamos a describir.

Las prácticas de manejo, como la quema afectan grandemente el estado mineral del forraje. El método de quema ha sido utilizado para incrementar la proteína y los coeficientes de digestibilidad de materia seca y fibra cruda. Se cree que la quema también beneficia el crecimiento de la planta, incrementando materia orgánica, elementos minerales y nitrógeno

en el suelo. La práctica difusa de la quema al final del invierno incrementa las proteínas y el fósforo en el nuevo desarrollo pero el beneficio solo dura hasta Mayo cuando el estado de las hojas jóvenes termina.

Umolt et al. (1982), realizó un trabajo para determinar los efectos de la quema sobre el contenido mineral de *Andropogon gerardii* en las colinas de Flint. Se calculó mensualmente entre 1975 y 1976. Se encontró que el Mg, K y Mn, fueron adecuados para la función óptima del ganado durante la primavera y el verano, pero ese Mg y K fueron bajos al final del otoño e invierno. La concentración de Ca, Fe y Zn en la primavera fue superior durante todo el año que los requerimientos nutricionales establecidos. La quema disminuyó significativamente el P y Fe, y aumentó el Mg. Los niveles bajos de P y K durante el otoño e invierno no afectaron la función animal. Los resultados obtenidos en este trabajo se muestran en el cuadro 8.

**Cuadro 8.- Media del contenido mineral del pastizal por el efecto de la quema y no quema en el forraje en dos tratamientos**

NUTRIENTES	NO QUEMA	QUEMA
Calcio (%)	.554	.494
Fósforo (%)	.091	.740
Magnesio (%)	.097	.120
Sodio (%)	.012	.009
Potasio (%)	.608	.601
Fierro (mg/kg)	.327	.285
Cobre (mg/kg)	.005	.005
Manganeso (mg/kg)	.041	.045
Zinc (mg/kg)	.033	.032

(Fuente: Umolt et al.; 1982).

También Ledbosckojó *et. al.*: (1980), condujo un estudio en las planicies del este de Colombia, para determinar el nivel mineral de los pastos nativos. La muestra de pasto recolectada, indicaron que después que el pasto era quemado, los niveles de N, P, Na, Mn y Co ( $P < .01$ ) y Cu y K ( $P < .05$ ) fueron mayores en la temporada seca que en la temporada de lluvias. Los niveles de Ca y Mg en las muestras de los pastos, eran mayores en la temporada de lluvias tempranas, mientras que el nivel de Zn era menor en la temporada de lluvias tardía. Los niveles de Mo y la digestibilidad *in vitro* de las muestras del pasto no eran influenciadas por las temporadas, pareció ser, que la cantidad de P y Na en algunas ocasiones Ca y Cu están insuficientes para la producción óptima del ganado de carne en el área de las planicies colombianas.

### **Problemas de deficiencia y/o toxicidad de los minerales en los forrajes.**

McDowell *et. al.*: (1977), hicieron una recopilación de la composición de los forrajes latinoamericanos, la cual contenía datos de 3,390 alimentos. De este total el 85% fue diferente al de los Estados Unidos y Canada. casi el 77% (2,615) fueron forrajes. Aproximadamente el 25% tanto de los forrajes latinoamericanos, de los Estados Unidos y Canada contenían 7% de proteína cruda o menos. Los forrajes latinoamericanos tendieron a tener una alta concentración de ceniza y fibra cruda, pero una menor concentración de extracto libre de nitrógeno que los forrajes de Estados Unidos y Canada. De los forrajes casi el 75% del fósforo y el 31% del calcio fueron del 3% o menos lo cual puede deberse a deficiencias de estos elementos. Los niveles deficientes de ciertos elementos fueron reportados

por muchos países: P, 73%; Co, 43%; Cu, 47%; Mg, 35%; Na, 60% y Zn, 75%. Las deficiencias de Fe, Mn y K o la toxicidad de Mo no son de esperarse. De lo que se concluye que las deficiencias y los excesos de minerales son los principales limitantes de la producción y la reproducción del ganado bovino en pastoreo en América Latina.

Según Fresnillo. (1986), la deficiencia más ampliamente distribuida en América Latina en ganado en pastoreo es la del fósforo. Las deficiencias de calcio son raras en condiciones de pastoreo. También son posibles las deficiencias de cobre y cobalto. Se encuentran insuficiencias de magnesio, sodio, yodo, selenio y zinc y también fueron detectadas toxicidades de molibdeno, selenio y fluor.

Fresnillo. (1986), cita que de experimentos realizados en Coahuila, Nuevo León particularmente y Tamaulipas se tienen las siguientes conclusiones basadas en los resultados de contenidos de macro y microminerales, realizados en el I.T.E.S.M.. En macrominerales en gramíneas se encontró que el fósforo y el sodio se encontraban en niveles normales y bajos comparados con la media normal. El calcio siempre estuvo entre alto y normal, al igual que el magnesio detectándose deficiencias de él en los pastos. El potasio fluctuó tanto como entre municipios que como entre estaciones. En los microminerales en gramíneas el hierro siempre se presentó en exceso, al igual que el manganeso. El zinc estuvo tanto en exceso como en normal, el cobre varió en los tres rangos, el manganeso siempre se encontró en exceso, a excepción de un municipio que se encontró deficiente. En cuanto a los macrominerales en los arbustos el fósforo siempre se encontró en deficiente solamente en un municipio no fue

así; en el calcio se encontró mucha variación en el contenido de los arbustos en los municipios muestreados. El magnesio en los arbustos no mostró cambios en su contenido, siempre se encontró en exceso. El sodio estuvo presente en deficiencia excepto en un municipio, el K se mostró en los tres niveles. En los microminerales en arbustos el hierro estuvo en exceso en todos los municipios, el cobre mostró que estaba en deficiencia o normal a excepción en un municipio. Los otros minerales (Mn y Zn) no tuvieron un orden de secuencia uniforme en los contenidos de los elementos determinados.

Mejía et. al.: (1984), estudiaron la existencia de problemas de deficiencia y/o toxicidad de minerales en las regiones ganaderas de los municipios de Muzquiz, Zaragoza y Acuña del Estado de Coahuila a través del análisis químico de agua, suelo, forraje y animal (suero sanguíneo y hueso). El muestreo se realizó al final del período de sequía y comienzo de las lluvias, comprendiendo de Abril a Julio de 1984. La deficiencia de fósforo fue la más marcada, se encontraron niveles deficientes para bovinos en los tres municipios y en los forrajes para caprinos en Zaragoza y Acuña, mientras que en Muzquiz fue marginal. Las concentraciones fueron marginales para bovinos y caprinos en los tres municipios. El Ca, Fe y Co se encontraron en concentraciones altas. El Mn se encontró en concentraciones adecuadas en los forrajes para bovinos y caprinos en Muzquiz, mientras, que los forrajes para caprinos en Zaragoza y Acuña presentaron concentraciones marginales. Las concentraciones de Zn fueron marginales en los forrajes para caprinos de los tres municipios y de los bovinos de Zaragoza y Acuña.

En un estudio similar Mejía et. al.; (1983), determinó la existencia de problemas de deficiencia y/o toxicidad en los municipios de Ocampo, Cuatrociénegas y Sierra Mojada del Estado de Coahuila a través del análisis químico de agua, suelo, forraje y del animal. No se encontraron problemas de deficiencia en Co, Mg, K, Fe, Zn, Mn y Cu ya que se encontraron concentraciones normales o altas aunque no llegan a ser tóxicas. Se detectaron deficiencias de P, Na y Cu por lo que deben de suplementarse al rumiante en pastoreo.

Kiatoko et. al.; (1982) y McDowell et. al.; (1982), estudiaron el nivel nutricional del pasto que consume el ganado de carne; en cuatro regiones del suelo de Florida. En el cual evaluaron Kiatoko et. al.; (1982), macroelementos, proteína, caróteno, vitamina A y E y hemoglobina y por su parte McDowell et. al.; (1982), los elementos traza. El tejido animal, pasto y suelo fueron colectados durante la temporada húmeda (Septiembre-Octubre) y seca (Febrero-Marzo) de nueve ranchos localizados en cuatro regiones diferentes. Los valores de fósforo en el pasto fueron más altos en la temporada húmeda, mientras que los niveles de P en el pelo fueron más altos durante la temporada seca. Los valores de Magnesio en el pasto, plasma, hígado y pelo fueron más altos en la temporada húmeda. El promedio en el contenido de P en el pasto era deficiente (<.25%) en ambas temporadas varió de .10% en la temporada seca a .16% en la temporada húmeda. El promedio de las concentraciones de Mg (<.18%) y K (<.60%) en el pasto fueron deficientes en la temporada seca. El fósforo del pasto fue crítico en todas las regiones y varió de .80 a .15%. En cuanto a los microelementos McDowell et. al.; (1982), encontró que los niveles críticos en forraje fueron Co (<.1ppm), Zn (<30ppm) y Se (<.1ppm); en hígado y pelo

el Se (<.25ppm) fueron bajos en ambas temporadas. En el suelo el Se (<.5ppm) y suelo extractable Zn (<1.5ppm) fueron bajos en todas las regiones excepto sureste. El Se en el pasto fue bajo en todas las regiones. En los animales en temporada húmeda 36 y 32%. No tuvieron en hígado bajo Cu (<75ppm) y Se (<.25ppm). En la temporada seca hubo un 20 y 39% de los animales que tuvieron baja concentración de Cu y Se. El Se en pelo fue bajo (<.25ppm) en 90% de las muestras durante la temporada húmeda y un 100% durante la temporada seca. De los 7 elementos traza estudiados, Se y Zn son los más probables en su deficiencia mientras que Co y Cu puede haber insuficiencia en áreas seleccionadas .

González. (1982), encontró que en Chihuahua los análisis químicos de 43 zacates nativos efectuados mensualmente durante 1959, 1960 y 1961, demostraron que ninguno contenía suficiente fósforo ni en estado verde (verano) ni en estado seco (invierno) como para llenar las necesidades de vacunos de carne en pastoreo según la NRC.

González y Ochoa. (1985), estudiaron las deficiencias nutricionales de los agostaderos del norte de Durango. Se efectuaron muestreos en las cuatro estaciones del año en 1979 y 1980, los resultados de Ca y P se presentan en el cuadro 9, en el cual se indica que la deficiencia del P se presentó en todos los forrajes y en cualquier época, siendo menos crítica la de verano. Por lo anterior, las marcadas carencias del fósforo repercuten en la eficiente utilización de Ca y caróteno entre otros elementos.

Velazco et. al.; (1963), mencionado por De Alba. (1971), realizó una investigación sobre los pastizales de Chihuahua. El área muestreada corresponde a la parte central de los pastizales naturales y se recolectaron

14 especies en 4 estaciones del año. Obteniendo promedios de todas las especies en cada una de las estaciones se obtuvo un cuadro de deficiencia de fósforo en todas las estaciones. En Coahuila y Zacatecas de 11 muestras de gramíneas naturales tomadas en verano y otoño, ninguna arrojó valores satisfactorios de fósforo.

**Cuadro 9.- Contenido de calcio y fósforo de algunas especies aprovechadas por el ganado en el Norte de Durango, CAEVAG, CIANOC, INIA. 1979-1980.**

ESPECIES	PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO	
	Ca (%)	P	Ca (%)	P	Ca (%)	P	Ca (%)	P
Navajita	0.77	0.01	0.28	0.10	0.28	0.02	0.22	0.05
Banderilla	0.87	0.05	0.24	0.07	0.30	0.04	0.27	0.07
Lobero	0.87	0.04	0.19	0.05	0.32	0.04	0.24	0.04
Rizado	0.86	0.06	0.20	0.06	0.30	0.04	0.24	0.01
Liendrilla morada	0.47	0.03	0.14	0.09	0.20	0.07	0.16	0.02
H. de la borrega	1.39	0.17	0.85	0.15	0.77	0.14	1.07	0.14
Chivatillo	1.26	0.12	0.67	0.11	0.47	0.12	1.03	0.05
Chamizo	0.88	0.19	0.48	0.09	0.33	0.08	—	—
Cola de zorra	0.57	0.28	0.50	0.18	0.35	0.01	0.84	0.03
Engorda cabra	1.45	0.15	—	—	—	—	—	—

(Fuente: González y Ochoa, 1985).

Valdéz. (1977), estudió el contenido mineral de 4 pastos tropicales en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, en donde encontró que los niveles de Ca, P, Fe, Zn y Cu cubría los requerimientos establecidos por el NRC. (1975), para vacunos de carne como se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10.- Promedio de macro y microminerales en diferentes pastos del Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz.**

ESPECIE	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
<u>Cynodon plectostachyus</u>	.343	.271	.135	548.2	129.1	18.8
<u>Cynodon dactylon</u>	.380	.253	.122	262.3	82.7	12.4
<u>Panicum maximum</u>	.403	.245	.230	538.6	66.1	9.4
<u>Digitaria decumbens</u>	.354	.199	.135	463.0	106.4	12.1

(Fuente: Valdéz, 1977).

Según Garther et. al.: (1980), las deficiencias minerales en animales que pastan en pasturas tropicales han sido revisadas en base a su diagnóstico y corrección, con énfasis en los hallazgos más recientes. La deficiencia de fósforo se asocia frecuentemente con deficiencia de proteína y energía de manera que las respuestas a los suplementos han sido frecuentemente confundidos. Las deficiencias de Na, S, Cu y Co parecen ser más frecuentes de lo que se pensaba, la deficiencia de Na puede diagnosticarse por el análisis del pasto y de la saliva y por el análisis post-mortem de las glándulas suprarrenales. El diagnóstico de Cu o de Co y la provisión de suplementos están bien establecidas, pero la respuesta al tratamiento con Cu no puede predecirse. Una gran parte del calcio en los pastos tropicales se encuentra en forma de oxalato de calcio, el cual no puede ser absorbido por los rumiantes. .

Peducasse y McDowell. (1983), realizaron un estudio para determinar la concentración mineral en áreas tropicales de Latinoamérica. Los pastizales naturales son la fuente principal y frecuentemente la única de

alimentos para el ganado latinoamericano. El nivel promedio de Ca en los pastos de la región fue de .217% , conteniendo menos que el nivel mínimo de .30% para animales en pastoreo. En cuanto al P el 100% de las muestras contenían .18% de P siendo deficiente para cubrir las necesidades de .25% mínimo. La media de Mg en los pastos fue del .16%, donde también no cubren los requerimientos que están del .18% recomendado por el NRC. En cuanto al Cu, el 85% de las muestras del pasto tuvieron niveles por debajo de 40ppm que era la adecuada para el ganado. En cuanto a la concentración de Fe tuvo una media de 135ppm cumpliendo los requerimientos pedidos por el NRC de 10 a 30ppm .

Vijachulata et. al.; (1983), realizó un trabajo con el fin de medir el nivel nutricional del ganado criado en las aldeas de Tailandia Central. En el cual encontró que 26 a 35% de los forrajes fueron deficientes en Na, P y Cu. También se encontró que 73, 61, 58 y 77% de los forrajes restantes fueron casi deficientes en concentraciones de Ca, P, Cu y Zn respectivamente. El Mg, P y Zn en el plasma sanguíneo promediaron 2.4, 7.7 y .13mg/100ml, los cuales no fueron afectadas por la estación.

### **Prevención y corrección de las deficiencias y excesos de minerales.**

Según Underwood. (1981), actualmente se disponen de procedimientos para prevenir y controlar con éxito todas las deficiencias minerales y muchas de las intoxicaciones que afectan a los animales domésticos. La elección del procedimiento depende de los distintos elementos, condiciones

climáticas, métodos de manejo y circunstancias económicas. Los procedimientos se dividen en dos grupos, aunque pueden ser usados ambos al mismo tiempo.

1.- Métodos Indirectos: Estos se usan para modificar las cantidades de minerales ingeridas por los animales mediante el empleo de fertilizantes y enmiendas a los suelos que influyen sobre la composición mineral de los pastos y alimentos que se cultivan en los mismos. En el Norte de México el tratamiento de los suelos, en explotaciones extensivas, como procedimiento para prevenir y controlar las deficiencias e intoxicaciones de los animales en pastoreo presenta serios inconvenientes y raras veces tiene éxito, ya que la productividad por unidad de superficie, incluso en los forrajes tratados, suele estar limitada por lluvias escasas o por bajas temperaturas invernales, y el transporte y aplicación del fertilizante o de la enmienda suelen ser invariablemente caros. Además, los efectos del clima pueden ser dominantes sobre los efectos del suelo en la determinación del contenido mineral de los suelos como sucede en P y Mg.

Otro método indirecto del cual nos hacen mención Hill y Guss. (1976), explica que muchos de los problemas en la producción de plantas y animales son atribuidos al desequilibrio mineral en el suelo y en la ración del alimento. La actitud que prevalece es que los desordenes nutricionales en las plantas pueden ser corregidas aplicando fertilizantes comerciales y que las deficiencias en los animales pueden ser corregidas con suplementos dietéticos.

Revisiones recientes ilustran ampliamente la variabilidad genética para la tolerancia a concentraciones adversas de algunos elementos y el potencial para su uso en terrenos problemáticos. Otros problemas agrícolas relacionados con minerales pueden ser resueltos mediante la selección de plantas.

Para hacer énfasis en esta variabilidad genética que prevalece en las plantas y su potencial como recurso alternativo para resolver muchos de los problemas dietéticos que predominan en la mayoría de los animales en pastoreo, se presentan algunos trabajos realizados al respecto.

Así tenemos que Chatterton et. al.: (1971), llevó a cabo un estudio en el sureste de California para aclarar el valor nutritivo de Atriplex polycarpa. Este arbusto demostró proveer un buen recurso de Ca y P especialmente cuando muchos forrajes anuales al fin de año han alcanzado la madurez y muchos de sus componentes nutritivos han sido perdidos. A menudo dicho arbusto prospera en zonas áridas o demasiado salinas para otras plantas forrajeras. Los contenidos de proteínas, fósforo, calcio y caróteno satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales en pastoreo durante todo el año. Por lo tanto este arbusto puede servir como un suplemento dietético y proveer componentes nutricionales tales como proteína cruda, fósforo, calcio y caróteno, cuando estos componentes son menores en los forrajes.

Stoszek et. al.: (1979), realizaron un trabajo con el fin de medir el efecto de Festuca arundinacea y Agropyron repens en el metabolismo del cobre y el aumento de peso en el ganado de carne, pastoreando en Oregon. Se encontró que el metabolismo del cobre en los animales era influenciado

por la especie del pasto crecido en el suelo de esta área. F. arundinacea redujo el almacén de cobre en hígado y decreció el cobre sanguíneo y la actividad ceruplasmática en menos de 4 meses. A. repens mantuvo el cobre sanguíneo normal y los niveles de actividad ceruplasmática e incrementó el almacenaje de cobre en hígado. F. arundinacea produjo menor aumento de peso diario que el A. repens. Aumentos diarios no fueron comprobados con la suplementación de cobre.

Sleper et. al.; (1980), estudiaron dos genotipos de Festuca arundinacea con diferencias en sus concentraciones inherentes de magnesio las cuales fueron cultivadas bajo condiciones de invernadero para determinar si la temperatura y el intervalo entre cosechas pudieran mejorar las influencias genéticas en la concentración de magnesio. En el cual se concluyó que el control genético fue suficientemente fuerte ya que tales genotipos seleccionados por Mg alto o Mg bajo se mantuvieron estables entre las dos temperaturas y los tres intervalos de cosecha.

Otro estudio realizado por Erickson et. al.; (1982), con el fin de evaluar de 3-7 genotipos de Hordeum vulgare para determinar si el valor alimenticio de la paja de cebada difería entre los genotipos y si la cantidad nutritiva de los componentes de la cebada estaba asociada con características agronómicas tales como la cosecha de grano, rendimiento protéico y almacenamiento. Encontrándose que la selección genotípica puede hacerse basada en las características agronómicas sin afectar la calidad alimenticia de los componentes.

## 2.- Suplementación directa de los minerales: Según Rosero y McDowell.

(1984), los pastos vienen siendo la única fuente de nutrientes para el ganado en muchas regiones cálidas del mundo. El ganado en pastoreo frecuentemente cuenta con una abundancia de proteína-energía en la estación lluviosa. Conforme se acerca la madurez del forraje, las plantas se hacen progresivamente más pobres en proteína, minerales y carbohidratos solubles y más altos en fibra y lignina. Estos cambios disminuyen la palatabilidad, consumo y digestibilidad y por ende el consumo de energía y proteína. Usualmente el ganado en pastoreo no recibe una suplementación mineral excepto de sal común y dependen casi exclusivamente de los forrajes para llenar los requerimientos nutricionales y por consecuencia no llenan sus requerimientos minerales. Como resultado los animales muestran lentas ganancias de peso, alta mortalidad y baja fertilidad.

Según McDowell. (1976), el resultado más devastador de la deficiencia de minerales es el bajo nivel reproductivo, pudiendo la suplementación aumentar dramáticamente los niveles de fertilidad del ganado en pastoreo en muchas partes del mundo.

Con excepción de la sal común, el ganado en pastoreo frecuentemente no recibe la suplementación mineral necesaria y depende grandemente de los forrajes para suplir sus necesidades. Sin embargo, solo en muy contadas ocasiones los forrajes pueden satisfacer completamente los requerimientos minerales. Por lo tanto, es importante determinar la composición química de los forrajes y suplementar minerales para suplir al ganado con los niveles adecuados de minerales que necesitan. Cuando se efectúa en forma científica y basándose en la información correcta acerca de los forrajes y requerimientos de los animales, esta suplementación

siempre da una práctica lucrativa, además de que contribuye al uso apropiado del agostadero ayudando a una mejor distribución del pastoreo (Márquez, 1983).

2.1.- Respuesta a la suplementación: Se ha determinado que ninguno de los zacates clave de los pastizales del Norte de México contienen suficiente fósforo, ni en estado verde en los meses de verano, debido a la deficiencia característica de fósforo en los suelos propios de las zonas áridas. Por esto, es indispensable proporcionar una suplementación adecuada de fósforo durante todo el año. La suplementación de fósforo fue estimada en 7.7 gm diarios para vacas gestantes y de 18 gm para vacas lactantes aunque en la práctica se recomienda que los animales tengan libre acceso durante todo el año. La suplementación de bovinos en pastoreo durante el invierno en el norte de México que dio los mejores resultados en términos de aumentos de peso total en animales adultos fue la harinolina de algodón, fortificada con sal, harina de hueso y minerales traza. (Fierro, 1977).

El CIAT. (1977), citado por Márquez. (1983), en su reporte anual resume los resultados de ensayos de 4 años comparando sal sola y sal con mineral. La adición de minerales al suplemento redujo los abortos, incrementó el promedio de peso de las vacas, redujo las muertes pre-destete de crías, incrementó el porcentaje de pariciones y aumentó el peso de los becerros al destete.

En Venezuela, Aries et. al.: (1984), en donde son comunes en los llanos

la deficiencia de calcio y fósforo a través del año y magnesio estacional, así como un consumo bajo de energía-proteína. Se estudió la respuesta a la suplementación mineral en 3 fincas. El suplemento consistió de una mezcla de 1:1 con sal común y de un producto cuya composición química fue de 25.5% Ca, 19.2% P, 2.31% Na y 1.2% Mg más oligo elementos y vitaminas. Los animales testigo recibieron solamente sal común. El período experimental abarcó 2.5 meses de sequía y 3-5 meses de lluvias. En la finca I se utilizaron vacas productoras de leche, lo que se observó fue que la suplementación no afectó la producción de leche, ni el porcentaje de preñez, pero sí redujo la pérdida de peso corporal. En este caso es posible que la escasez de energía y proteína, asociado con el déficit severo de forraje enmascaró los beneficios potenciales de la suplementación; puesto que la respuesta en ganancia de peso tienden a manifestarse cuando la suplementación se realiza en épocas de suficiente energía y proteína, igualmente en la finca II donde existió aumentos de peso en la época de lluvias y por último en la finca III se comparó el uso de la mezcla contra la misma mezcla 1:4 donde no hubo efecto por la mayor concentración de minerales en aumento de peso y porcentaje de preñez. Se recomienda la suplementación mineral durante todo el año.

Rosero y McDowell. (1984), trabajaron con 48 ovejas las cuales fueron asignadas en un experimento con dos niveles de macrominerales (alto-bajo) y dos niveles de energía-proteína para estudiar el status mineral, almacenaje y efectos residuales a largo plazo. Las dietas con altos niveles de energía-proteína resultaron en un mejoramiento de las ganancias de peso, mientras que dietas con altos niveles de macrominerales no mejoraron el comportamiento. No se observaron interacciones entre

energía-proteína y minerales en lo que se refiere a comportamiento mineral. No se encontraron efectos residuales de minerales en los tejidos de las ovejas alimentadas con altos niveles de minerales durante 4 meses. Los niveles de energía-proteína fueron más importantes que las concentraciones de macrominerales al determinar el comportamiento mineral e influir en las concentraciones de minerales en los tejidos.

Rosero y McDowell. (1984), hicieron el mismo experimento, pero probaron dos niveles de micronutrientes. Encontrando que no hubo efectos residuales para la concentración de Fe, Cu, Zn y Se. Igualmente la influencia dietética de energía-proteína fue más importante que el de los niveles de minerales sobre las concentraciones de minerales en los tejidos.

En un trabajo realizado por Galván. (1980), citado por Muiños. (1985), en Tamuin, S.L.P. con vaquillas obtuvo aumentos de peso por día y por animal de 549 gr. a los suplementados con 60% de fosfato disódico, siendo diferentes a los aumentos logrados con vaquillas suplementadas con 30% de fosfato disódico que fueron de 445 gr/día/animal. Estos dos tratamientos fueron superiores al grupo testigo, el cual tuvo aumentos de peso de 389 gr/día/animal.

Fresnillo. (1986), en un resumen de resultados de suplementación en Soto La Marina, en el cual se suplementaron a vaquillas con 4, 8 y 12% de fósforo. Se observó lo siguiente: Hubo una mayor respuesta a la suplementación de fósforo en relación a los aumentos de peso, en los niveles de 8% y 12% de P, siendo iguales entre sí y superiores al de 4% de P, el cual también resultó ser semejante estadísticamente al nivel de 8% de

P. El nivel óptimo de suplementación fosfórica fue el de 12%. La suplementación fosfórica mejoró la relación Ca:P en el suero sanguíneo, en cada uno de los tratamientos. Los consumos de las mezclas se redujeron en los períodos en que se registraron mayores precipitaciones. Se marcó cierta tendencia por medio de estadística no paramétrica en los niveles de 8% y 12% P, incrementando el número de animales con ciclos reproductivos normales.

En Colombia, Lebdosockojo *et. al.*: (1980), condujeron una investigación con el fin de evaluar la suplementación mineral de 4 rebaños de 30 a 35 vacas pastoreando. Dos rebaños fueron suplementados con sal solamente y dos rebaños se suplementaron con una mezcla consistente en sal, fosfato dicalcico y minerales traza (Fe, Cu, Co, Zn, Mn, e I). También en un rebaño con el tratamiento de sal se le adicionó urea más melaza durante la estación seca, el cual tuvo una respuesta mínima. La suplementación con la mezcla de minerales incrementó el peso vivo de las vacas (302 vs. 330 kg) y el peso de los becerros (132 vs. 172 kg) y tendió a incrementar el porcentaje ganado de becerros (36.5 vs. 57.8).

Koes y Pfander. (1973), realizaron un trabajo con 18 borregos los cuales fueron asignados a tratamientos consistentes de 3 suplementos minerales (A, B, C, cuadro 11), teniendo diferentes residuos ácido-alcalinos y composición y dos niveles (0 y 1 gr) de vitamina A y D. Se dio agua y heno de Sudan-grass ad-libitum y los suplementos fueron dados dos veces al día. Se determinó digestibilidad y valor nutritivo y el consumo voluntario de materia seca, energía y agua, se encontró que los nutrientes digestibles totales y digestibilidad fueron más altos cuando el suplemento

A o B con baja alcalinidad fue suministrado y hubo una respuesta positiva a la adición de vitaminas A y D, en la cual se concluye que la adición de una simple mezcla mineral a un heno sudan-grass de baja calidad puede significativamente incrementar el consumo voluntario, digestibilidad y valor nutritivo. Además para obtener una utilización máxima de los nutrientes de los pastos por suplementación mineral el suplemento deberá ser formulado para proveer ligeramente la ceniza alcalina.

**Cuadro 11.- Formulación del suplemento mineral.**

Ingrediente	S U P L E M E N T O		
	A	B	C
	-----% en base M.S.-----		
NaCl	30.73	—	99.99
K	.01	.01	.01
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	19.83	—	—
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	54.23	—
Ca <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	22.03	18.52	—
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	27.41	23.07	—
S (neutral)	—	4.17	—

(Fuente: Koes y Pfander, 1973).

2.2 Evaluación de un suplemento mineral: Una evaluación de la capacidad de cualquier suplemento para satisfacer los requerimientos minerales de una clase de animales presupone que aquellos sean conocidos. A fin de evaluar un suplemento mineral, por lo menos se debe de tener

cierta información de: los requerimientos de elementos esenciales de la clase de animales en consideración, la disponibilidad biológica relativa de los elementos en los compuestos que serán utilizados para suplir el elemento, el consumo diario aproximado por cabeza de la mezcla mineral y materia seca total que puede esperarse por aquella clase de animales en consideración y la concentración de elementos esenciales en la mezcla mineral ( Márquez, 1983).

2.2.1. Requerimientos: A pesar que se desconocen las cifras de los requerimientos minerales de las diferentes clases de animales bajo diferentes condiciones, existe suficiente información obtenida a través de la información de la cual puede obtenerse conclusiones generales acerca de los niveles dietéticos bajo las cuales el ganado usualmente prospera.

Como los minerales son obtenidos a través del consumo de forrajes, granos, subproductos y complementos minerales; habrá que considerar la concentración mineral en estos ingredientes, así como su disponibilidad biológica, ya que existe una relación directa del requerimiento mineral y productividad (Monroy et. al.; 1986).

2.2.2. Disponibilidad biológica y concentración química: Originalmente los requerimientos del animal fueron determinados usando compuestos que poseen una relativa alta disponibilidad. Si se usan compuestos con una menor disponibilidad en los suplementos minerales, será necesario agregar mayores cantidades de estas sustancias a fin de satisfacer los requerimientos del animal para aquel mineral en particular (McDowell, 1977).

Es generalmente reconocido que la concentración de un elemento mineral en un alimento tiene poca importancia a menos que se conozca su disponibilidad biológica. Algunos factores que modifican la disponibilidad de los elementos minerales son: La forma química del elemento, la edad y el sexo del animal, los niveles de grasa, proteína y energía en la dieta, la concentración de hormonas, la presencia de enfermedades o parásitos, así como la interacción con otros minerales o nutrientes y agentes quelantes. (Monroy *et. al.*; 1986).

A continuación se expone la disponibilidad biológica de los 5 elementos (Ca, P, Mg, Fe y Cu) en estudio.

2.2.2.1. Disponibilidad biológica del calcio y fósforo en los alimentos: Según Maynard *et. al.*; (1981), se debe reconocer que la disponibilidad de calcio y fósforo en los alimentos puede cambiar considerablemente debido a las combinaciones químicas o a las asociaciones físicas con otros componentes de los alimentos. Así tenemos que al considerar el contenido de calcio y fósforo de los alimentos, cereales y otras plantas, hay que tomar en cuenta que estas existen como fitatos que son sales insolubles del ácido lítico. Más de la mitad del fósforo presente en las semillas maduras, o los subproductos de las mismas, lo contienen en las diferentes combinaciones, como ocurre en el salvado de trigo, el cual es particularmente rico en esa sustancia. Se sabe que las respuestas son diferentes para cada una de las especies animales y según el contenido de vitamina D que contenga la ración. Actualmente se conoce que los rumiantes pueden utilizar fósforo lítico satisfactoriamente mejor que los cerdos, en cambio, las aves prácticamente no utilizan el fósforo lítico.

En el cuadro 12 se puede observar que las sales preparadas químicamente y los ortofosfatos son fácilmente disponibles mientras que los meta y pirofosfatos son de disponibilidad limitada, sobre todo para las aves. El fosfato diamónico contiene 18% de nitrógeno y 20% de fósforo, los cuales son bien aprovechados por los rumiantes. (Sepúlveda, 1986).

**Cuadro 12. Valores biológicos comparativos de fosfatos inorgánicos.**

	+ VALOR BIOLÓGICO
<b><u>ORTOFOSFATOS GRADO REACTIVO</u></b>	
Beta Fosfato Tricálcico (Anhidro)	100
Fosfato dicálcico (Hidratado)	110
Fosfato dicálcico (Anhidro)	90
Fosfato monocálcico (Hidratado)	113
Fosfato potásico monobásico (Anhidro)	109
Fosfato sódico monobásico (Hidratado)	103
<b><u>FOSFATOS CALIDAD PARA PIENSOS</u></b>	
Fosfato dicálcico	97
Fosfato dicálcico con fosfato monocálcico	105-110
<b><u>FOSFATOS DEFLUGRIADOS</u></b>	
Calcinaados	94
Fundido	82
Precipitado	99
<b><u>FOSFATOS DE ROCA</u></b>	
Fosfato de la Isla de Curacao	50-87
Fosfato de Tennessee	+ +
Fosfato coloidal	+ +
<b><u>HUESOS</u></b>	
Harina de huesos tratada al vapor	90-100
Harina de huesos importada	87
Harina de huesos calcinada	84
Cenizas de huesos	89
<b><u>PIROFOSFATOS</u></b>	
a-b y pirofosfatos cálcicos	0
<b><u>PIROFOSFATOS ÁCIDOS</u></b>	
Pirofosfatos ácido de calcio	60
<b><u>METAFOSFATOS</u></b>	
b y metafosfatos calcio	0
Metafosfato cálcico vítreo	45
Metafosfato sódico	2
Metafosfato potásico	0
Etato cálcico	0

+ Valores basados en la calcificación ósea en pollos de cada fuente de fósforo comparada con fosfato beta tricálcico, al cual fue asignado un valor relativo en porcentaje.

++ Disponibilidad demasiado baja para tasar con una dieta purificada. Con una ración práctica, se obtuvieron los siguientes valores: Fosfato de Tennessee, 25.

(Fuente: Sepúlveda, 1986).

Algunos pastos tropicales tienen altos contenidos de oxalato y se han observado muchos casos de carencia de calcio (hiperparatiroidismo nutricional secundario), especialmente en caballos en pastoreo (Maynard et. al.: 1981).

Para reafirmar lo anterior Blaney et. al.: (1982), estudió el efecto del oxalato en gramíneas tropicales en la disponibilidad de Ca, P y Mg para el ganado en el cual se suministró al ganado 4 henos, dos de los henos Cenchrus ciliaris y Setaria sphacelata contenían 1.8 y 1.3% de oxalatos totales. En donde se concluyó que debe considerarse el ganado que pastorea en gramíneas tropicales ya que la disponibilidad de Ca alcanza un máximo del 50%, la absorción de Mg ni la de P resultaron afectadas por el oxalato.

Las cualidades que determinan el valor alimenticio de un complemento son su contenido de Ca y P, el tamaño de las partículas y que contengan impurezas que puedan causar efectos nocivos. En el cuadro 13 aparece el análisis de los complementos que se consiguen con mayor facilidad. La disponibilidad del fósforo en casi todos los suplementos es muy similar para rumiantes (Maynard et. al.: 1981 y De Alba, 1971).

2.2.2.2. Disponibilidad biológica del magnesio: Monroy et. al.: (1986), menciona que el óxido de magnesio se utiliza como fuente tradicional, otras fuentes que también pueden utilizarse son: sulfato de magnesio y carbonato de magnesio, siendo este último poco asimilable como lo es el magnesio de la piedra caliza dolomítica y magnesítica. En el cuadro 14 se citan las fuentes de Mg.

Cuadro 13. Análisis de los complementos de Ca y P.

COMPLEMENTO	% CALCIO	% FOSFORO
Harina de huesos +	29.00	14.00
Fosfato de calcio +	17.00	21.00
Fosfato dicálcico +	26.00	21.00
Fosfato tricálcico +	38.70	20.00
Fosfato de sodio +	—	22.00
Fosfato diamónico +	—	20.00
Fosfato desfluorinado +	29.36	12.18
Superfosfato *	24.00	10.00
Acido fosfórico □	—	23.00
Carbonato de calcio □	38.00	—
Roca fosfórica +	29.50	13.50
Piedra caliza +	34.00	—
Concha de ostión □	38.00	—

(Fuente: + Maynard *et. al.*; 1981; \* De Alba, 1971 y □ Monroy *et. al.*; 1986).

Cuadro 14. Fuentes de Magnesio.

FUENTE	FORMULA	% Magnesio
Sulfato de Magnesio	MgSO <sub>4</sub>	23.00
Oxido de Magnesio	MgO	60.00

(Fuente: Monroy *et. al.*; 1986).

2.2.2.3. Disponibilidad biológica del Hierro: Anmerman y Miller. (1972), citan que el hierro dietético como el sulfato o cloruro es bien utilizado por rumiantes y no rumiantes, mientras que el hierro como el óxido de hierro no es disponible.

Anmerman *et. al.*; (1970), en un estudio realizado en borregos y becerros para determinar la disponibilidad biológica relativa del hierro radioactivo administrado oralmente en forma de óxido férrico, cloruro férrico, carbonato ferroso y sulfato ferroso. Se encontró que el sulfato ferroso, carbonato ferroso y cloruro férrico, puestos en orden, decreció de disponibilidad, pero no fueron significativamente diferentes. El óxido férrico era significativamente de menor disponibilidad en borregos y becerros que en los otros compuestos. Monroy *et. al.*; (1986), en el cuadro 15 cita las fuentes de hierro suplementario.

**Cuadro 15. Fuentes de Hierro suplementario.**

Fuentes del Compuesto	Formula Molecular	% de Hierro
Oxido ferroso	$Fe_2O_3$	69.9
Sulfato ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	20.1
Sulfato ferroso	$FeSO_4$	36.7
Sulfato $Fe NH_4$	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	14.2
Carbonato ferroso	$FeCO_3 \cdot H_2O$	41.7

Fuente: Monroy *et. al.*; 1986).

2.2.2.4. Disponibilidad biológica del cobre: Anmerman y Miller. (1972), encontraron que el cobre, como sulfato cúprico, es la mejor forma disponible para ratas, puercos, aves de corral y rumiantes. Los rumiantes respondieron similarmente al nitrato cúprico y sulfato cúprico. El cobre como óxido cúprico era absorbido en menor grado que el sulfato cúprico el cual era intermediario en respuestas entre la forma de óxido y

sulfato de cobre. La administración de la glicerina de cobre y la EDTA de Cu, han sido efectivas en la prevención de deficiencias de Cu en rumiantes. Monroy *et al.*: (1986), cita las fuentes de cobre suplementario en el cuadro 16.

Cuadro 16. Fuentes de Cobre suplementario.

Fuentes del Compuesto	Formula Molecular	% de Cobre
Carbonato cúprico	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	53.0
Cloruro cúprico	$CuCl_2 \cdot H_2O$	37.2
Oxido cúprico	$CuO$	80.0
Sulfato cúprico	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	25.5

(Fuente: Monroy *et al.*: 1986).

En general los compuestos puramente químicos son de más alta disponibilidad biológica que las formas naturales que contienen el mismo elemento. Las fuentes naturales pueden contener el elemento en diferentes formas químicas, y también cargar a otros. Por lo tanto es importante que las propiedades físicas y químicas de las fuentes sean descritas. El análisis de defracción de rayos X y las pruebas de solubilidad pueden ser importantes en la obtención de esta información y en la predicción de la disponibilidad biológica, en adición a la información obtenida de las características físicas y químicas de un compuesto o una fuente pueden limitar su uso bajo ciertas condiciones, aún cuando estas pueden tener una alta disponibilidad biológica (Anmerman y Miller, 1972).

Anmerman et al.: (1977), mencionan que es importante tomar en consideración algunos de los contaminantes que acompañan a los elementos deseados, los cuales pueden tener un valor positivo y otros pueden ser tóxicos; con el fin de proporcionar un programa de suplementación mineral seguro y adecuado. Esto se logra con mayor información adicional que sea definitiva en cuanto a la composición total de los suplementos minerales y la tolerancia de los animales a los elementos contaminantes.

### 2.3 Factores que afectan el consumo de minerales en el ganado:

Cunha. (1964), mencionado por López. (1973), menciona que hay muchos factores que influyen en el consumo de minerales. Es importante conocerlos para asegurar el consumo adecuado de los minerales que el animal necesita. Los factores que tienen influencia en el consumo son:

1.- Nivel de fertilidad del suelo. En suelos fértiles el consumo de minerales disminuye.

2.- Algunos pastos incrementan el consumo de minerales mientras que otros lo disminuyen. El ganado en pasto nativo consume más minerales que en pastos mejorados. El ganado pastoreando agostaderos sobrepastoreados consume más minerales.

3.- El nivel de productividad del ganado, intensidad de desarrollo, porcentaje de nacimientos y el nivel de producción de leche influyen en el consumo de minerales.

4.- El contenido de minerales en el agua.

5.- La gustabilidad de la mezcla mineral afecta su consumo. La melaza, la harinolina y otros ingredientes adicionados a la mezcla mineral incrementan su gustabilidad pero estos deben usarse con moderación o pueden causar un consumo elevado y causar un desbalance mineral.

6.- Los minerales deben estar protegidos de la intemperie para evitar su endurecimiento y a una altura que todos los animales tengan acceso.

Considerando los múltiples factores que intervienen en el consumo mineral, es difícil estimar su consumo en un rancho particular. El criterio final nos lo da el animal mismo por su comportamiento, crecimiento, reproducción y producción de leche. Si estamos obteniendo buena productividad eso nos indica que estamos suplementando adecuadamente nuestro ganado, pero si nuestro plan de suplementación mineral es bueno y la productividad es mala, hay que pensar en revisar los demás aspectos de la explotación.

2.4 Características de un buen suplemento mineral: McDowell (1977), citado por Muñoz (1985), cita a continuación las características de un buen suplemento mineral para suministrar a libre acceso al ganado.

1.- La mezcla final debe poseer como mínimo de 6-8% de proteína. En áreas donde los forrajes contienen menos de .20% suplementarán con 8-10% de fósforo de preferencia.

2.- La relación Ca:P no debe ser sustancialmente mayor a 2:1.

3.- Hay que proveer una proporción significativa (Ej. 50%) de requerimientos traza de Co, Cu, I, Mn y Zn; si hay deficiencias de estos, el 100% del mineral traza específico debe proveerse.

4.- Hay que proporcionar alta calidad de sales minerales y las que presentan la mayor disponibilidad biológica, evitar sales que contengan elementos tóxicos.

5.- Se debe procurar que el suplemento sea lo suficientemente gustoso y con un adecuado consumo de acuerdo a sus requerimientos.

6.- Los suplementos deben de estar sostenidos por un fabricante con reputación y bajo un estricto control de calidad y garantía en exactitud de minerales en la etiqueta.

7.- Debe tener un adecuado tamaño de las partículas, el cual permite adecuadas propiedades en la mezcla, baja sedimentación de partículas después de la elaboración de las mezclas.

2.5 Factores que afectan los requerimientos: Por diversas razones, los requerimientos nutricionales de los minerales son más difíciles de definir con exactitud que los nutrientes orgánicos, ya que muchos factores determinan su aprovechamiento (Maynard et. al.; (1981), los factores que afectan los requerimientos son:

1.- Interrelaciones entre los minerales o su relación con la fracción orgánica, pueden aumentar o reducir la utilización de estos.

2.- La cantidad de minerales utilizados influye sobre su utilización.

3.- La forma del mineral.

4.- Multitud de relaciones genéticos-nutricionales.

Además Monroy et. al.; (1986), menciona que tanto los requerimientos como las tolerancias para minerales están influenciadas por muchos factores incluyendo: edad, sexo, estado fisiológico, nivel de producción, peso corporal, niveles de otros nutrientes y aditivos en la dieta, así como las condiciones ambientales.

Por lo tanto el papel del nutriólogo es el de conocer los factores que

influyen en la absorción de minerales. Los factores que afectan las pérdidas metabólicas, así como la cantidad de minerales realmente utilizadas en los alimentos de esta forma estará en capacidad de suministrar la mezcla mineral adecuada para cada caso en particular.

### **Relaciones suelo-planta-salud de los animales.**

Las deficiencias o excesos de elementos inorgánicos presentes en las plantas forrajeras siguen provocando enfermedades o reduciendo la productividad del ganado. En algunos casos la existencia de tales problemas reflejan anomalías en la composición inorgánica de las plantas o del suelo en que crecen dichas plantas. (Underwood, 1981).

Fósforo. La pobreza de los suelos en fósforo, por lo común limita el crecimiento de las plantas y tal vez sea la deficiencia más crítica para el ganado en pastoreo.

Cohen. (1973), hizo un estudio con la finalidad de determinar el efecto del cambio en los niveles de fósforo en el pasto con respecto a los niveles de fósforo en los tejidos animales. El contenido de fósforo se midió cada tres meses en el pasto, sangre, pelo y huesos del ganado de engorda que había comido pastura con bajo contenido de fósforo durante doce meses. Se encontró que el fósforo óseo proporciona la mejor estimación del "status de fósforo" en el ganado vacuno de engorda, ya que reflejó significativamente la variación en el contenido fosfórico del pasto mientras que la sangre y pelo fallaron en demostrarlo.

Call et. al.; (1978), realizó un trabajo con el fin de evaluar la influencia del fósforo en el crecimiento y reproducción del ganado de carne. Para esto uso ganado Hereford de 7 meses, los cuales fueron alimentados individualmente por dos años, con una ración de bajo fósforo (.14% de P, 66% de las recomendaciones del NRC) y una de alto fósforo (.36% de P, 174% de las recomendaciones del NRC). No hubo diferencias significativas para aumento diario de peso, eficiencia alimenticia, falta de apetito o apetito depravado. El ganado de bajo fósforo tuvo un porcentaje de preñez del 95% y un 91% de becerros vivos; comparado con los de alto fósforo tuvo un 100% y 93% respectivamente, estas diferencias no fueron significativas. El nivel de fósforo para huesos y músculos fueron similares en cada año y para cada tratamiento. La excreción de fósforo urinario y fecal fue significativamente más alta en el ganado de alto fósforo que el de menor fósforo.

Calcio: Las plantas y los animales necesitan cantidades relativamente grandes de calcio. Las plantas con rareza o solo ocasionalmente sufren deficiencia de calcio debido a que por lo general otros factores del suelo se vuelven limitantes al crecimiento antes que el calcio. La provisión de una cantidad adecuada de calcio en las dietas animales está relacionado en forma importante con diferencias en las especies de plantas (Ej.: gramíneas vs. leguminosas).

En general, las dietas del ganado de ceba consisten en grandes cantidades de granos bajos en calcio y es común adicionarles calcio. (Foth. 1985).

Magnesio: El comportamiento similar del calcio y el magnesio en los suelos significa que los suelos ácidos pobres en calcio de ordinario también lo son de magnesio. La deficiencia de magnesio es bastante común en plantas que crecen en suelos ácidos y arenosos. (Foth, 1985).

Los contenidos elevados de potasio del suelo disponible a veces produce deficiencias de magnesio, esto se debe a que la fertilización abundante de potasio se ha asociado con la incidencia de tetania de pastoreo que resulta de la baja absorción de magnesio por efecto del alto contenido de potasio en el suelo (efecto de constancia en cationes). (Foth, 1985).

Para demostrar esto Hart y Kemp citado por Underwood. (1981) en un estudio con 3,942 vacas lecheras encontraron que la incidencia de la tetania del pasto era de 4.3% en pastizales tratados con más de 50 kg/ha de N, .5% en pastos pobres en potasio, .9% en pastos con suficiente potasio, 5.2% con exceso de potasio y 6.5% con exceso de K y N. También se demostró que cuando el coeficiente  $k/(Ca + Mg)$  era inferior a 2.2 en el forraje presentaban pocos casos de tetania y mientras el coeficiente era mayor de 2.2 la incidencia era mayor (6.66% de 1,908 animales).

Merle y Batchelder, (1980), encontraron que la tetania de los pastos generalmente ocurre durante períodos de clima frío o cuando el clima frío es seguido por un clima extremoso que cause el rápido crecimiento del forraje.

La tetania tiende a ser más prevaeciente a principios de la primavera, para esto Thill y George. (1975), realizaron un estudio con el

objetivo de determinar si varios forrajes de la estación fría acumulaban K, Ca y Mg en la misma proporción durante el período de crecimiento en primavera y observar el efecto de la temperatura en la fluctuación de las concentraciones de K, Ca y Mg en los pastos. Se encontró que Dactylis glomerata, Elmus canadensis, Phalaris arundinacea y Archenatherum elatius presentaban un coeficiente  $K/(Ca + Mg)$  mayor de 2.2. Mientras que Bromus inermis, Poa pratensis, Agropyrum elongatum y Alpercus parteneis, presentaron un coeficiente  $K/(Ca + Mg)$  menos de 2. Para todos los pastos excepto Alpercus pratensis un repentino incremento en la medida diaria de la temperatura del aire encima de los  $14^{\circ}\text{C}$  fue asociado con un correspondiente aumento en la relación de cationes, alcanzando un máximo de 5 días más tarde. Esto sugiere que el peligro de hipomagnesia se incrementa durante el período de fluctuaciones de la temperatura.

La tetania ocurre al principio de la primavera o en lo último de invierno. Es decir la hipomagnesia aparece con las bajas temperaturas o cambios de bajas a altas, con crecimiento rápido cuando la humedad es la adecuada durante años de sequía la tetania es mucho más baja.

Stuart et. al. (1973), realizó un trabajo con Agropyrum desertorum, en el cual se midió los niveles de Trans-acomitate y citrate K y la relación  $K/(Ca + Mg)$ . Se encontró que durante la temporada húmeda en el período de rebrote seguida de la temporada cálida, hubo incrementos de K y trans-acomitate mientras que disminuyó el Ca y Mg. Estas características explican la incidencia de la tetania durante el período de rebrote. Durante la estación seca estas tendencias no fueron observadas.

La fertilización de N y K en los pastizales aumentan el potencial de la tetania y también presiones físicas y ambientales tales como lactancia, edad, temperatura fría e ingestión insuficiente M.S.

Mayland et. al. (1974), estudió los cambios estacionales en la composición química de Agropyrum desertorum en los pastizales semidesérticos. Esto se llevó a cabo en dos suelos calcareos en donde la tetania de los pastos previamente había ocurrido. El pasto fue colectado a intervalos regulares en primavera: se encontraron altos niveles de N y ácidos grasos, los cuales reducen la disponibilidad del Mg en animal. Se encontró bajas concentraciones de Mg en el forraje, las cuales probablemente abastecieron solamente niveles marginales de Mg disponible a los animales. Un rápido incremento en la relación de N/carbohidratos solubles coincidieron con el principio de la tetania y puede ser el principal factor en el cual indirectamente disminuyó la disponibilidad del Mg.

Mayland et. al. (1976), estudiaron el riesgo de la tetania de los cereales forrajeros basados en la composición química. Se hicieron muestreos al principio de la primavera a Triticum sp., Agropyrum desertorum, Avena sativa, Hordeum vulgare y Secale cereale. Se encontró que el Triticum sp. parece poseer el riesgo más grande de la tetania que el A. desertorum ya que el trigo tuvo los más bajos valores de Ca y la más alta relación  $K/(Ca + Mg)$ , cenizas, alcalinidad y ácidos grasos. Se estimó la peligrosidad de la tetania en los cereales forrajeros y se encontró lo siguiente: Triticum sp., A. sativa = H. vulgare, S. cereale. Esta clasificación corresponde a los niveles de Mg en el suero sanguíneo.

Vargas *et al.* (1984), realizaron una investigación en los llanos de Colombia, para determinar los niveles relativos de minerales en el ganado bovino de carne y comparar dichos valores en animales sanos con aquellos afectados por la condición de "secadera". En las muestras de 4 pastos se encontró que el Mo relativamente alto con concentraciones medias de 1.80 y 1.28ppm, para el período de lluvias y sequía respectivamente, los cuales están por debajo del valor de 6 ppm que sugiere posible toxicidad; en cuanto al cobre se encontraron valores de 3.6 y 2.8ppm para la estación lluviosa y seca respectivamente. Se encontraron niveles bajos de zinc en las cuatro muestras de pasto, encontrándose niveles de .048, .086, .093 y .124 ppm. La relación entre el azufre y el metabolismo del Cu y Mo ha sido estudiada indicándose los efectos de una deficiencia de azufre sobre la respuesta animal en condiciones de pastoreo. Lo que se tiene más seguro es que el Zn y Cu son los elementos más asociados en el problema de la "secadera". Los niveles de Cu en los tejidos podrían ser disminuidos por efecto de una relativa alta concentración de Mo en los pastos. Los factores nutricionales parecen colocar el equilibrio metabólico de los rumiantes pero pueden desajustarse fácilmente por factores tales como enfermedades infecciosas, parásitos, partos, lactancia, etc. Estos factores pueden ser los mecanismos desencadenantes en el aumento de la susceptibilidad hacia la "secadera".

## MATERIALES Y METODOS.

El presente trabajo se realizó, en terrenos del Campo Agrícola Experimental (Fig. 2) y Laboratorio de Eromatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada en el Km. 17 de la carretera Zuzua-Marín, en Marín, N.L. cuyas coordenadas geográficas son 25° 53' de latitud Norte y 100° 03' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, situado a una altura de 375 m.s.n.m.

En la región el clima predominante es el BS<sub>1</sub> (García, 1973) que corresponde a seco y extremo de tipo estepario, donde la temperatura se eleva a más de 40°C en el verano y decrece a menos de 8°C bajo cero durante el invierno. La temperatura promedio anual es de 21 a 34°C y la precipitación pluvial es aproximadamente de 250 a 400 mm.

Las condiciones de precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron durante el período en que se desarrollo el experimento se presentan en el cuadro 17.

Material: Las 7 especies de los arbustos, sometidas a la evaluación mineral, se muestran en el cuadro 18 donde, se observa que existió diferencia en cuanto al número de muestreos y período en el cual se sometieron las diferentes especies de arbustos. Por diferentes causas que a continuación vamos a describir.

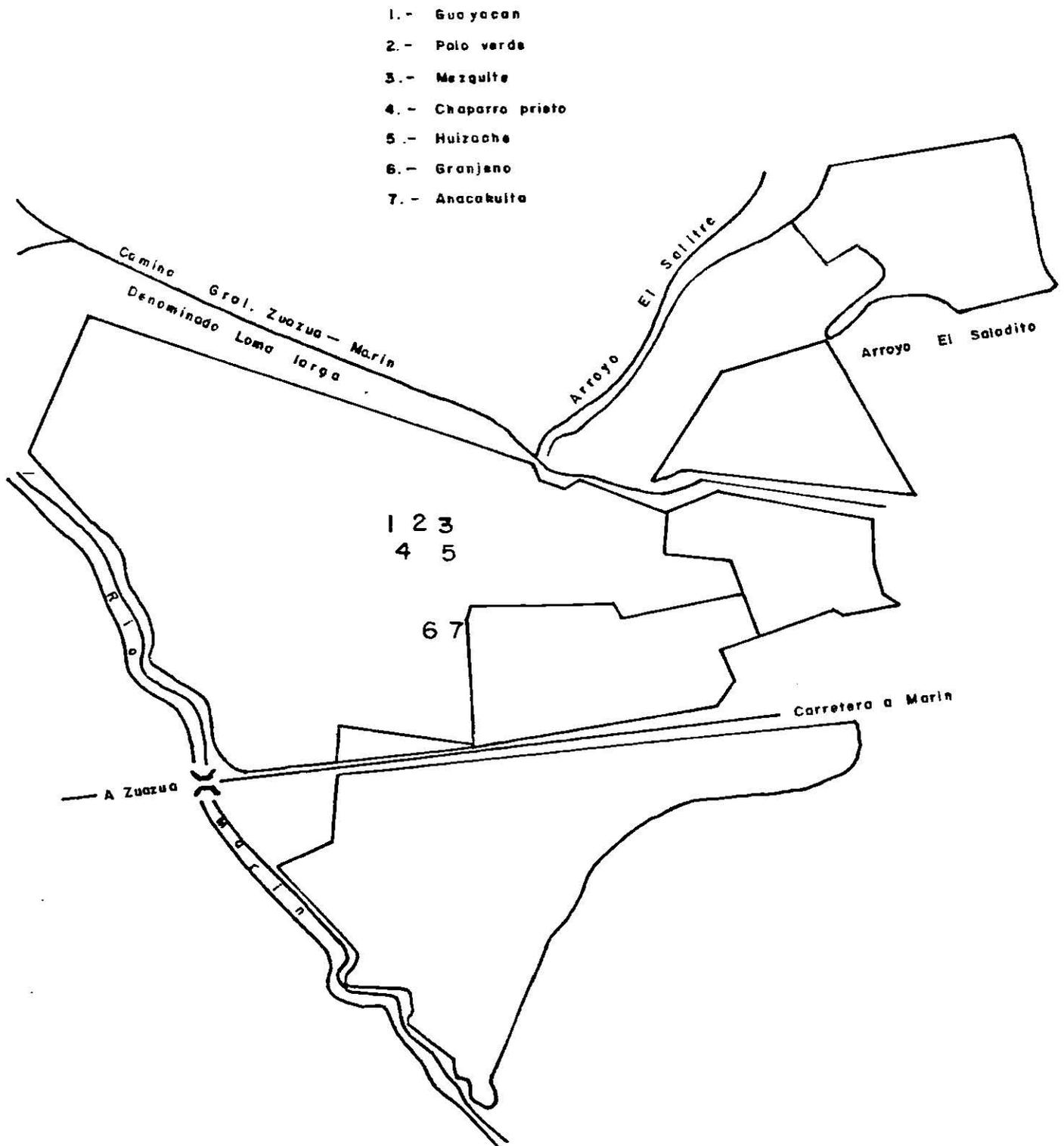


FIGURA 2. MAPA DE UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PARA LAS 7 ESPECIES ARBUSTIVAS RECOLECTADAS DE ENERO-ABRIL 1986

Cuadro 17. Precipitación (mm) y temperaturas (°C), promedio cada 10 días, registradas en la Estación Meteorológica de la F.A.U.A.N.L., en el período de Enero-Abril, 1986.

MES	DIA	pp media (mm)	T° media (°C)
Enero	10	.00	11.40
	20	.00	14.45
	30	.00	16.54
Febrero	10	.60	17.00
	20	1.90	18.68
	28	.00	18.76
Marzo	10	9.80	20.83
	20	.00	22.45
	30	.00	20.55
Abril	10	.00	25.60
	20	.00	26.20
	30	23.90	24.90

(Fuente: Estación Meteorológica de la F.A.U.A.N.L.)

Cuadro 18. Número de muestreos y período (c/10 días) en el cual fueron sometidas las 7 especies de Arbustos.

Arbusto	No. de muestreos	Período en el cual se efectuaron los muestreos
Guayacan ( <u>Porlieria angustifolia</u> )	12	Enero-Abril, 1986
Palo Verde ( <u>Cercidium macrum</u> )	7	Enero-10 Marzo, 1986
Mezquite ( <u>Prosopis glandulosa</u> )	11	Enero-Febrero y 20-Marzo-Abril, 1986
Granjeno ( <u>Celtis pallida</u> )	12	Enero-Abril, 1986
Chaparro Prieto ( <u>Acacia rigidula</u> )	12	Enero-Abril, 1986
Huizache ( <u>Acacia farnesiana</u> )	12	Enero-Abril, 1986
Anacahuíta Higueras ( <u>Cordia booisieri</u> )	11	Enero 20-Abril, 1986
Anacahuíta Merín ( <u>C. booisieri</u> )	6	Marzo-Abril, 1986

Los muestreos se empezaron a realizar el 10 de Enero, 1986. Encontrándose en esta fecha que el arbusto Anacahuita Marín (a la cual se le asignó ese nombre, por estar ubicada en las pastas de la F.A.U.A.N.L.), se encontraba en letargo, debido probablemente a las bajas temperaturas registradas en el mes de Diciembre de 1985. Esto motivó a localizar otra Anacahuita que reemplazara la anterior, la cual se ubicó en la carretera Marín-Higueras (Km. 7) y por tal motivo se le asignó el nombre de Anacahuita Higueras; y se empezó a coleccionar el 20 de Enero de 1986. Posteriormente a medida que transcurrieron los muestreos la Anacahuita Marín presentó nuevos rebrotes y se le empezó a coleccionar el 10 de Marzo de 1986.

El Palo Verde se empezó a coleccionar el 10 de Enero de 1986, en el cual se observó que a medida que transcurrieron los muestreos esta presentaba una reducción acentuada de su follaje, esto pudo deberse a la marcada sequía en Enero y Febrero aunado a esto se observó que de los 5 individuos asignados para coleccionar el Palo Verde, dos de ellos se encontraban en letargo; por tales motivos llegó un momento en que el Palo Verde, no presentaba el suficiente follaje para coleccionarlo, por lo tanto se dejó de muestrear el 10 de Marzo de 1986.

Al Mezquite se le efectuaron solo 11 muestreos ya que el muestreo del 10 de Marzo no se pudo llevar a cabo por causas ajenas al experimento.

Los aparatos utilizados fueron los siguientes:

- a) Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Zeiss) FMD4
- b) Espectrofotómetro PMQ<sub>3</sub> (Zeiss).

Los reactivos utilizados fueron:

- HCl concentrado y al 1 N y .1 N.
- $\text{HNO}_3$  concentrado y al 1 N.
- Óxido de lantano al 1%.
- Solución de vanadato -molibdato de amonio en ácido nítrico.

Métodos : Para realizar esta tesis se llevó a cabo la siguiente metodología:

- 1.- Método de Muestreo.
- 2.- Método de Laboratorio.
- 3.- Método Estadístico.

Método de Muestreo : La mayoría de los nutrientes no se encuentran en igual concentración en todas las partes de la planta o en partes similares de la planta en posiciones diferentes de la misma. (Busso y Brevedan, 1981). Partiendo de este principio y tomando en cuenta que la cabra efectúa un pastoreo selectivo se recolectaron las muestras foliares al azar en cada individuo de la especie del arbusto, tratando de simular en lo posible el ramoneo que efectúa la cabra en pastoreo.

A cada arbusto se le ubicó en un plano representativo de la pasta tomando 5 individuos por especie de arbusto, los cuales siempre se muestrearon, colectando aproximadamente 100 grs. de los 5 individuos de la especie del arbusto, tratando que la muestra fuera representativa de los 5 individuos.

Se muestrearon cada 10 días (3 veces por mes), en el período de Enero-Abril, 1986 a excepción de las especies de los arbustos mencionados en el cuadro 18. Además se tomaron datos sobre la fenología presentada por las especies de los arbustos a través de la evaluación en el período, antes citado.

Metodo de Laboratorio : La muestra colectada de los 5 individuos por especie, la cual era de aproximadamente 100 grs. eran trasladadas al laboratorio en bolsa de papel después de cada muestreo posteriormente se metían en un horno a 65°C para ser secadas por un período de dos días. Después eran molidas en un molino de Wiley (20 mesh), y se guardaban las muestras en frascos hasta su análisis.

El método de extracción escogido fue por medio de digestión seca, en la cual a partir de 1 o .5 grs. de muestra, se calcinaba por medio de la mufla, en la cual se recomienda que la temperatura, no excediera los 500°C, por un período de 8 horas. El método de análisis químico utilizado se muestra en la figura 3.

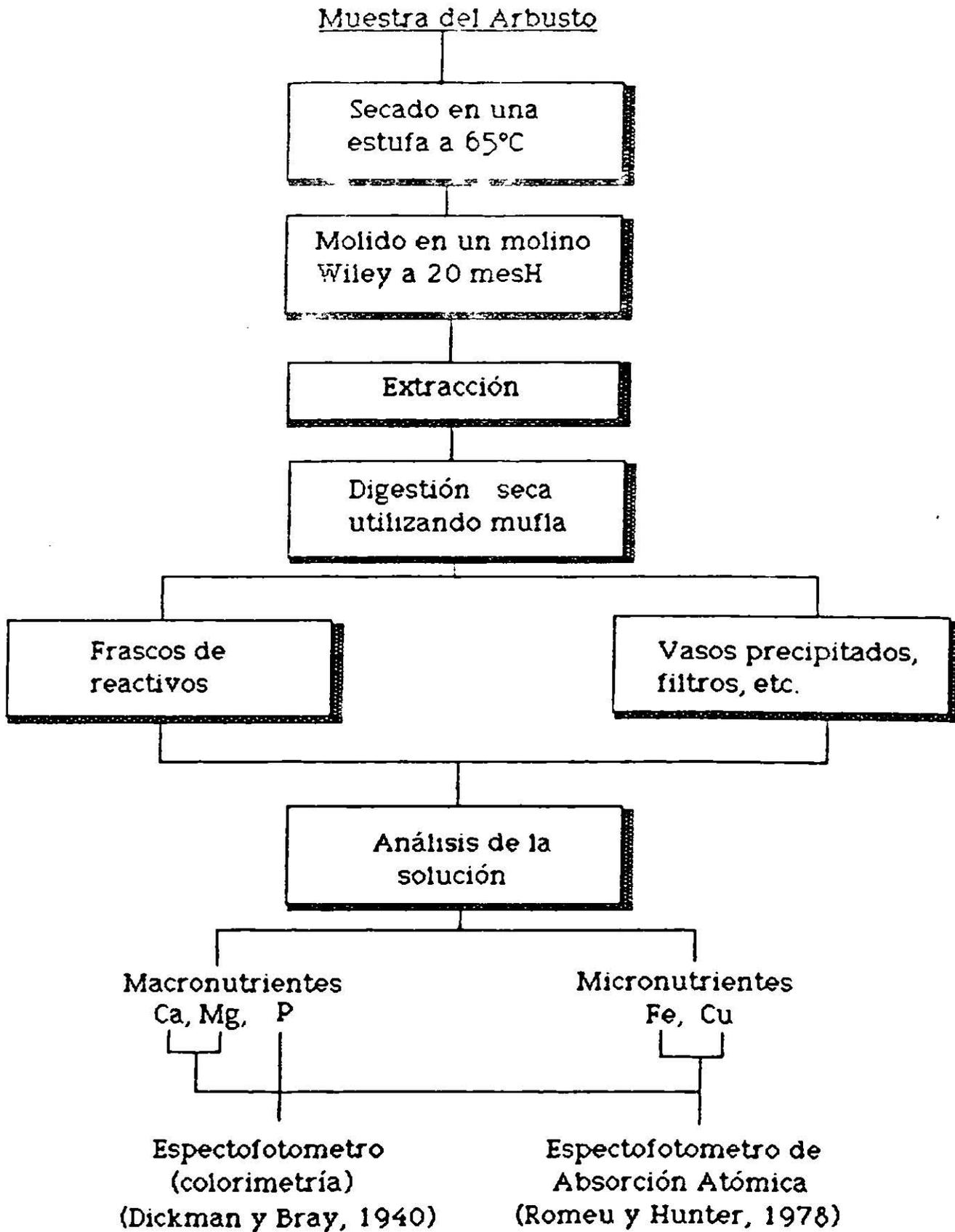
La metodología seguida, para el análisis mineral de las muestra foliares fueron:

a) Método de Espectrofotometría de absorción atómica. Por este método se determinaron los siguientes elementos minerales: calcio, magnesio, hierro y cobre (Romeu y Hunter, 1978).

b) Método de Espectrofotometría (colorimetría). Por este método se determinó el fósforo. (Dickman y Bray, 1940).

Figura 3.- Método de Análisis Químico utilizado

Procedimiento:



Una vez obtenidas las absorvancias reportadas por el espectrofotómetro, se procedió a los cálculos matemáticos como a continuación se describen:

La Ley de Lambert-Beer indica que la función matemática que relaciona la absorvancia, con la concentración es una línea recta si no es recta no se cumple. Por lo tanto, se procedió a realizar para cada nutriente por separado, su respectiva curva de calibración, en la cual se tomaba, una alícuota de la solución patrón conocida y se procedía a diluirla, esto nos daba concentraciones conocidas de acuerdo a los mililitros diluidos, para luego ser tomada su lectura en el espectrofotómetro, estas curvas de calibración se realizaban con el fin de encontrar la ecuación de la recta que pasa por el medio de los valores mililitros diluidos (concentración conocida X) y abasorvancias (Y) de tal forma que el modelo de regresión lineal simple es el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (1)$$

en donde:

Y = es el valor general de la variable de respuesta absorvancia.

X<sub>i</sub> = valor i de la concentración.

$\beta_0$  y  $\beta_1$  = son los parámetros de la población en la cual  $\beta_0$  es la constante de regresión y  $\beta_1$  es el coeficiente de regresión.

i = es igual subíndice que va de 1 a n que son el número de valores de X.

en donde la ecuación queda como sigue:

$$X_i = \frac{Y - \beta_0}{\beta_1} \quad (2)$$

A partir de la ecuación (2), hecha para cada elemento y las absorvancias reportadas por el espectrofotómetro, se procedió a calcular para cada especie de arbusto su concentración. Posteriormente a partir de esta concentración se procedió a los siguientes cálculos:

*Concentración x Factor de dilución x Materia Seca total = ppm de Ca, Mg, P, Fe o Cu en base a materia seca.*

El factor de dilución lo obtuvimos a partir de las diluciones realizadas para cada elemento como a continuación se describe:

a) Calcio y Magnesio.

Diluciones:

1 gr de muestra -----> 25 ml HCl al 1 N = 25

Alicuota 1 ml. -----> 24 ml H<sub>2</sub>O destilada = 25

Alcuota 2 ml. -----> 10 ml de lantano+ 8ml H<sub>2</sub>O  
destilada = 20/2 = 10

$$\begin{aligned} \text{FD total} &= d_1 \times d_2 \times d_3 \\ &= 25 \times 25 \times 10 \\ &= 6,250 \end{aligned}$$

b) Cobre y Hierro.

Diluciones:

1 gr de muestra -----> 25 ml HCl al 1 N = 25

Alicuota 2 ml. -----> Aforo 50 ml, H<sub>2</sub>O destilada = 50/2

$$\begin{aligned} \text{FD total} &= d_1 \times d_2 \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \end{aligned}$$

c) Fósforo.

Diluciones:

.5 gr de muestra -----> 20 ml HCl 1 N se aforó a 50ml = 50/5

Alicuota 2 ml -----> 10 ml de molibdato-vanadato de  
amonio se aforó 50 ml = 50/2

$$\begin{aligned} \text{FD total} &= d_1 \times d_2 \\ &= 100 \times 25 \\ &= 2,500 \end{aligned}$$

Método Estadístico : Los datos obtenidos del análisis mineral, se sometieron a un análisis estadístico de varianza, regresión lineal simple y correlaciones lineal simple de la forma descrita por Wayne. (1981), que a continuación se menciona.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + E_i$$

donde:

Y = es el valor general de la variable de respuesta Y.

$\beta_0$  y  $\beta_1$  = son los parámetros de la población, en la cual  $\beta_0$  es la constante de regresión y  $\beta_1$  es el coeficiente de regresión.

$E_i$  = es un término aleatorio de error.

i = subíndice que va de 1 a n que son el número de valores de X.

El contenido mineral de las 7 especies de arbustos son presentados en los cuadros (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28) del ápendice.

En los cuadros 19, y 20, se muestran los promedios generales del análisis mineral efectuados a las 7 especies de arbustos estudiadas en las 12 épocas de muestreo (c/10 días de Enero-Abril, 1986).

Al evaluar los contenidos minerales, entre especies arbustivas (cuadro 19), se encontró que estas presentaban distintos valores en cuanto a su concentración mineral como lo reportan, Tood. (1970), Smith *et. al.*; (1974), Yepes. (1975), Underwood. (1981) y Foth. (1985).

**Cuadro 19. Concentración mineral promedio, en las especies de arbustos, colectados en el período de Enero-Abril, 1986 (c/10 días). En base a Materia Seca.**

Arbusto	(% ) Cenizas	-----ppm-----				
		Calcio	Fósforo	Magnesio	Hierro	Cobre
Guayacan	15.75	31,367.05	2,558.61	2,729.57	270.83	42.30
Palo Verde <sup>†</sup>	14.69	29,022.54	2,196.29	4,564.47	227.53	15.23
Mezquite *	7.41	14,114.48	1,798.82	1,456.72	80.69	28.00
Granjeno	22.22	32,528.91	1,864.99	4,680.12	90.08	21.14
Chaparro Prieto	7.00	13,500.71	2,523.22	579.99	111.49	22.91
Huizache	10.60	23,267.98	1,227.22	1,575.62	160.14	19.93

<sup>†</sup> nada más se muestreó hasta el 10 de Marzo, 1986.

\* no se muestreó el 10 de Marzo, 1986.

Al analizar los resultados reportados en el cuadro 19 se observó que las diferentes especies de arbustos, se comportaron de diferente manera en cuanto a su contenido mineral observándose lo siguiente: Las cenizas fluctuaron de 7.00 a 22.22%, siendo Chaparro Prieto (Acacia rigidula) la menor y Granjeno (Celtis pallida) la mayor. Los niveles de calcio fluctuaron de 13,500.71 a 32,528.91 ppm, siendo Chaparro Prieto (A. rigidula) la menor y Granjeno (C. pallida) la mayor. Los niveles de fósforo fluctuaron de 1,227.22 a 2,558.61 ppm, siendo el Huizache (A. farnesiana) la menor y el Guayacan (Porlieria angustifolia) la mayor. Los niveles de magnesio fluctuaron de 579.99 a 4,680.12 ppm, siendo Chaparro Prieto (A. rigidula) la menor y el Granjeno (C. pallida) la mayor. Los niveles de hierro fluctuaron de 80.69 a 270.83 ppm, siendo el Mezquite (Prosopis glandulosis) la menor y el Guayacan (P. angustifolia) la mayor. Los niveles de cobre fluctuaron de 15.23 a 42.30 ppm, siendo el Palo Verde (Cercidium macrum) la menor y el Guayacan (P. angustifolia) la de mayor contenido de cobre.

En el cuadro 20 se encuentran los contenidos minerales en la dos Anacahuita (Marín e Higueras), las cuales muestran diferencias interespecies. Estas diferencias en cuanto a su concentración mineral puede ser atribuido a que los dos arbustos de la misma especie se encontraban en diferente estado fenológico (meses de Marzo y Abril, 1986), así como al tipo de suelo ya que en Higueras se encontraba un suelo más calcareo que Marín como lo menciona Underwood, (1981).

**Cuadro 20. Concentración mineral promedio, (en base a M.S.) de Anacahuita Marín e Higueras en los meses de Marzo y Abril, 1986.**

Arbusto	(%) Cenizas	Calcio	Fósforo	Magnesio	Hierro	Cobre
		-----ppm-----				
A. Higueras	18.23	28,717.05	1,177.59	3,154.05	158.27	12.12
A. Marín	14.21	16,579.68	2,603.47	3,348.25	112.02	35.68

Al analizar el cuadro 20 se observa que anacahuita Higueras (Cordia booisieri) presentó mayor contenido de cenizas 18.23%, calcio 28,717.05 ppm y hierro 158.27 ppm mientras que Anacahuita Marín (C. booisieri) mostró mayor contenido de fósforo 2,603.47 ppm, magnesio 3,348.25 ppm y cobre 35.68 ppm.

En los cuadros (29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36) del apéndice se anotaron los resúmenes de los análisis de varianza, efectuados a cada especie de arbusto, indicándose en cada uno de los casos, si existían diferencias significativas por efecto de la época de muestreo.

Además se realizó un análisis de correlación, entre el contenido mineral de las 7 especies de arbustos y las temperaturas, (cuadros 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44 del apéndice) y precipitaciones (cuadros 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 y 52 del apéndice) medias registradas para cada época de muestreo. Con el fin de medir el efecto de estos dos factores, sobre el contenido mineral de las 7 especies de arbustos en estudio.

Debido a que las especies de los arbustos, presentaron diferencias en cuanto a su fenología, se procedió a evaluar cada arbusto, en forma independiente como a continuación se describe:

Guayacan : Las características fenológicas observadas en el Guayacan, en el transcurso de la evaluación son las siguientes: En Enero el Guayacan presentó un alto índice de hojas en avanzado estado de madurez (marchitas) y hojas verdes viejas. En Febrero empezó con los rebrotes foliares y algunos florales; observándose a mediados de Marzo hojas nuevas a la mitad del tamaño de las hojas viejas, con algunos frutos verdes y abundantes flores; a principios de Abril, reportaba todas con frutos verdes, buen follaje con rebrotes foliares abundantes y grandes; presentando a finales de Abril frutos verdes empezando a madurar y bastante follaje y rebrotes.

En el cuadro 29 (del apéndice) se presentan los análisis de varianza para el Guayacan encontrándose diferencia ( $P < .01$ ) en calcio, hierro y cenizas. No se encontró diferencia estadística significativa para el magnesio, fósforo y cobre. En las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se describe el comportamiento asumido por cada nutriente por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo a lo anterior se observó que el Guayacan redujo ( $P < .01$ ) su contenido de cenizas, calcio y hierro linealmente a medida que transcurrieron los muestreos (Figura 4, 5 y 8) esto puede atribuirse a la etapa fenológica en que se colectó el Guayacan. (Kilcher, 1981 y Underwood, 1981).

El magnesio (Figura 6), se comportó con valores relativamente altos en Enero y Febrero probablemente por el alto grado de lignificación (Bowen, 1981), y las bajas temperaturas; para decaer a principios de Marzo tal vez por el crecimiento acelerado al presentarse temperaturas más favorables para el desarrollo vegetativo (Merle y Batchelder, 1980) e incrementar su nivel ligeramente a finales de Abril.

En el fósforo se observó (Figura 7), que en Enero posiblemente debido al marcado estado de madurez en que se encontraban las hojas, el fósforo era bajo; para después incrementarse en Febrero con los principios de los rebrotes; decayendo a mediados de Marzo, quizás por el estado de floración que era más pronunciado (Halvarson y White, 1981) para luego aumentar ligeramente en Abril. (Kilcher, 1981).

El cobre (Figura 9), presentó altos valores hasta mediados de Enero y empezó a disminuir a mediados de Febrero; para después incrementarse hasta finales de Abril (Redy et. al.: 1981 y Munshover y Newman 1978), pudiendo ser por el crecimiento vegetativo ocasionado por las temperaturas más favorables.

Se presentan en los cuadros 37 y 45 (del ápendice) y figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9, las correlaciones simples entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis realizados a las 12 muestras recolectadas del Guayacán durante el período de Enero a Abril de 1986, cuadro 21 (del ápendice).

En el análisis de correlación entre la temperatura y la concentración mineral del Guayacán se encontró diferencia ( $P < .01$ ) en calcio (-.7936),

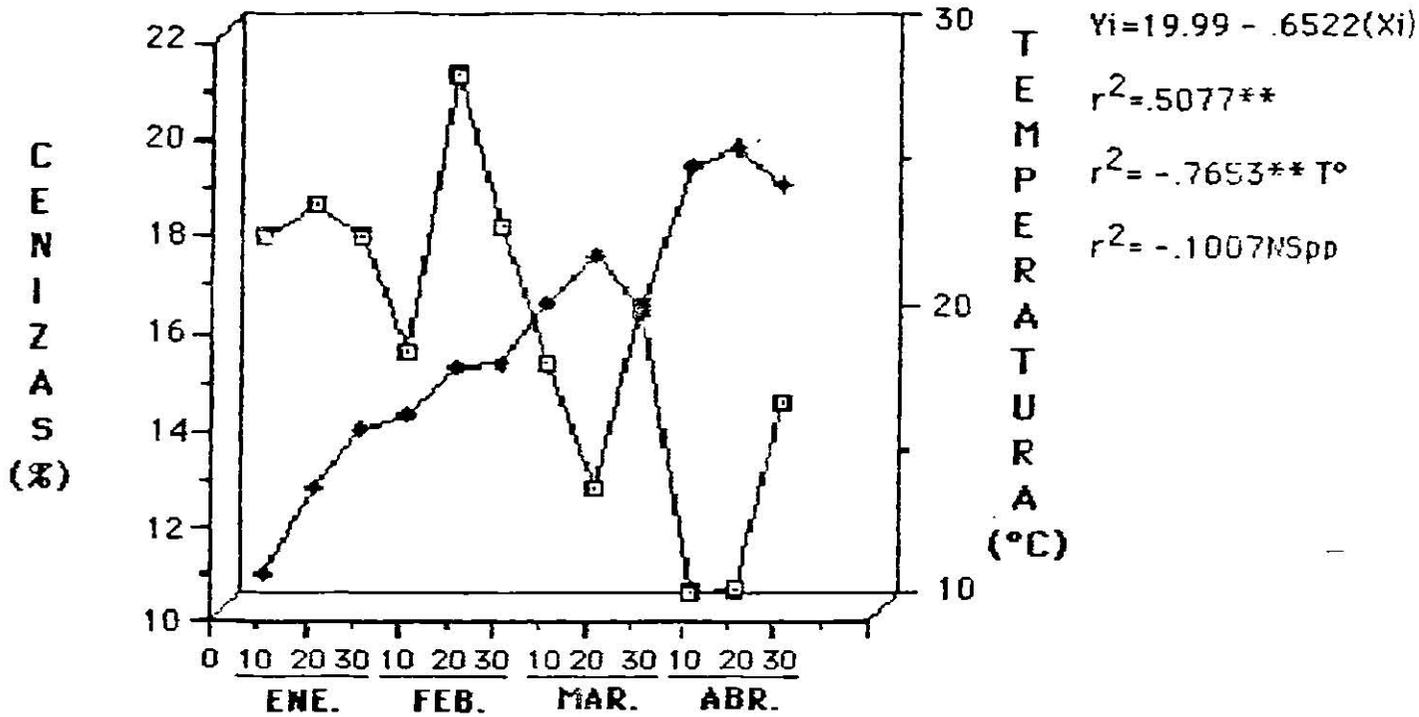


Fig. 4. Distribución del Contenido de cenizas (%) y Temperatura (°C) en el Guayaquil.

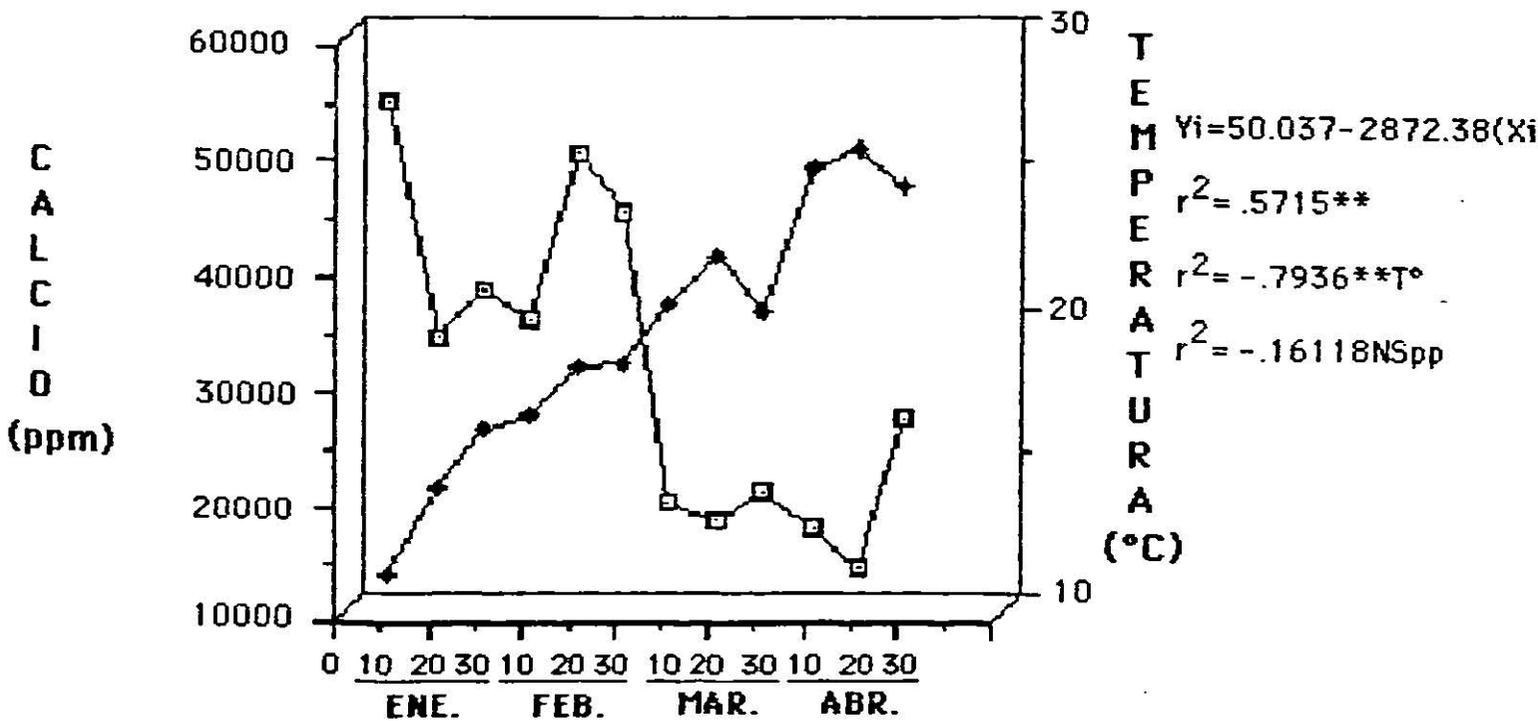


Fig. 5. Distribución del contenido de Calcio (ppm) y temperatura(°C) en el Guayaquil.

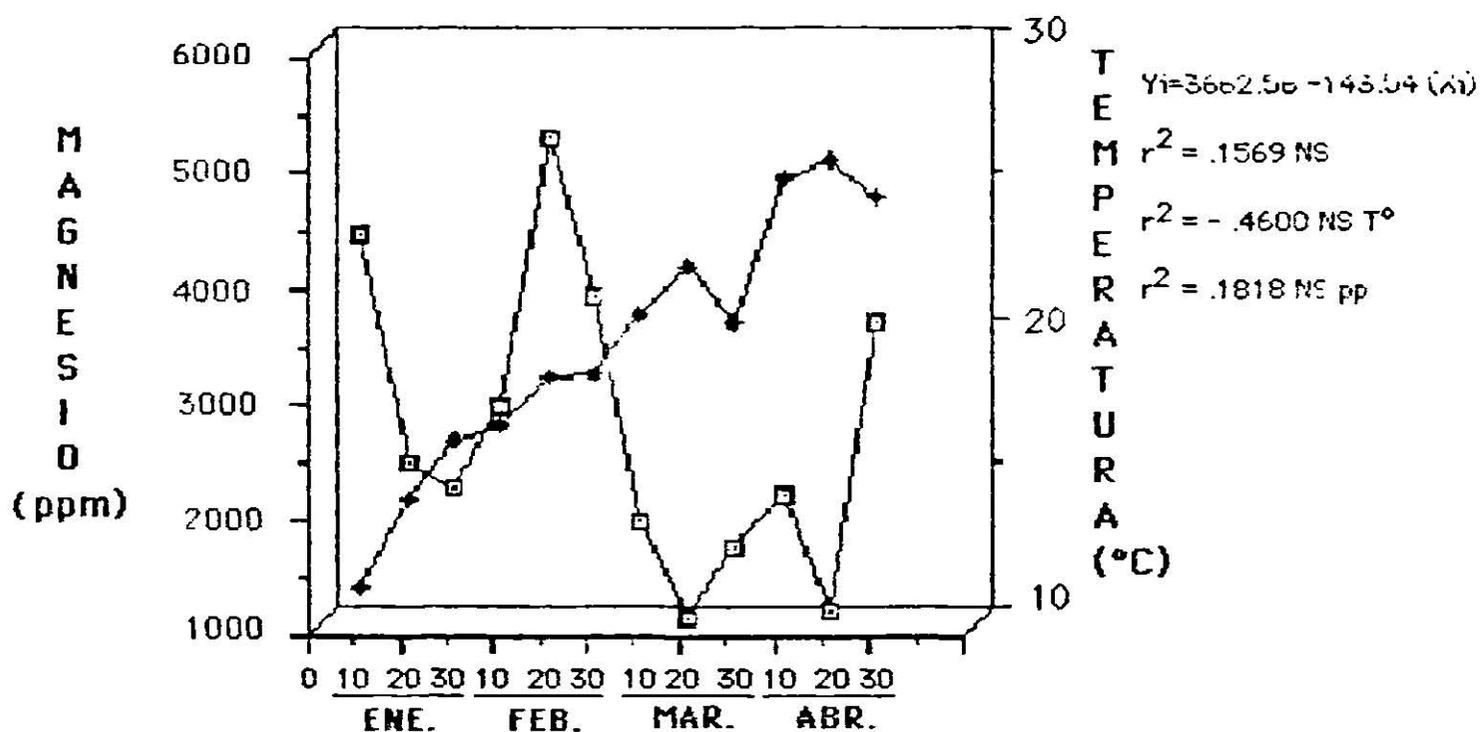


Fig. 6.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (°C) en el Guayaquil

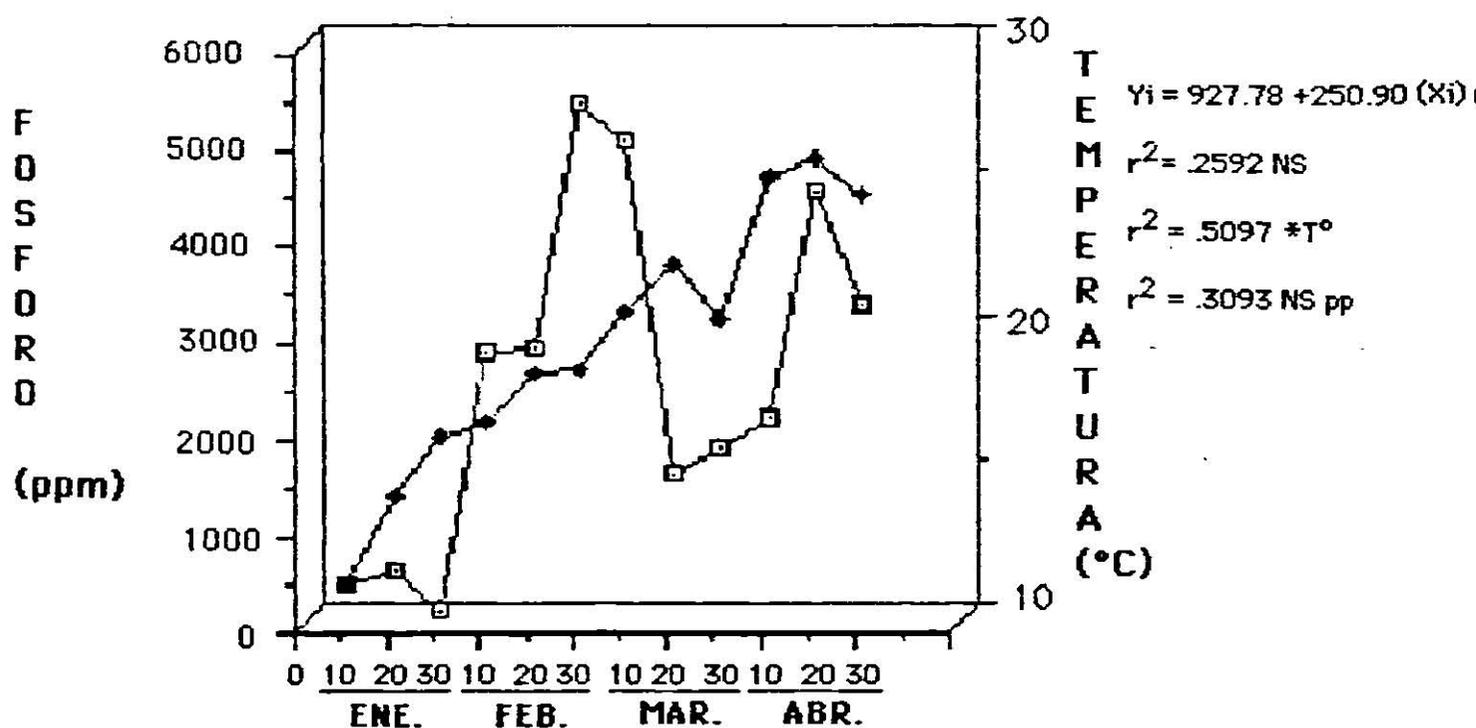


Fig. 7.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y Temperatura (°C) en el Guayaquil

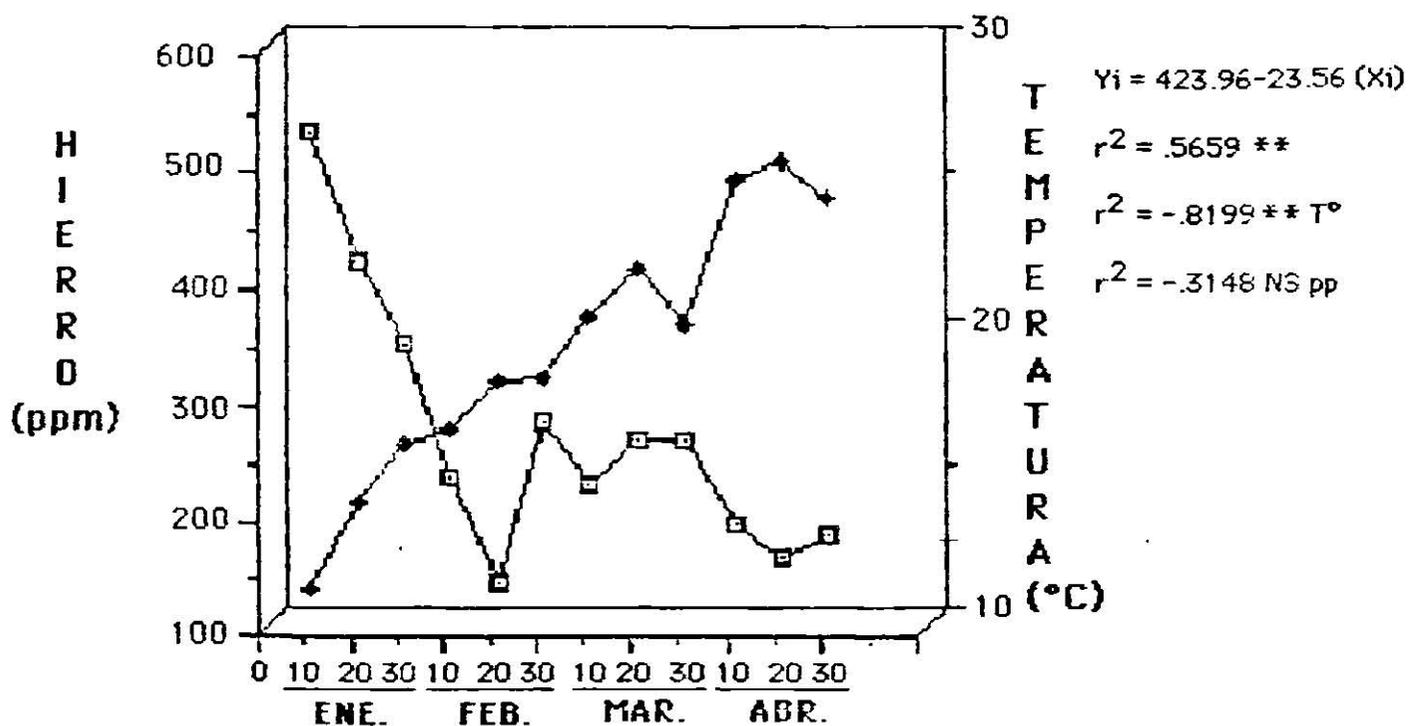


Fig. 8.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Guayaquil.

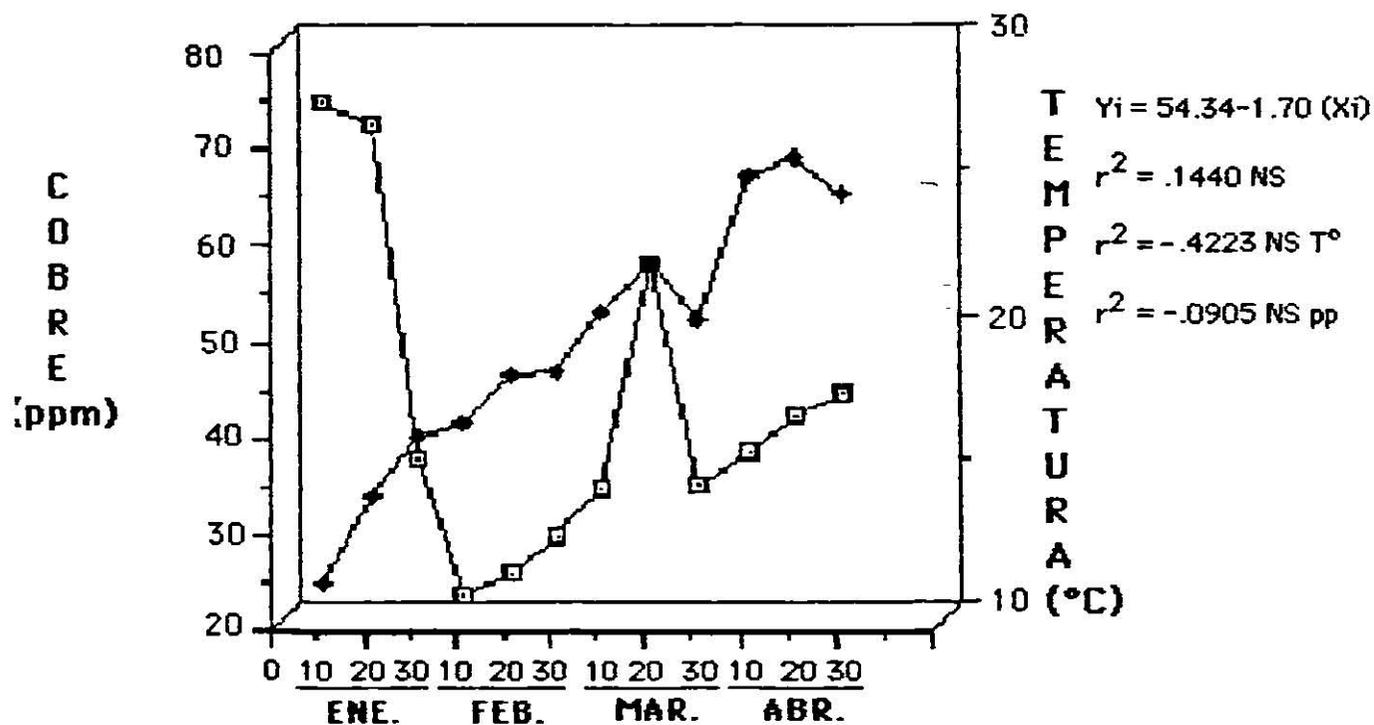


Fig. 9.- Distribución del contenido de Cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Guayaquil.

hierro (-.8189) y cenizas (-.7653), además se encontró diferencia ( $P < .05$ ) en fósforo (.5097). Esto quiere decir que a medida que aumentó la temperatura descendieron los contenidos de ceniza, calcio y hierro a lo mejor porque se presentaron temperaturas favorables para el crecimiento vegetativo. (Stuart *et. al.*; 1973) y aumento el contenido de fósforo en el Guayacan (Busso y Brevedan, 1981), como se observa en las figuras 4, 5, 6, y 9.

El análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral en el Guayacan no presentó diferencia estadística significativa.

Palo Verde : Las características fenológicas presentadas por el Palo Verde en el transcurso de la evaluación de Enero al 10 de Marzo, 1986 son los siguientes: En Enero presentó un alto porcentaje de hojas en estado avanzado de madurez (marchitas); en Febrero se pronunció la defoliación de hojas marchitas; así a principios de Marzo empezó con pequeños rebrotes casi sin hojas y con abundantes rebrotes florales; para el segundo muestreo de Marzo presentó floración el 50% con pocos rebrotes foliares por lo que se dejó de muestrear al presentar poco follaje.

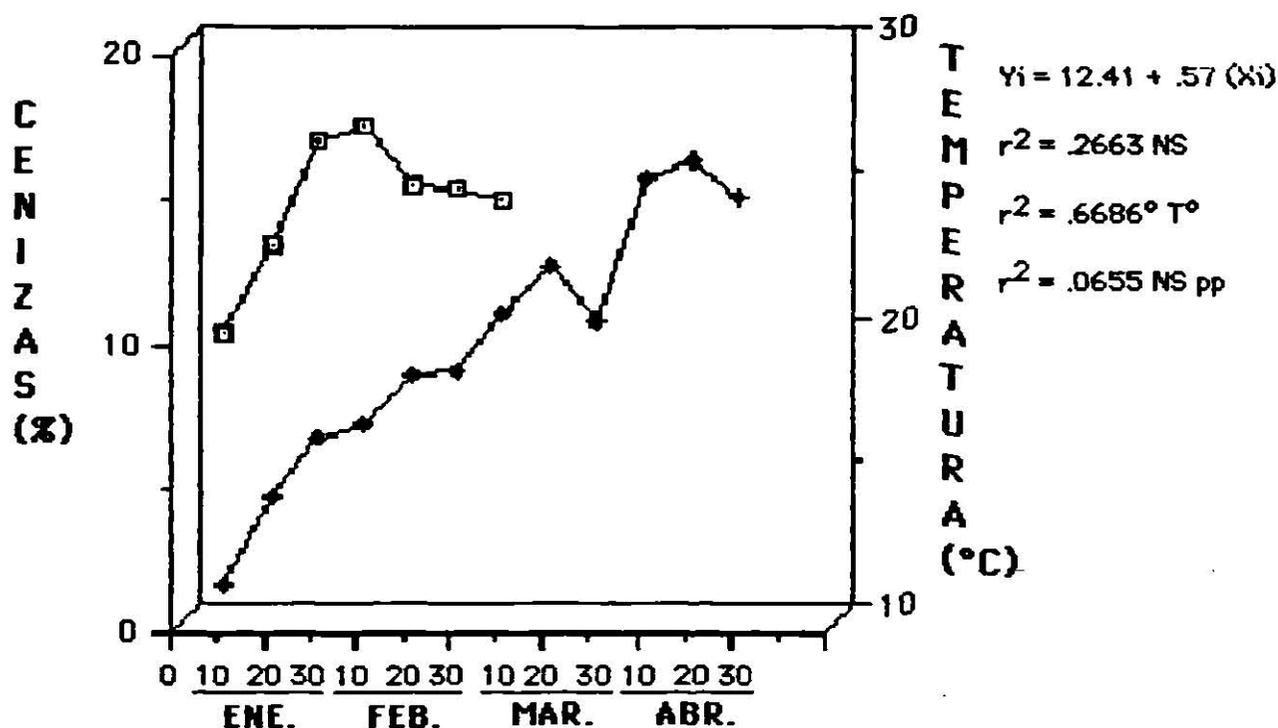
En el cuadro 30 (del apéndice), se presentan los análisis de varianza para el Palo Verde encontrándose diferencia ( $P < .01$ ) en fósforo. Los demás cenizas, calcio, magnesio, hierro y cobre no mostraron diferencia estadística significativa. En las figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se describen el comportamiento asumido por los nutrientes por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo al análisis de varianza el único que mostró diferencia ( $P < 0.01$ ) fue el fósforo, esto nos indica que a medida que transcurrieron los muestreos el contenido de fósforo se incrementó (Figura 13). Esto es atribuido a la etapa fenológica de la planta, la cual se encontraba en letargo (hojas marchitas), para luego presentar sus rebrotes. (Underwood, 1981). También se le puede atribuir al método de muestreo, ya que a medida que transcurrieron los muestreos, se fue reduciendo el número de hojas, y por lo tanto se fue más selectivo al realizar los muestreos es decir, que se colectaba hojas nuevas y rebrotes en todas partes de la planta (Busso y Bredeman, 1981).

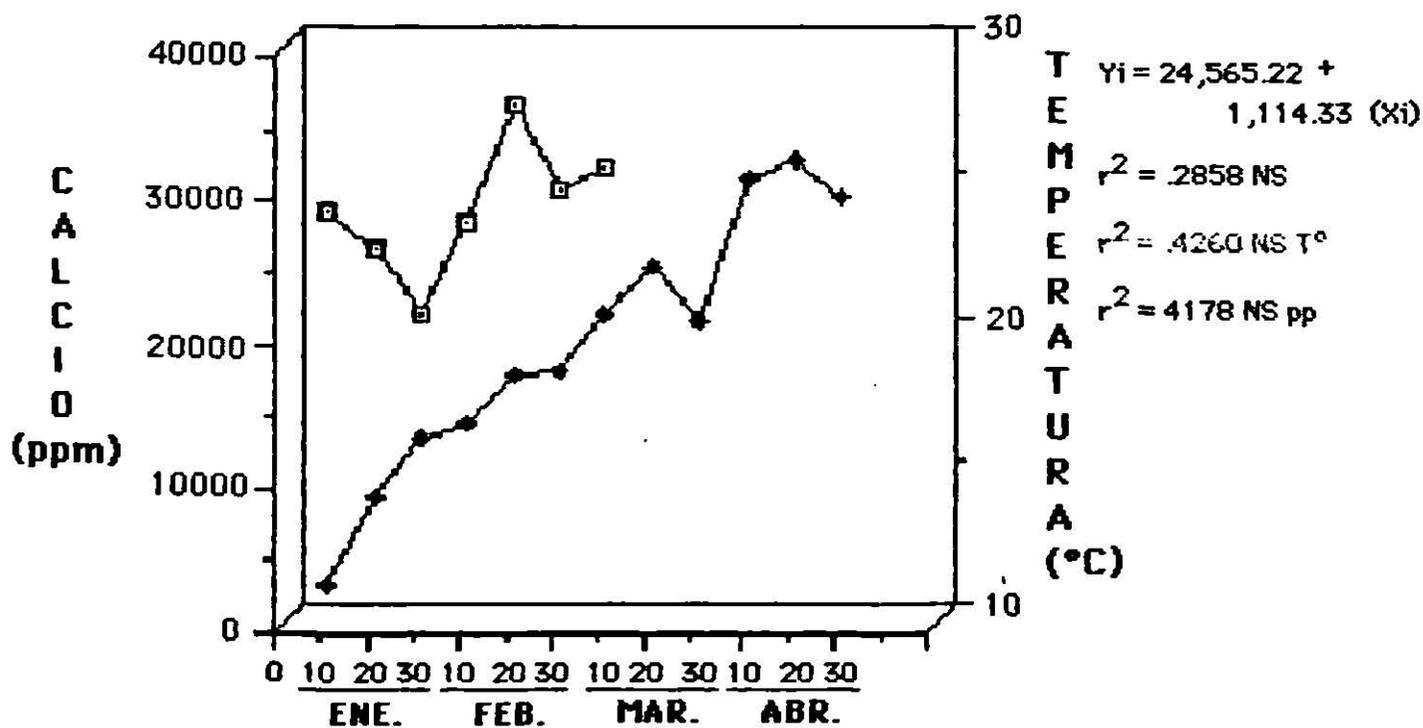
El contenido de cenizas aumentó (Figura 10) de Enero al 10 de Marzo, esto es ocasionado como lo mencionan Uresk y Cline. (1976), a que la parte de los tejidos verdes de la planta son más altos en composición mineral que los tejidos ya maduros; por esto probablemente los tres primeros muestreos presentaron bajo porcentaje de cenizas, para luego incrementarse probablemente por los muestreos más selectivos en donde se recolectaba principalmente hojas verdes y pequeños rebrotes. Esta tendencia también la mostró el calcio y magnesio (Figura 11 y 12).

El contenido de hierro mostró mucha variación a través de los muestreos (Figura 14), esto pudiera atribuirse a la contaminación de las muestras (Mortvedt *et. al.*; 1983). El cobre no mostró mucha variación a través de los muestreos a excepción del primer muestreo, (Figura 15), los demás muestreos fluctuaron entre 23 y 19 ppm.

En los cuadros 38 y 46 (del apéndice) y figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se presentan las correlaciones simples entre el efecto de la temperatura o



**Fig. 10.- Distribución del contenido de Cenizas (%) y Temperatura (°C) en el Palo Verde**



**Fig. 11.- Distribución del contenido de Calcio (ppm) y Temperatura (°C) en el Guayacon**

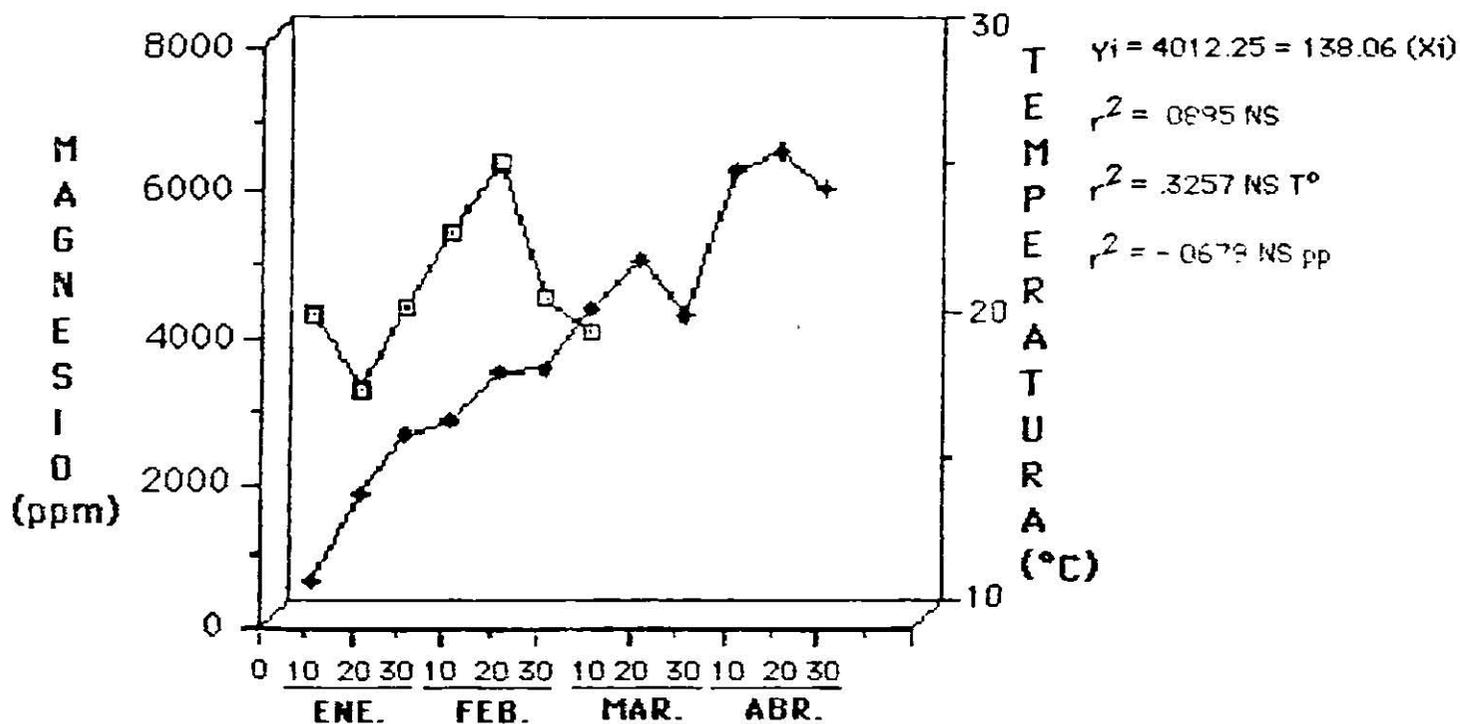


Fig. 12.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (°C) en el Palo Verde

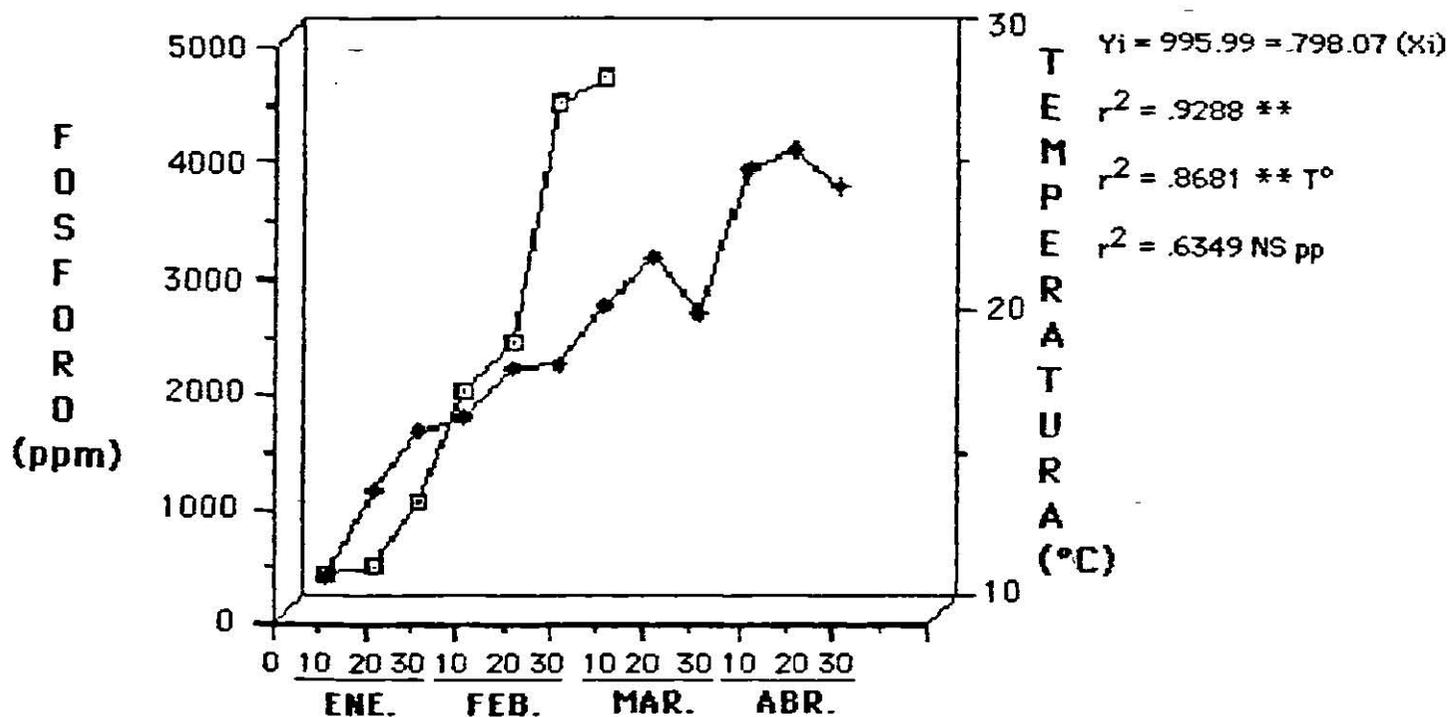


Fig. 13.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y Temperatura (°C) en el Palo Verde.

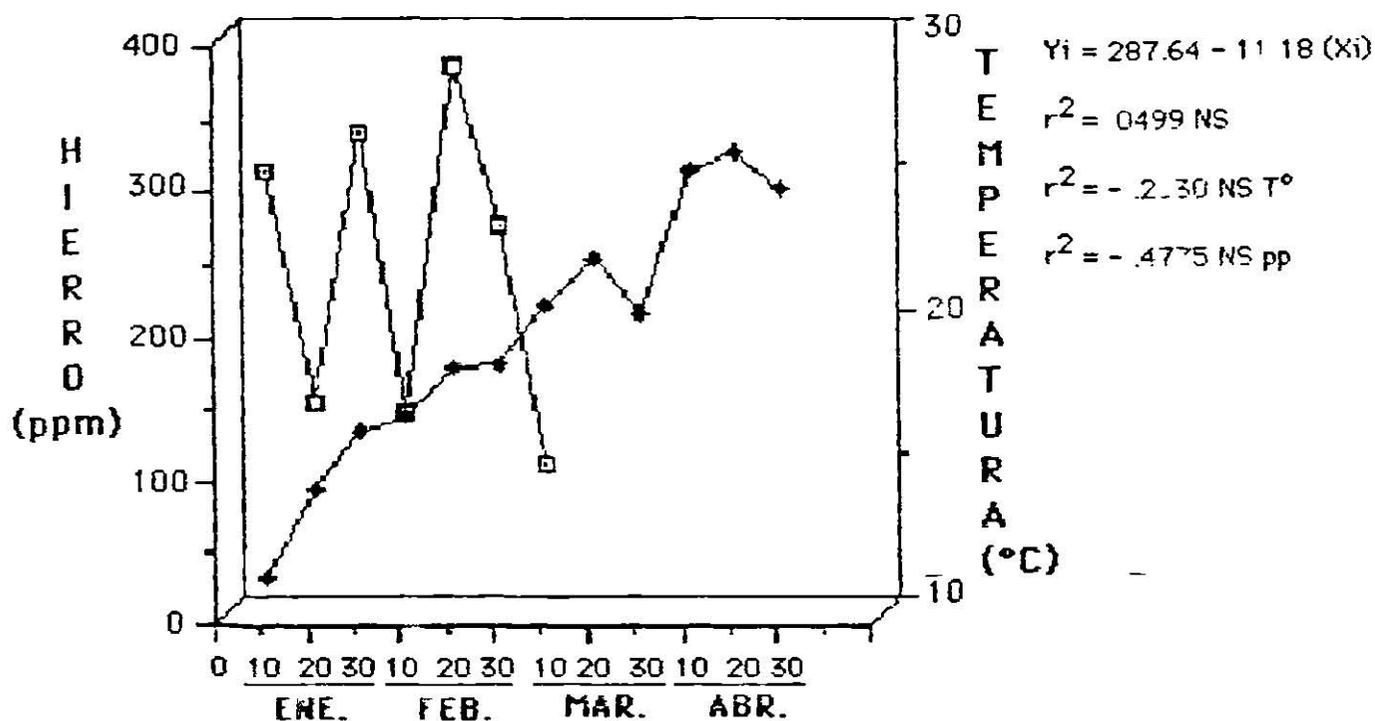


Fig. 14.- Distribución del contenido de hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Palo Verde

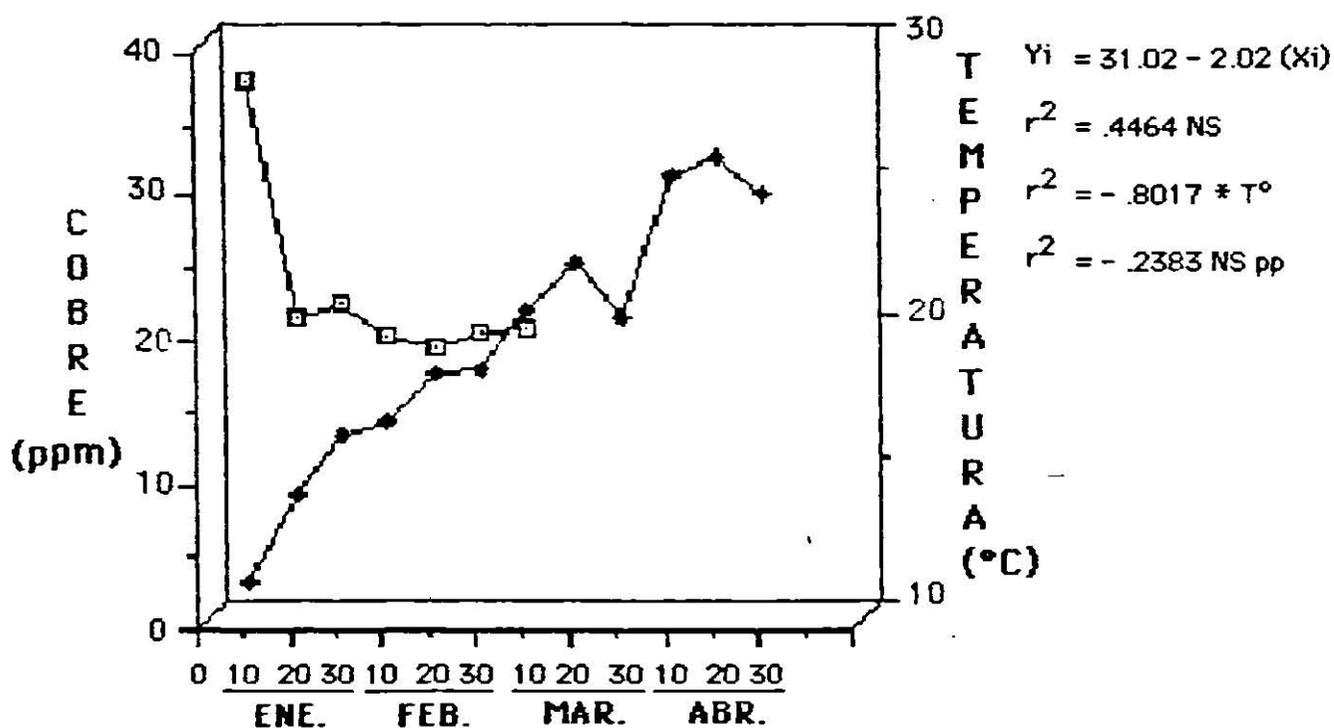


Fig. 15.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Palo Verde

precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados, a las 7 muestras, recolectadas del Palo verde en el período de Enero al 10 de Marzo, 1986. (Cuadro 22 del apéndice).

En el análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral del Palo Verde se encontró diferencia ( $P < .01$ ) en fósforo (.8681) y diferencia ( $P < .05$ ) en cobre (-.8017) y cenizas (.6686). Esto nos indica que a medida que aumentó la temperatura se incremento el contenido de fósforo y cenizas (Figura 10 y 13), por el contrario el cobre redujo su contenido (Figura 15).

El análisis de correlación para la precipitación no mostró diferencia estadística significativa. (Cuadro 46 del apéndice).

Mezquite: Las características fenológicas presentadas por el Mezquite, en el transcurso de la evaluación en el período Enero-Febrero y 20 de Marzo-Abril de 1986, son los siguientes: En Enero el Mezquite presentaba bastante follaje empezando a marchitarse para llegar a mediados de Febrero con defoliación pronunciada sin rebrotes; a principios de Marzo, ya todos habían terminado de florear, con abundante follaje nuevo; a principios de Abril, ya presentaba vainas; para llegar a finales de Abril con abundante follaje nuevo y fruto de color verde.

En el cuadro 31 (del apéndice), se presentan los análisis de varianza para el Mezquite encontrándose diferencia ( $P < .01$ ) en calcio y cenizas y diferencia ( $P < .05$ ) en fósforo y hierro. El magnesio y cobre no mostraron diferencia estadística significativa. En las figuras (16, 17, 18, 19, 20 y 21);

se describe el comportamiento asumido por cada nutriente por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo a lo anterior se observó que el Mezquite redujo su contenido de calcio, cenizas y hierro, linealmente a medida que transcurrieron los muestreos (Figuras 16, 17 y 20); y a su vez el contenido de fósforo aumentó linealmente (Figura 19) a medida que transcurrieron los muestreos. Esto es atribuido al estado fenológico presentado por el Mezquite como lo mencionan; Kilcher. (1981) y Underwood. (1981).

En los cuadros 39 y 47 (del apéndice) y figuras 16, 17, 18, 19, 20 y 21, se presentan las correlaciones simples entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 11 muestras recolectadas de Mezquite en el período de Enero-Abril, 1986 (Cuadro 23 del apéndice).

El análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral del Mezquite, se encontró diferencia ( $P < .01$ ), en cenizas (-.8813), calcio (-.8584) y fósforo (.7216) y diferencia ( $P < .05$ ), en hierro (.5918). Esto es atribuido según Redy *et. al.*; (1981), que al aumentar la temperatura de 11.4 a 26.72°C (Cuadro 22), aumenta la producción de materia seca, en la cual Foth, (1985) menciona que la acumulación de nutrientes se efectúa on taza mayor que el peso de la planta, cuando esta es joven, mientras que ocurre lo inverso cuando la planta se acerca a la madurez. Ello ocasiona una declinación en el contenido de nutrientes con el avance de la edad de la hoja; y por lo tanto disminuyó el contenido de cenizas, calcio y hierro y aumentó el contenido de fósforo (Kilcher, 1981, Rauzi, 1975 y Underwood, 1981).

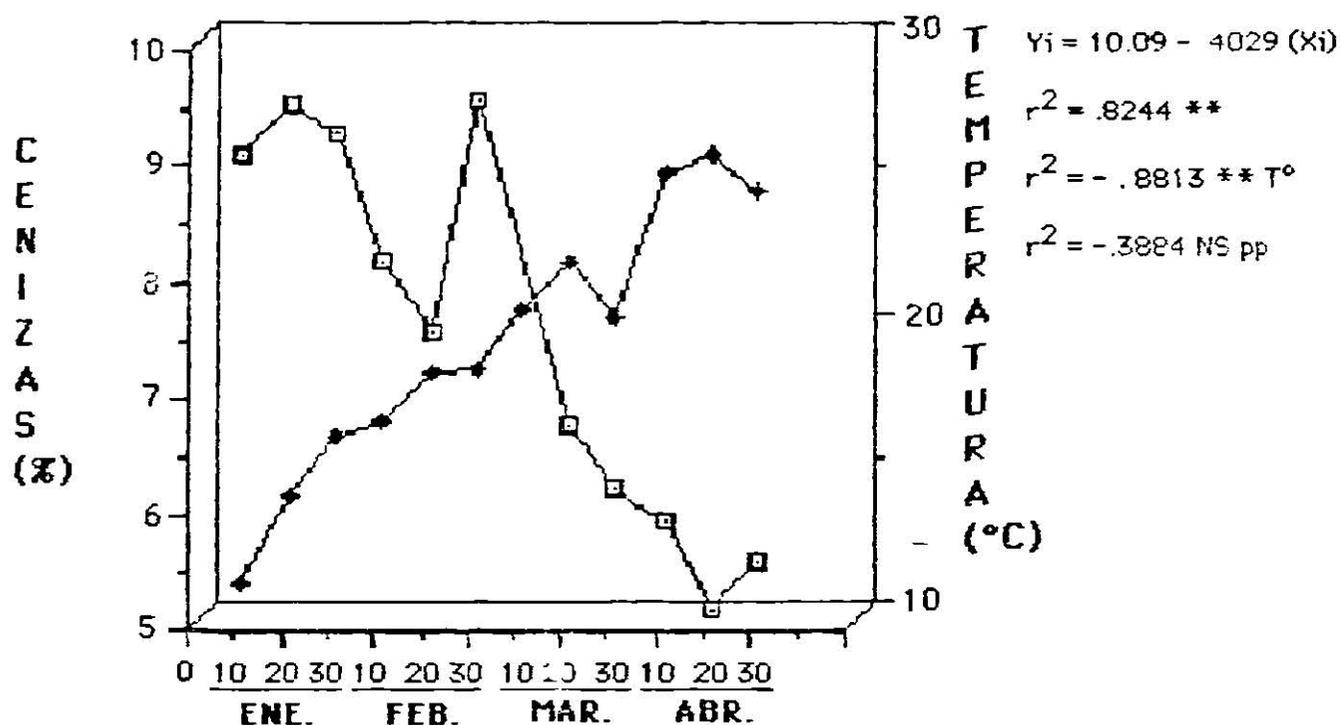


Fig. 16.- Distribución del contenido de cenizas (%) y Temperatura (°C) en el Mezquite

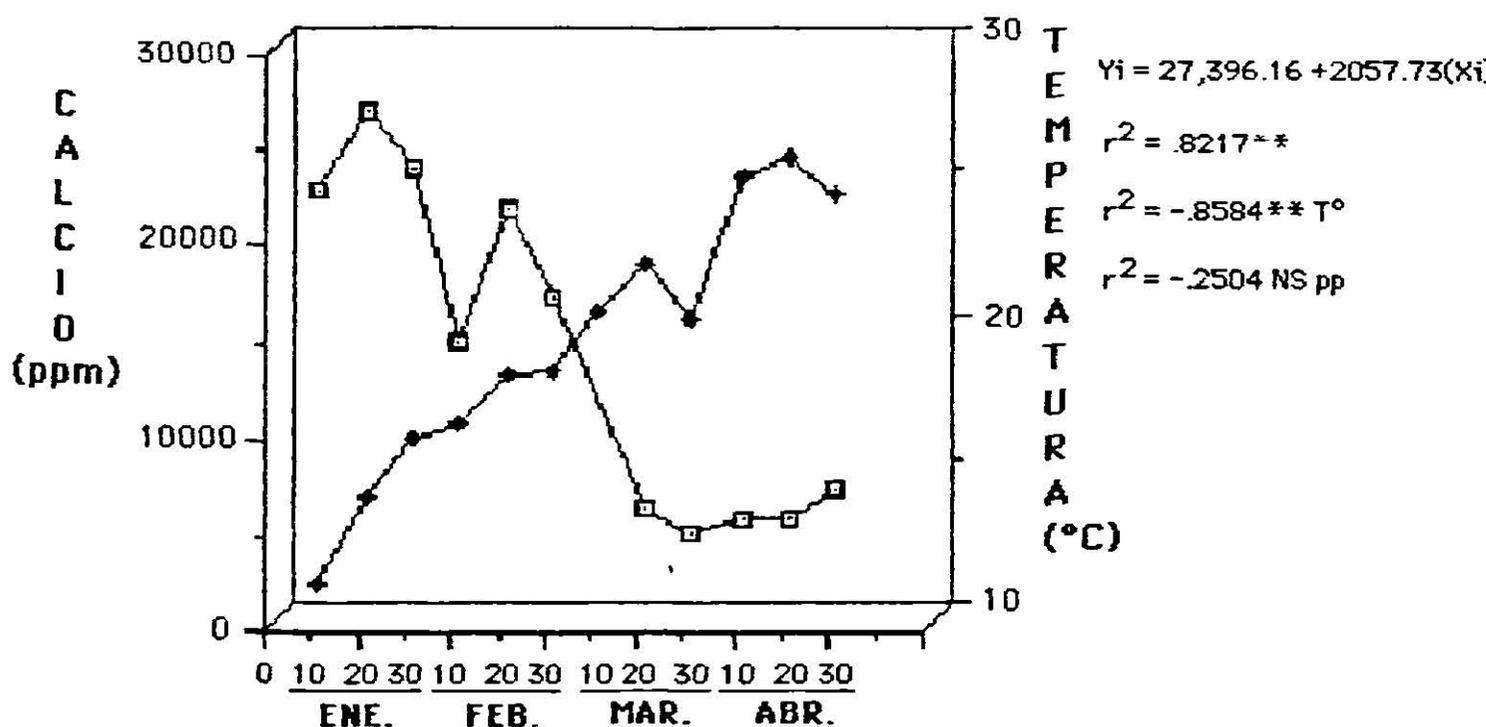


Fig. 17.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura(°C) en el Mezquite

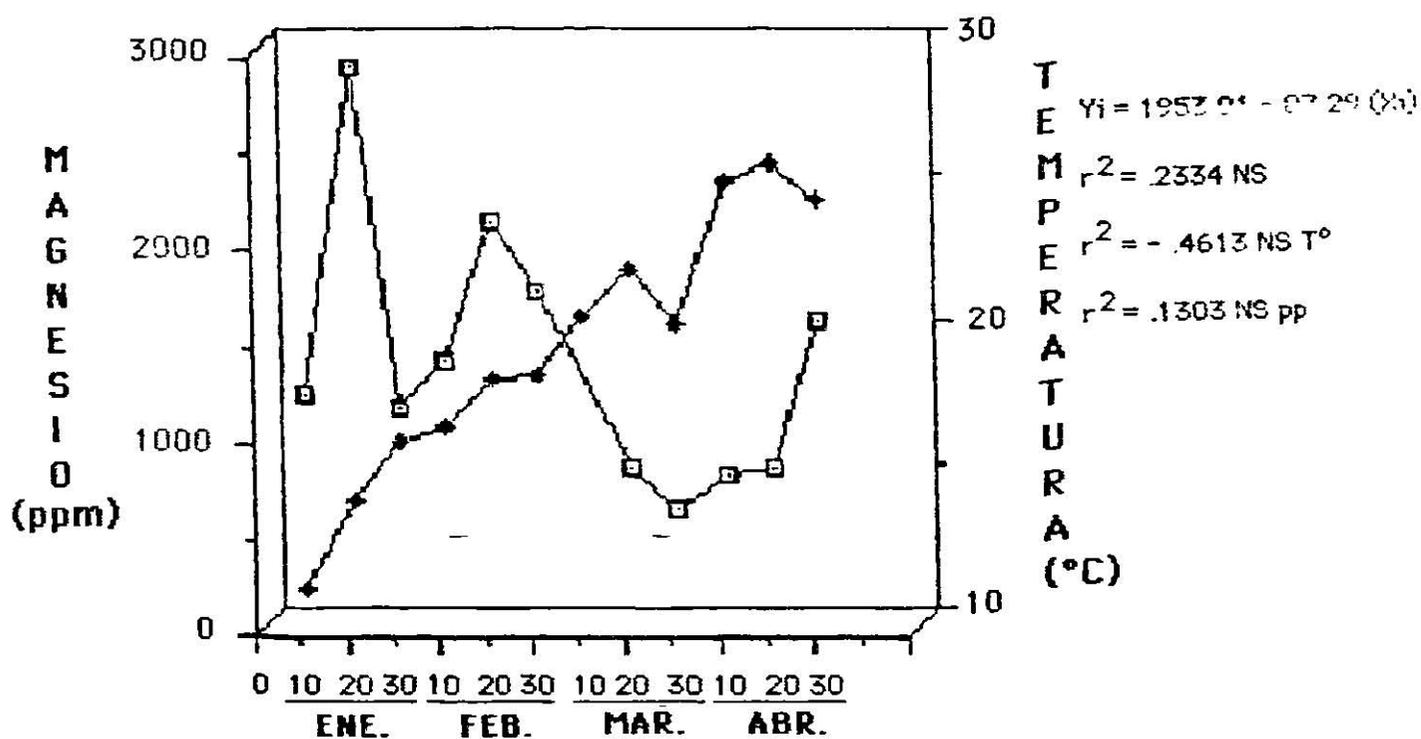


Fig. 18.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (°C) en el Mezquite.

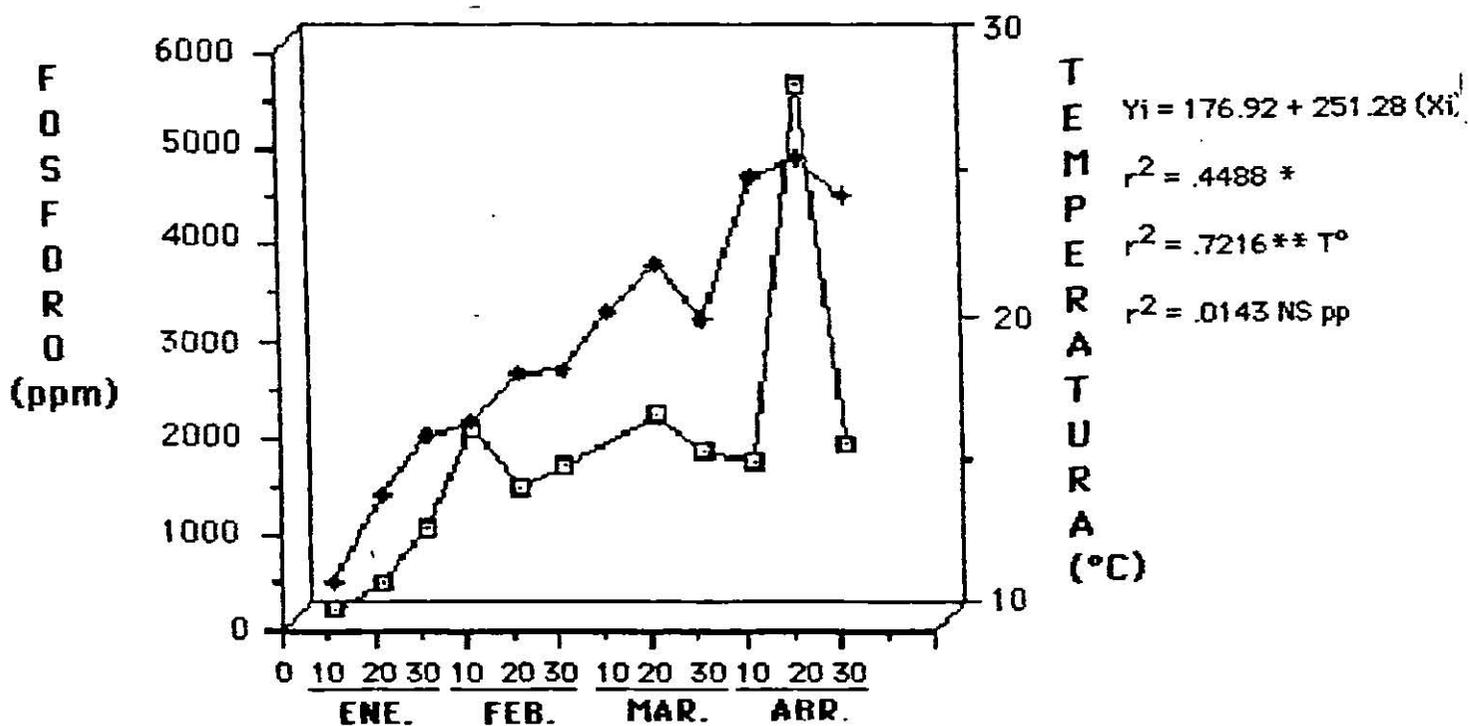


Fig. 19.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y Temperatura (°C) en el Mezquite.

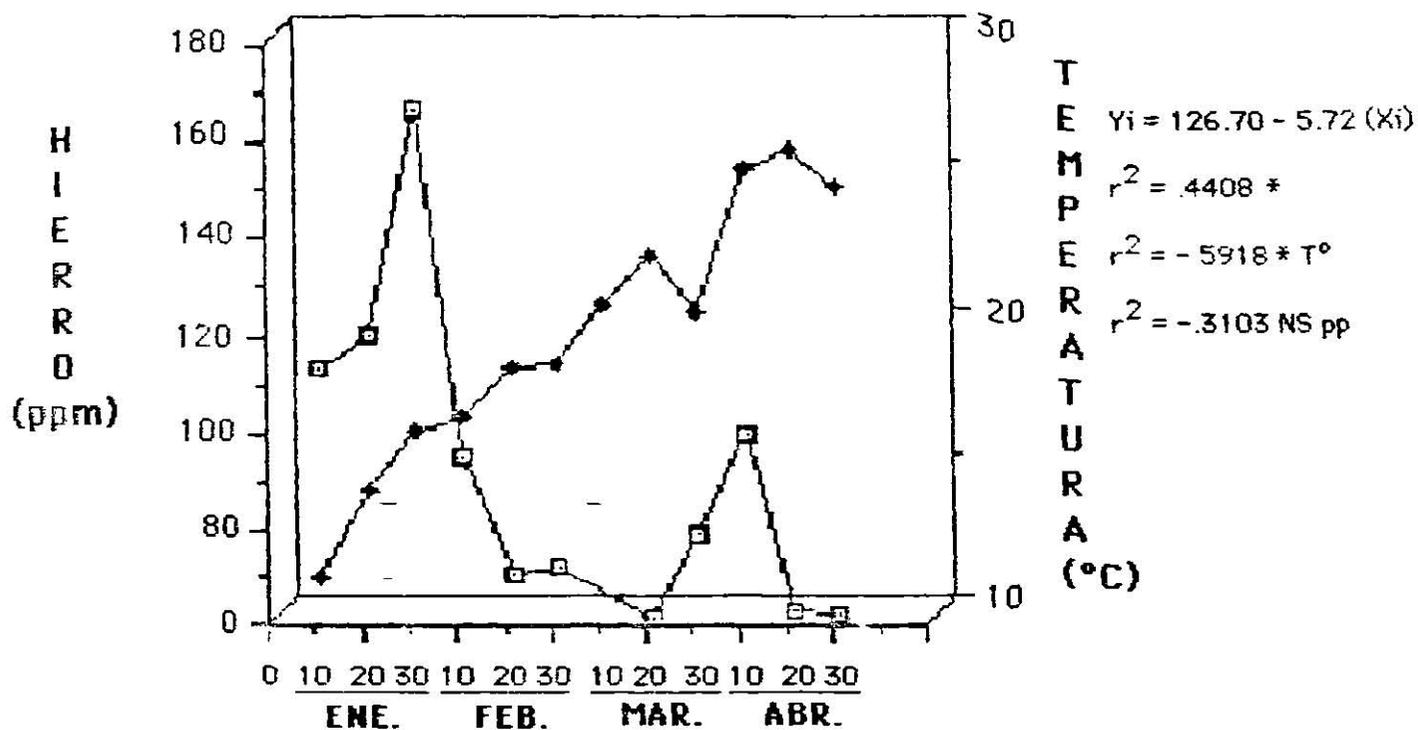


Fig. 20.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Mezquite

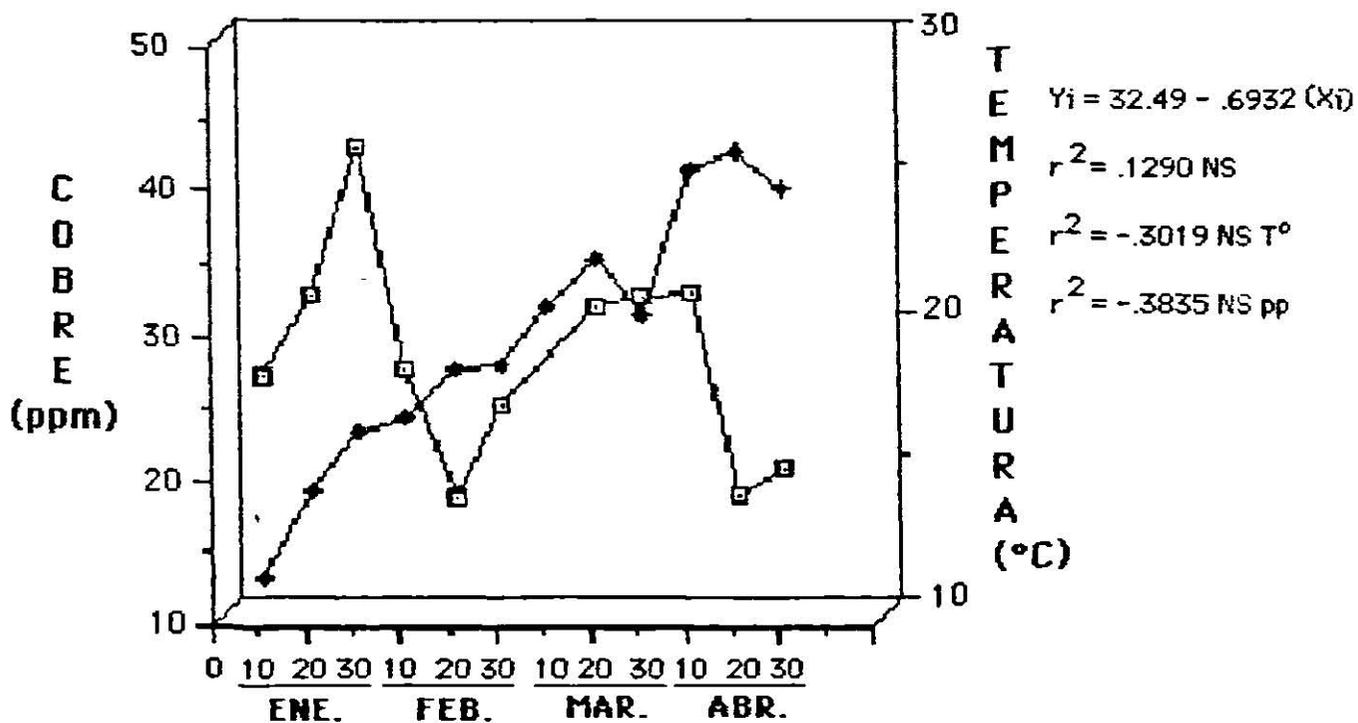


Fig. 21.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Mezquite

En cuanto a las correlaciones simples entre el contenido mineral del Mezquite y la precipitación registrada, no se encontró diferencia estadística significativa.

Granjeno: Las características fenológicas, presentadas por el Granjeno en el transcurso de la evaluación son los siguientes: En Enero y Febrero debido a las bajas temperaturas registradas en Diciembre, 1985, el Granjeno presentaba hojas secas (heladas) y hojas ya maduras, con marchitamiento pronunciado; presentando a finales de Febrero rebrotes foliares y florales; a mediados de Marzo ya presentaba bastante follaje nuevo y abundantes flores, pero con hojas viejas; para llegar a finales de Abril con frutos verdes, y algunos individuos de Granjeno empezando a llenar fruto, pero todavía persistían las hojas viejas, en 2 individuos.

En el cuadro 32 (del apéndice), se presentan los análisis de varianza, para el Granjeno, en la cual se muestra que no existió diferencia estadística significativa, entre la concentración mineral y la época de muestreo como se muestra en las figuras 22, 23, 24, 25, 26 y 27.

El contenido de cenizas (Figura 22) en el Granjeno, en Enero y Febrero mostró poca variación, lo cual puede atribuirse a que se colectó en un estado fenológico similar es decir, hojas viejas y marchitas; para decaer a principios de Marzo, debido probablemente al inicio del crecimiento vegetativo, e irse incrementando, hasta finales de Abril, ocasionado por la acumulación de materia seca y por ende, de minerales. (Foth, 1985).

El contenido de calcio y magnesio (Figura 23 y 24) se comportaron de

una manera similar, disminuyendo marcadamente el contenido de calcio y magnesio, hasta principios de Febrero, ya que las hojas se encontraban marchitas (Uresk y Cline, 1976), para luego mantenerse más o menos estable de mediados de Febrero a principios de Marzo y decaer a mediados de Marzo, tal vez por el estado de floración y la abundancia de rebrotes, e irse incrementando hasta finales de Abril, quizás por el crecimiento y por ende la acumulación de calcio y magnesio (Foth, 1985).

El contenido de fósforo (Figura 25), se mantuvo bajo en Enero debido probablemente a que las hojas se encontraban marchitas (Underwood, 1981), para presentar valores relativamente altos en Febrero y principios de Marzo; a mediados de Marzo empezó a disminuir su contenido, posiblemente por el crecimiento vegetativo y el desarrollo de vástagos florales (Halvarson y White, 1981) y mantener sus niveles más o menos estables hasta finales de Abril.

El contenido de hierro (Figura 26); se observó que presentó valores propios del desarrollo fenológico del Granjeno, como los observados en calcio y magnesio. En cuanto al cobre (Figura 27) se mantuvo más o menos estable su concentración (Munshower y Newman, 1978).

En los cuadros 40 y 48 (del apéndice) y figuras 22, 23, 24, 25, 26 y 27, se presentan los análisis de correlación simple entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 12 muestras recolectadas del Granjeno en el período de Enero-Abril, 1986. (Cuadro 24 del apéndice).

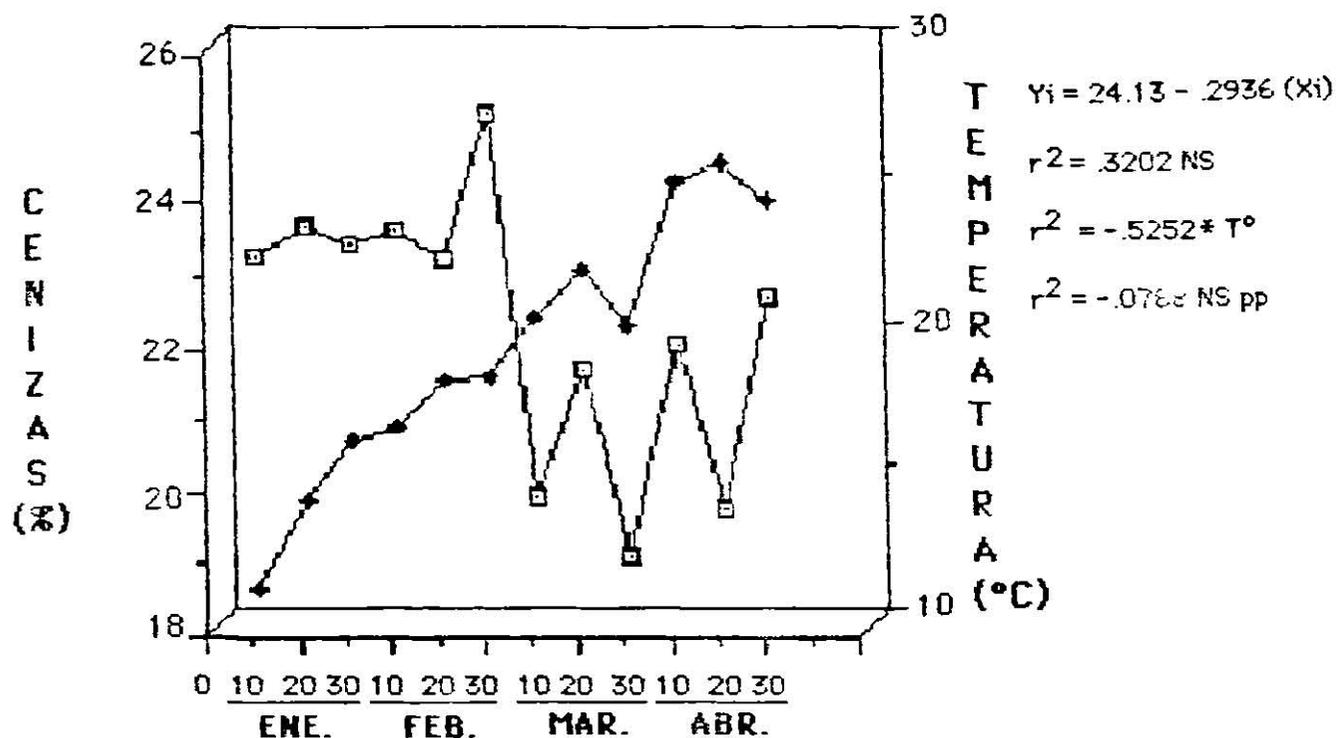


Fig. 22.- Distribución del contenido de Cenizas (%) y Temperatura (°C) en el Granjeno

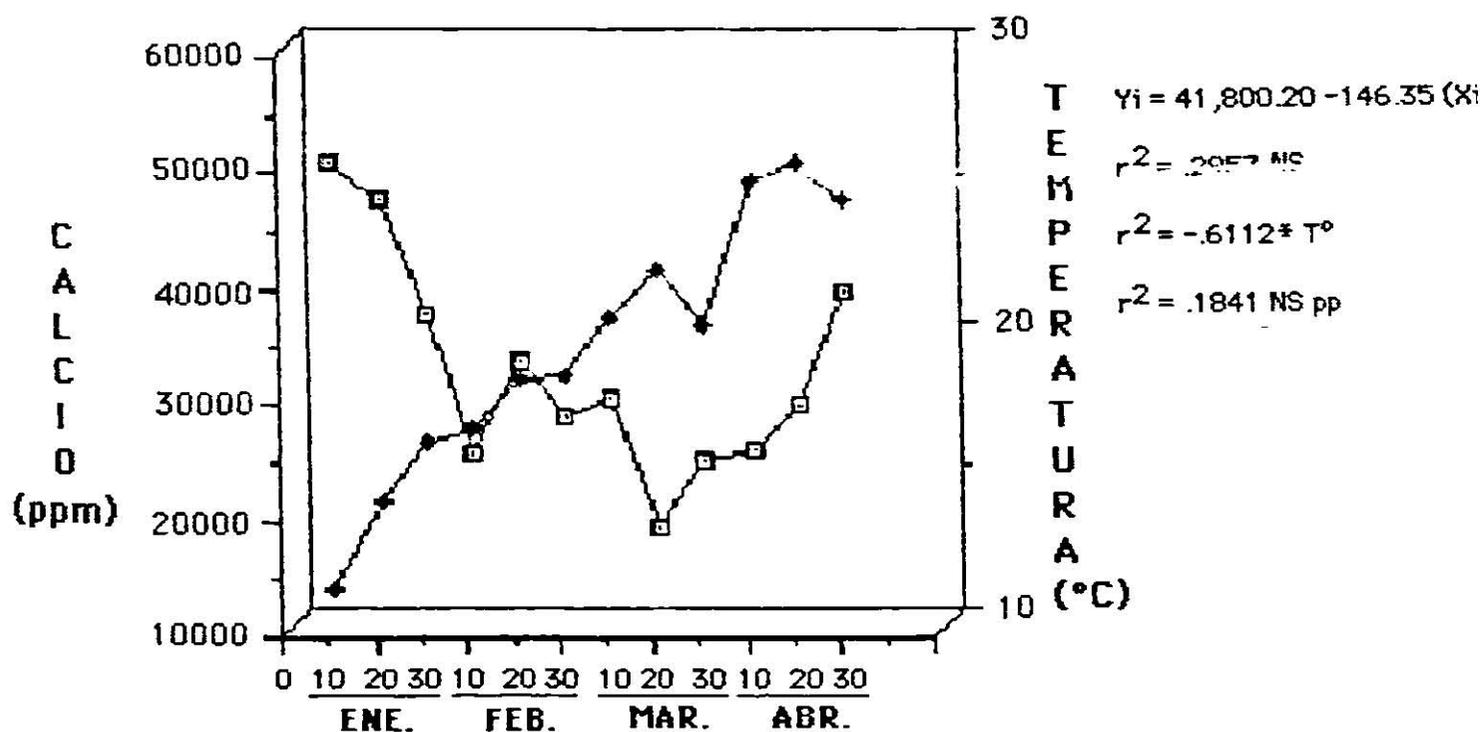


Fig. 23.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en el Granjeno

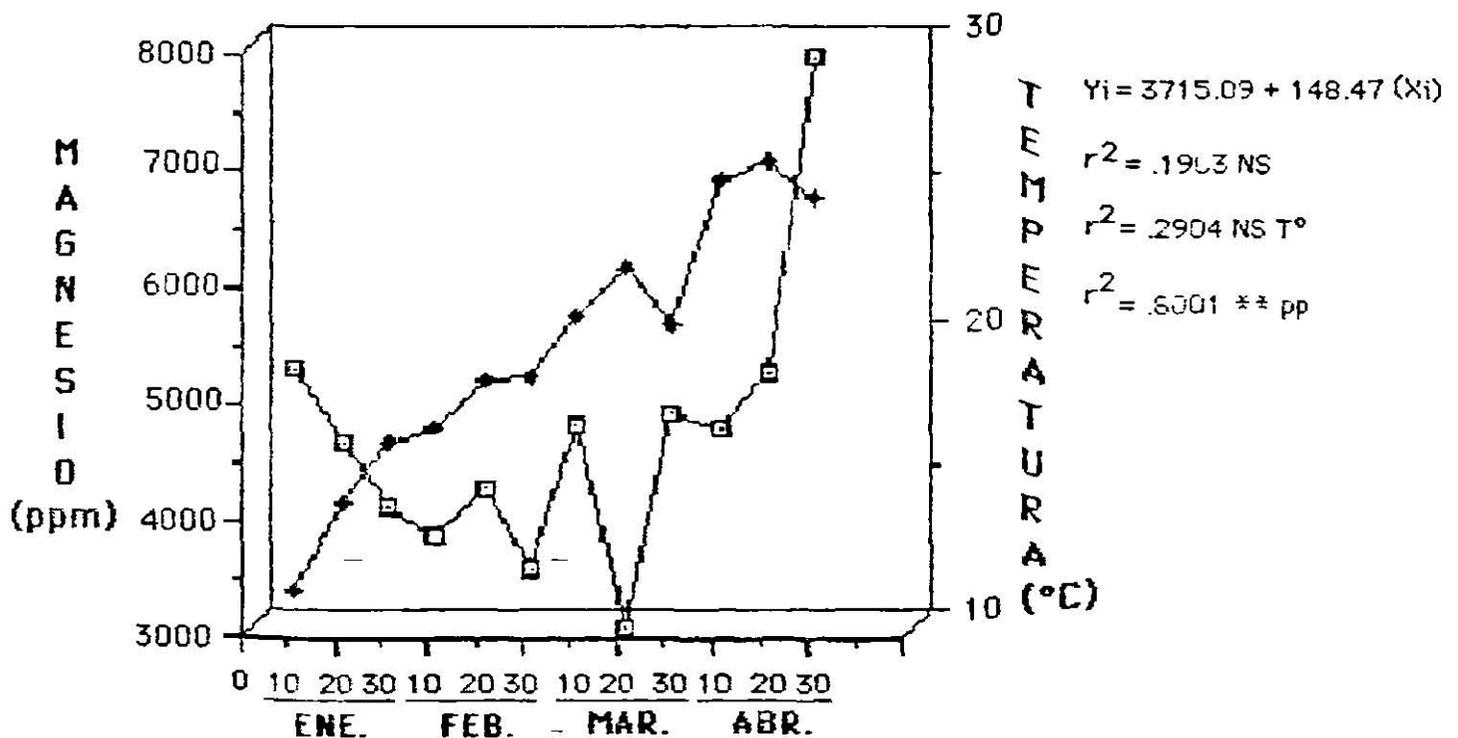


Fig. 24.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (°C) en el Granjeno

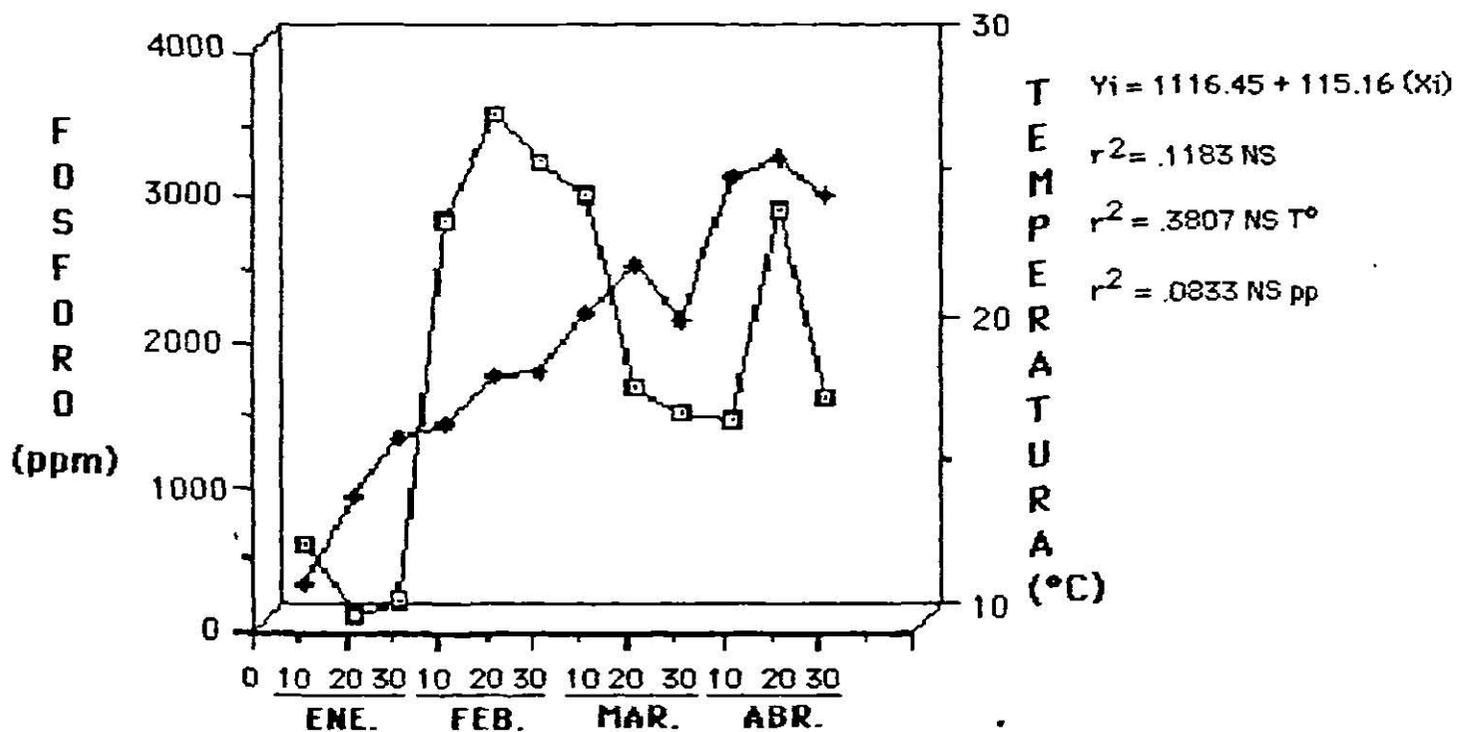


Fig. 25.- Distribución del contenido de Fósforo (ppm) y Temperatura (°C) en el Granjeno

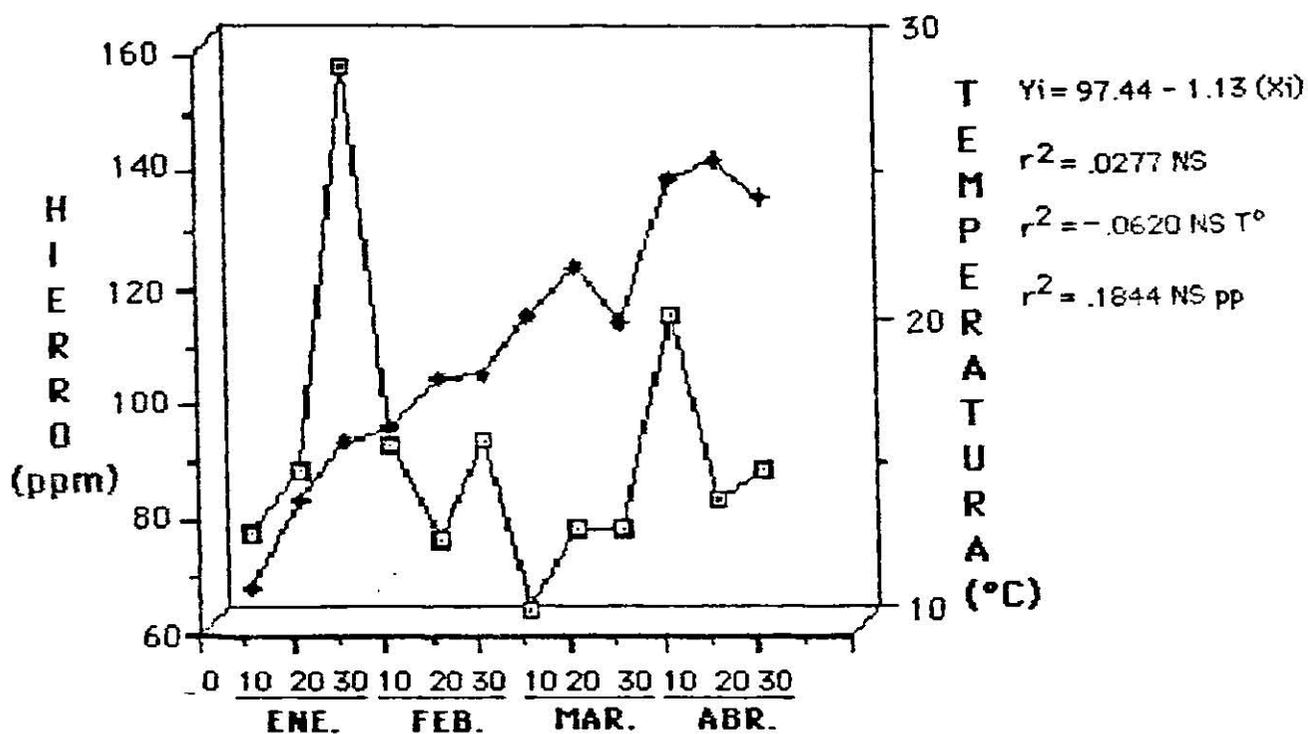


Fig. 26.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Granjeno

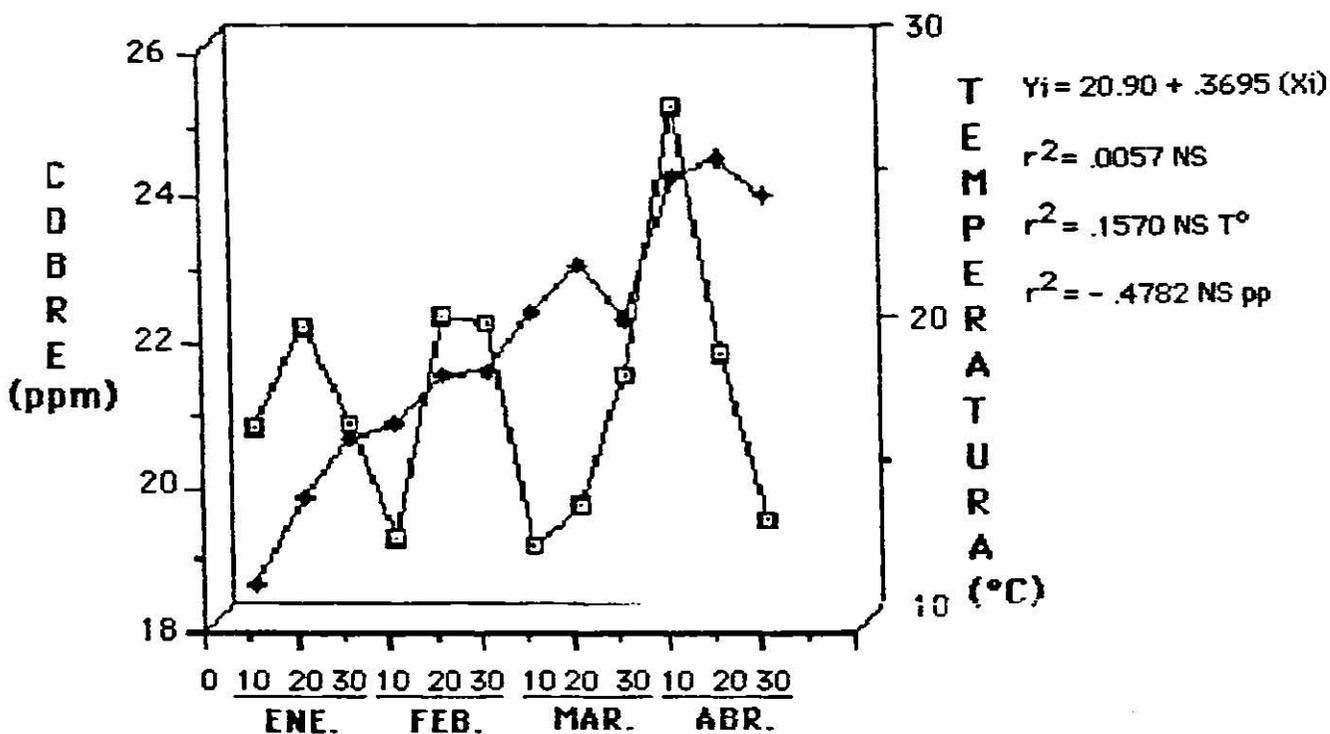


Fig. 27.- Distribución del contenido de Cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Granjeno

En los análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral del Granjeno, se encontró diferencia ( $P < 0.05$ ), en calcio (-.6112) y cenizas (-.5552). Es decir a medida que aumentó la temperatura, disminuyó la concentración de calcio y cenizas, debido quizás a que se presentaron temperaturas favorables para el crecimiento vegetativo (Gross y Jung, 1978). Figuras 22 y 23).

El análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral, del Granjeno, se encontró diferencia ( $P < 0.01$ ), en magnesio (.8001), esto nos indica que a medida que se presentaron las lluvias, se aumentó el contenido de magnesio en el Granjeno, (Figura 22).

Chaparro Prieto: Las características fenológicas presentadas por el Chaparro Prieto, en el transcurso de la evaluación son las siguientes: En Enero se observó abundante follaje con marchitamiento progresivo de las hojas; para presentar a mediados de Febrero defoliación pronunciada, sin rebrotes y algunos individuos de Chaparro Prieto empezando a florerar; presentándose a principios de Marzo individuos con pocas hojas y abundantes flores; a finales de Marzo, ya habían terminado de florear con rebrotes tiernos pero débiles, ocasionado por la sequía, a principios de Abril, se encontraban vainas abundantes y casi sin hojas, para iniciar el rebrote más acentuado a mediados de Abril.

En el cuadro 33 (del apéndice), se presentan los análisis de varianza para el Chaparro Prieto, encontrándose diferencia ( $P < 0.05$ ) en calcio y hierro. Los demás, cenizas, magnesio, fósforo y cobre, no mostraron diferencia estadística significativa. En las figuras 28, 29, 30, 31, 32 y 33 se describe el

comportamiento asumido por cada nutriente, por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo a lo anterior, el Chaparro Prieto, redujo su contenido de calcio y hierro, linealmente a medida que transcurrieron los muestreos (Figura 29 y 30). Esto es atribuido a la etapa fenológica en la cual se recolectó el Chaparro Prieto (Kilcher, 1981).

El contenido de cenizas (Figura 28), en Enero mostró valores con mucha fluctuación, debido probablemente al método de muestreo, para mantenerse más o menos estable en Febrero y Marzo y reducirse en Abril tal vez por la venida de los rebrotes. (Kilcher, 1981).

El contenido de magnesio (Figura 30), tendió a aumentar su concentración en Enero y Febrero; para decender a principios de Marzo, debido posiblemente a la floración; para luego aumentar su concentración quizás por la persistencia de las hojas viejas hasta finales de Marzo y decender nuevamente en Abril tal vez por los principios de los rebrotes como lo mencionan Till y George. (1975).

El contenido del fósforo (Figura 31), mostró valores con mucha fluctuación en Enero para luego aumentar su concentración en Febrero y decaer hasta mediados de Marzo e irse incrementando progresivamente en los principios de los rebrotes foliares hasta finales de Abril, estos cambios son atribuidos al estado fenológico. (Underwood, 1981).

El contenido de cobre no presentó mucha fluctuación a excepción del

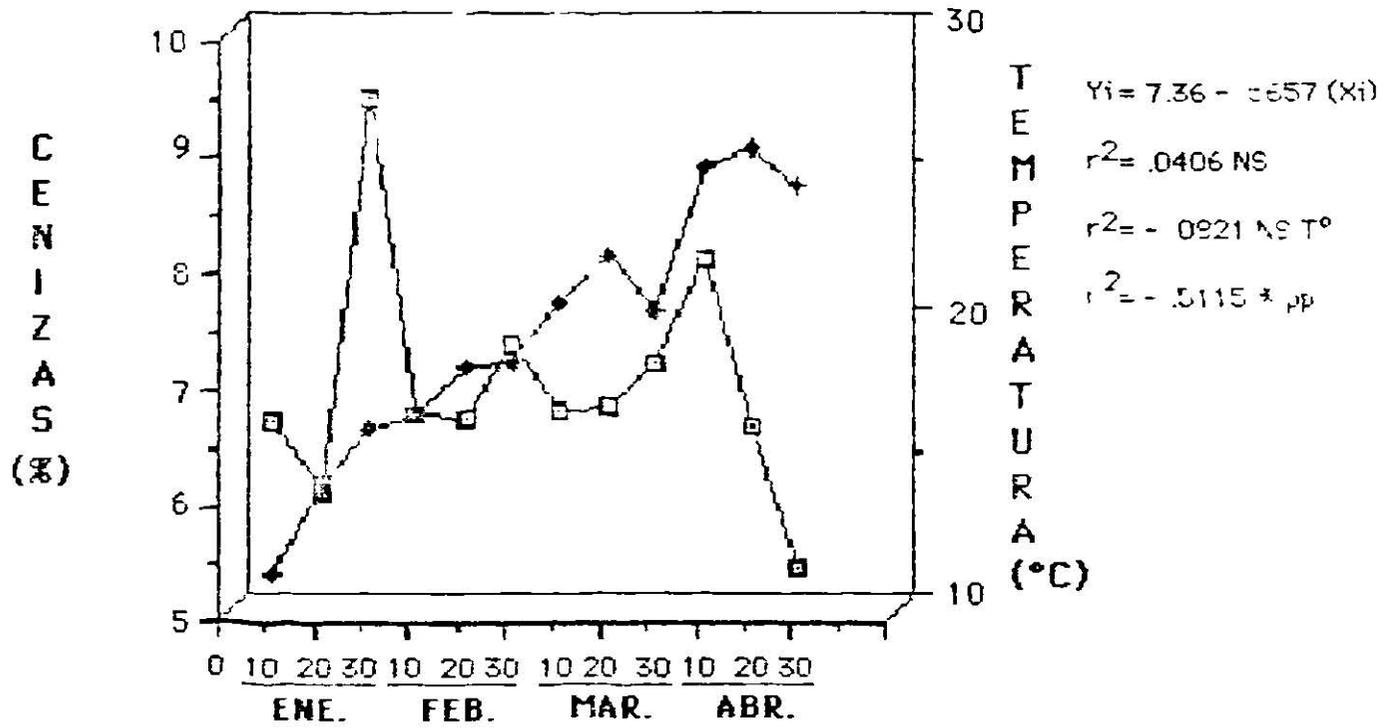


Fig. 28.- Distribución del contenido de cenizas (%) y Temperatura (°C), en el Chaparro Prieto

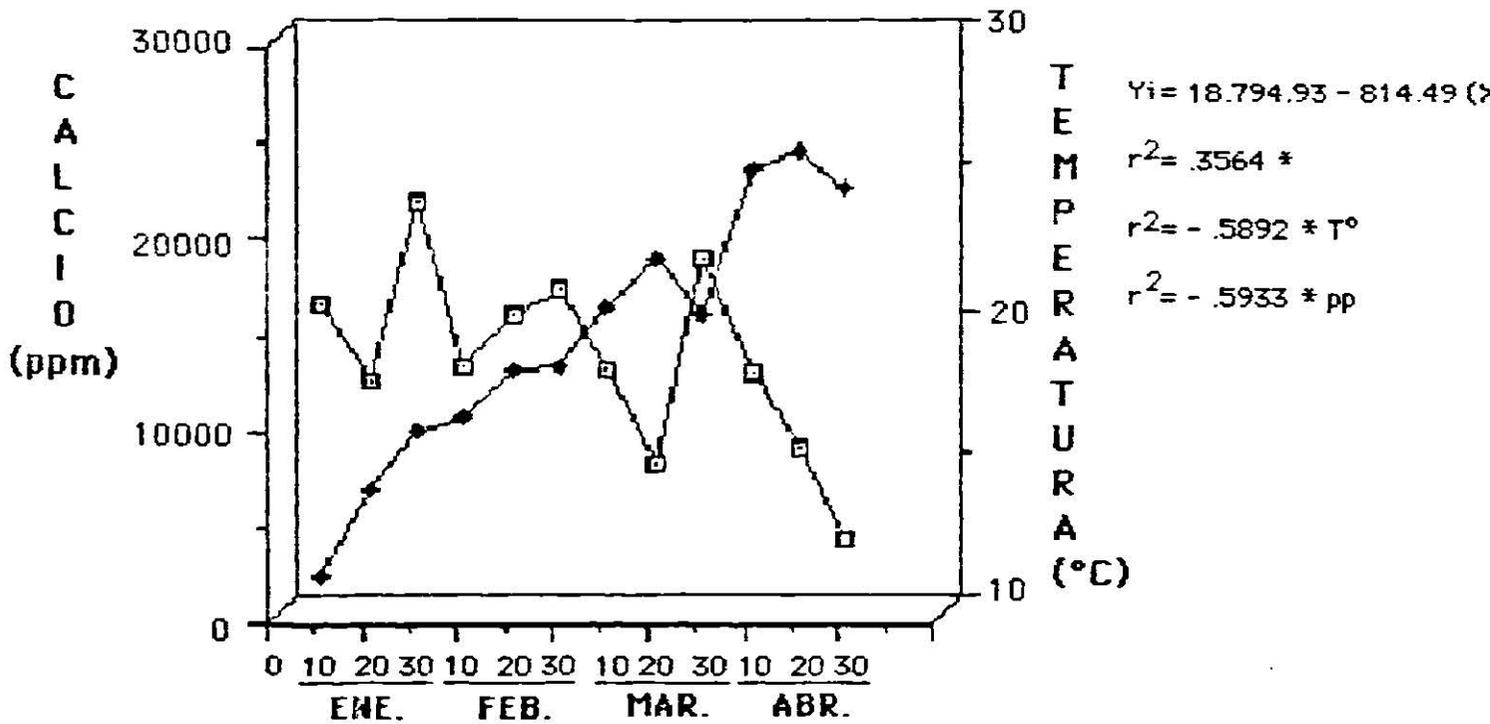


Fig. 29.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en el Chaparro Prieto.

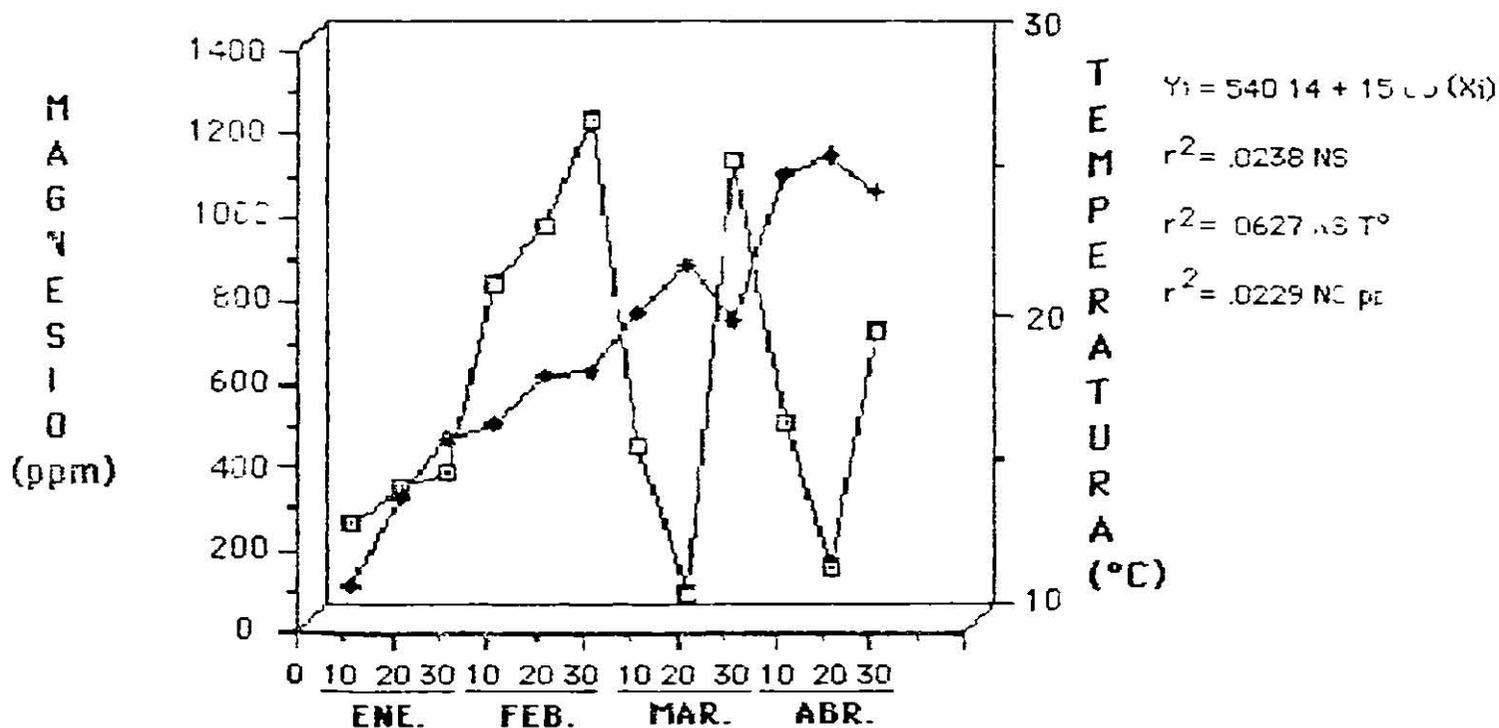


Fig. 30.- Distribución del contenido de cenizas (%) y Temperatura (°C) en el Chaparro Prieto

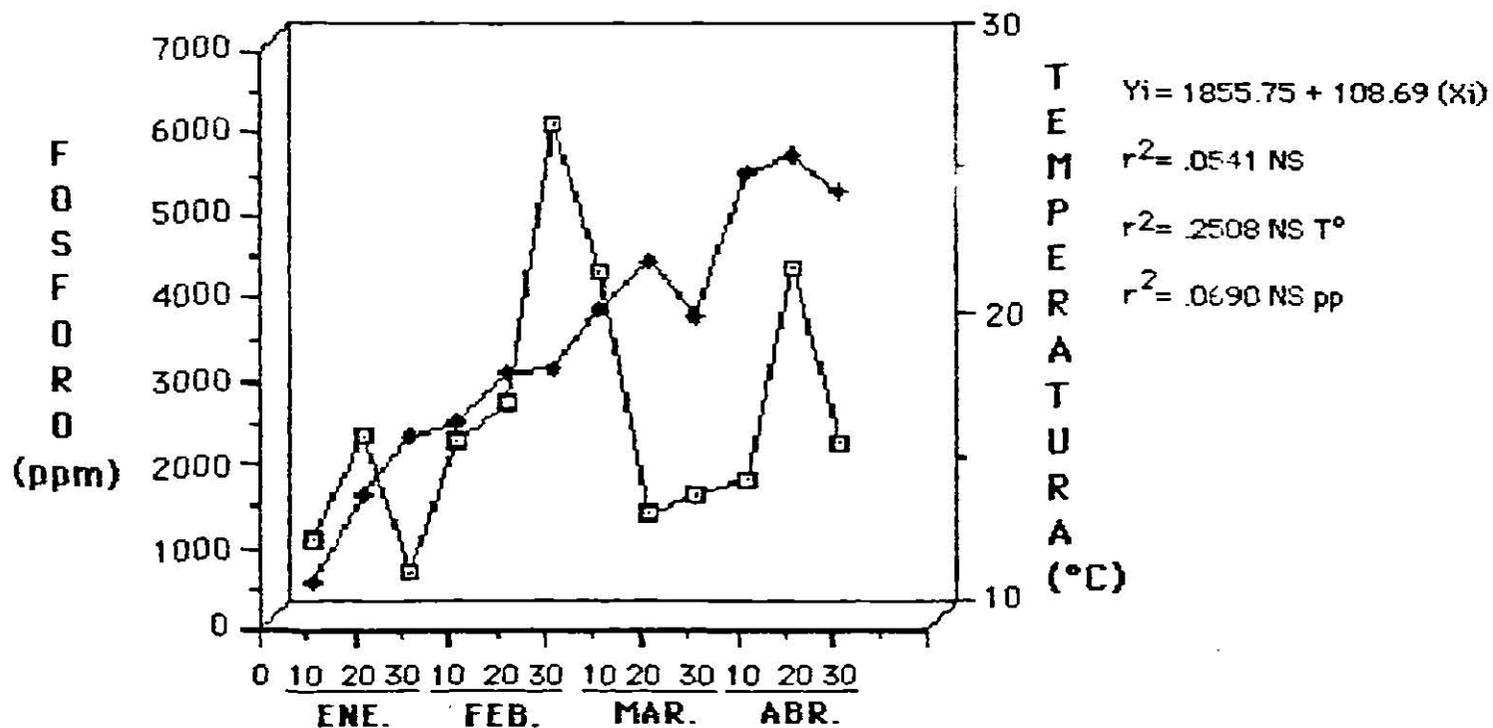


Fig. 31.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en el Chaparro Prieto

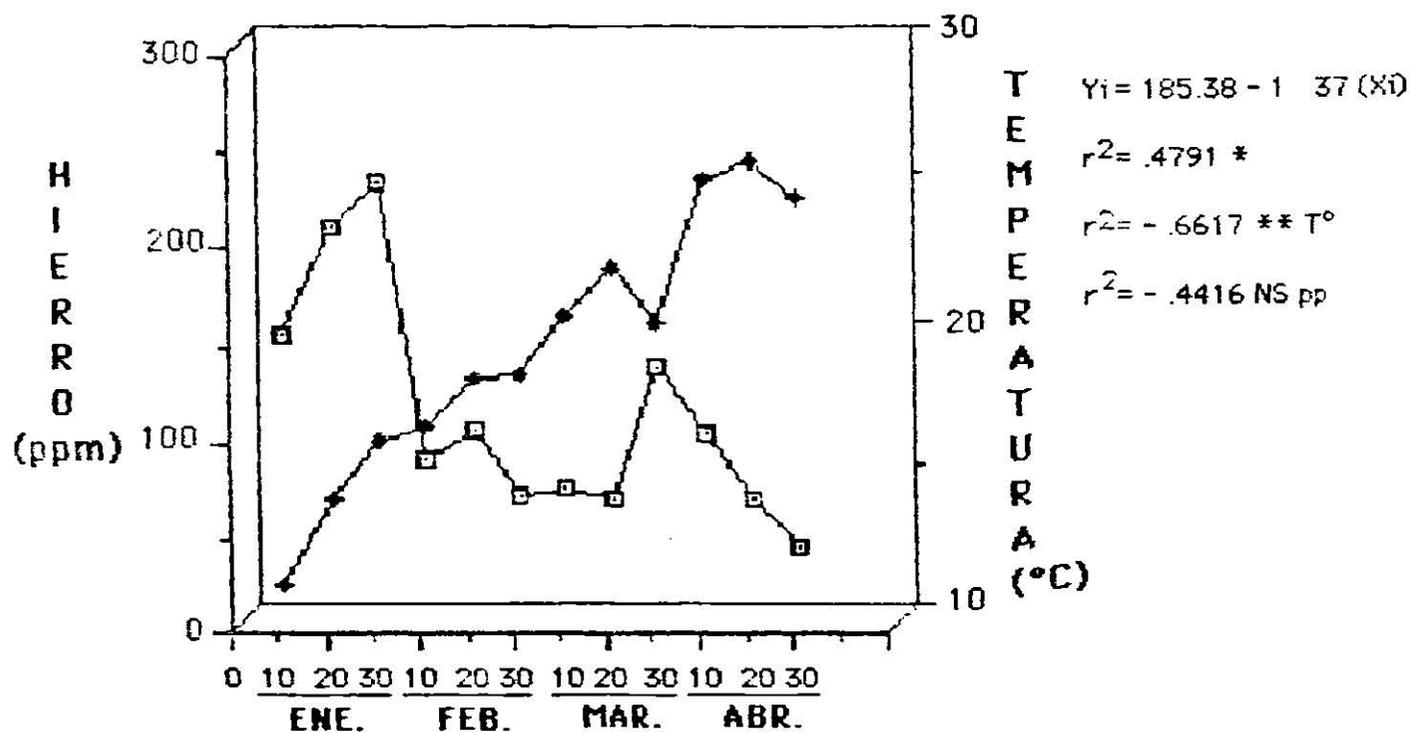


Fig. 32.- Distribución del contenido de hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Chaparrio Prieto

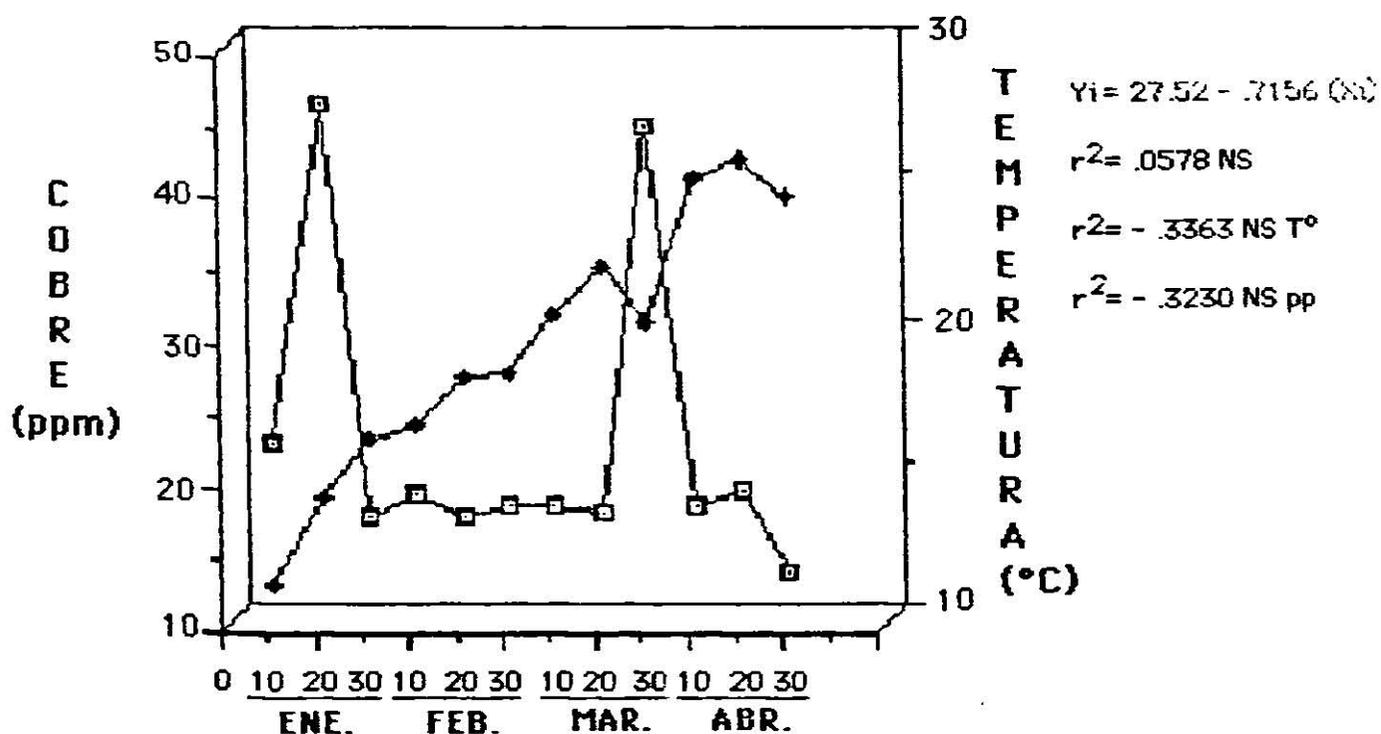


Fig. 33.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Chaparrio Prieto

muestreo del 20 de Enero y del 30 de Marzo los demás mostraron una fluctuación entre 20 y 17 ppm. (Figura 33).

En los cuadros 41 y 49 (del apéndice) y figuras 28, 29, 30, 31, 32 y 33, se presentan los análisis de correlación simple entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 12 muestras recolectadas de Chaparro Prieto en el período de Enero a Abril, 1986. (Cuadro 25 del apéndice).

En el análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral del Chaparro Prieto se encontró diferencia ( $P < .01$ ) en hierro (-.6617) y diferencia ( $P < .05$ ) en calcio (-.5892). Esto quiere decir que a medida que aumentó la temperatura (11.4 a 26.2°C, cuadro 17) descendieron los contenidos de hierro y calcio, esto puede ser atribuido a que se presentaron temperaturas más favorables para el crecimiento vegetativo. (Stuart et. al.; 1973).

En el análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral del Chaparro Prieto se encontró diferencia ( $P < .05$ ) en cenizas (-.5115) y calcio (-.5933), esto nos indica que a medida que ocurrieron las lluvias el contenido de cenizas y calcio en el Chaparro Prieto se redujo ocasionado por el crecimiento vegetativo. (Rauzi et. al.; 1975).

Huizache : Las características fenológicas presentadas por el Huizache en el transcurso de la evaluación son las siguientes: En Enero presentó hojas viejas y marchitas; en Febrero presentó algunos rebrotes foliares y flores; a principios de Marzo reportaba pocas hojas y algunas flores; a

finales de Marzo abortó casi todas las flores debido a la sequía presentando algunas flores marchitas y pocos rebrotes; a principios de Abril presentaba más rebrotes foliares; para encontrarle a finales de Abril con abundante follaje sin flores ni frutos.

En el cuadro 32 (del apéndice), se reportan los análisis de varianza para el Huizache, encontrándose diferencia ( $P < 0.1$ ) en cenizas y cobre. Los demás nutrientes calcio, magnesio, fósforo y hierro no mostraron diferencias estadísticas significativas. En las figuras 34, 35, 36, 37, 38 y 39 se describe el comportamiento asumido por cada nutriente por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo al análisis de varianza el Huizache aumentó su concentración de cenizas y redujo el contenido de cobre linealmente a medida que transcurrieron los muestreos (Figuras 34 y 39). Esto es atribuido a la etapa fenológica presentada por el Huizache en el transcurso de la evaluación. (Underwood, 1981 y Redy *et. al.*; 1981).

El contenido de calcio y magnesio (Figuras 35 y 36), se observó que en Enero presentó valores con mucha fluctuación probablemente por el método de muestreo; para incrementarse hasta mediados de Marzo donde decayó marcadamente tal vez por el marchitamiento de las hojas y la venida de los rebrotes. (Halvarson y White, 1981 y Busso y Brevedan, 1981); para irse incrementando progresivamente hasta finales de Abril debido posiblemente al crecimiento vegetativo.

El contenido de fósforo (Figura 37), mostró valores bajos en Enero y se incrementó en Febrero; de principios de Marzo a mediados decayó probable

mente por los principios de los rebrotes para luego mostrar una tendencia ascendente hasta finales de Abril, esto se le atribuye al desarrollo fenológico propio del Huizache. (Underwood, 1981).

El contenido de hierro (Figura 38), mostró un descenso en su concentración hasta finales de Febrero, para luego incrementarse en Marzo y decender en Abril, estos cambios pueden ser debidos al desarrollo fenológico.

En los cuadros 42 y 50 (del apéndice) y figuras 34, 35, 36, 37, 38 y 39 se presentan los análisis de correlación simple entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 12 muestras recolectadas del Huizache en el periodo de Enero a Abril, 1986. (Cuadro 26 del apéndice).

En el análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral del Huizache se encontró diferencia ( $P < .01$ ) en cenizas (.7318) y cobre (-.8183). Esto nos indica que a medida que aumentó la temperatura (Figura 34 y 39) el contenido de cenizas aumentó y el cobre decendió, tal vez porque a medida que transcurrieron los muestreos se encontraron temperaturas favorables para el crecimiento vegetativo. (Redy et. al.; 1981).

El análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral del Huizache no presentó diferencia estadística significativa.

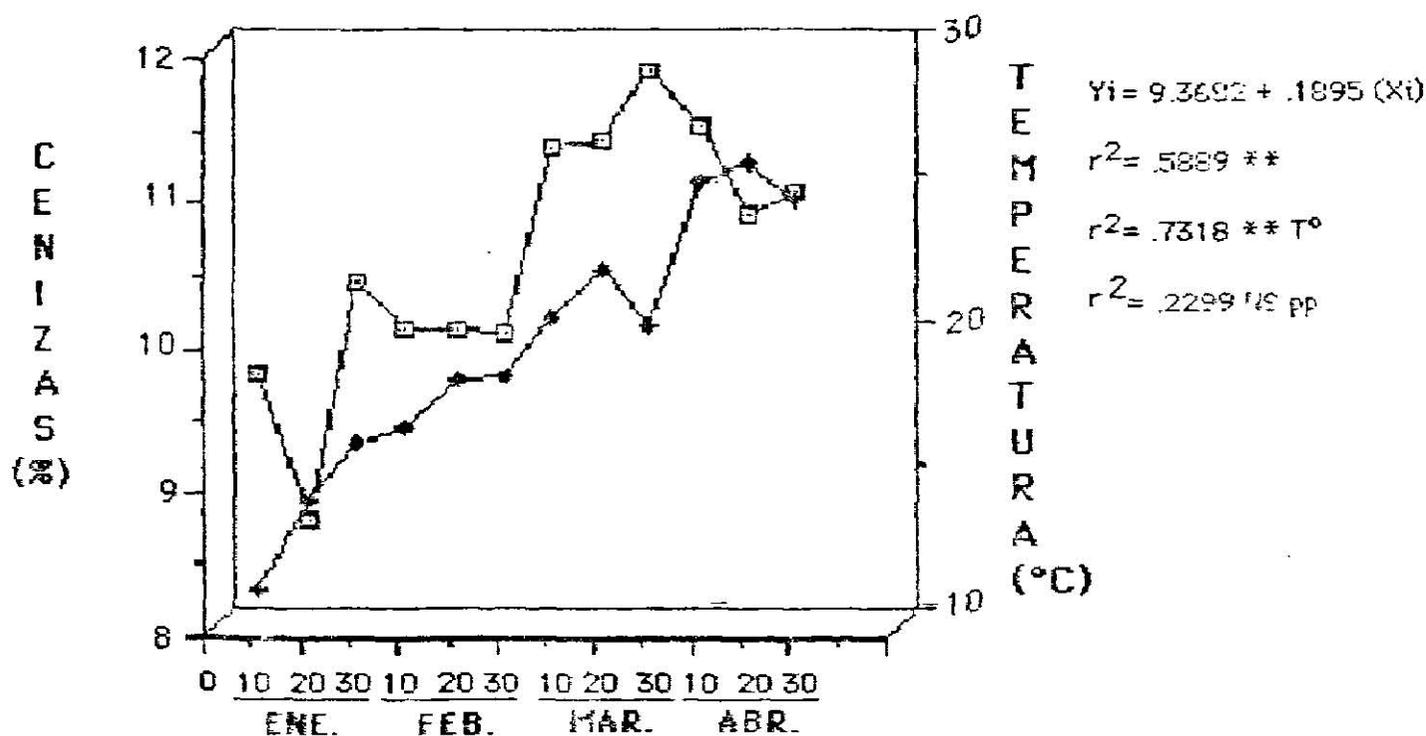


Fig. 34.- Distribución del contenido de cenizas (%) y Temperatura (ppm) en el Huizache

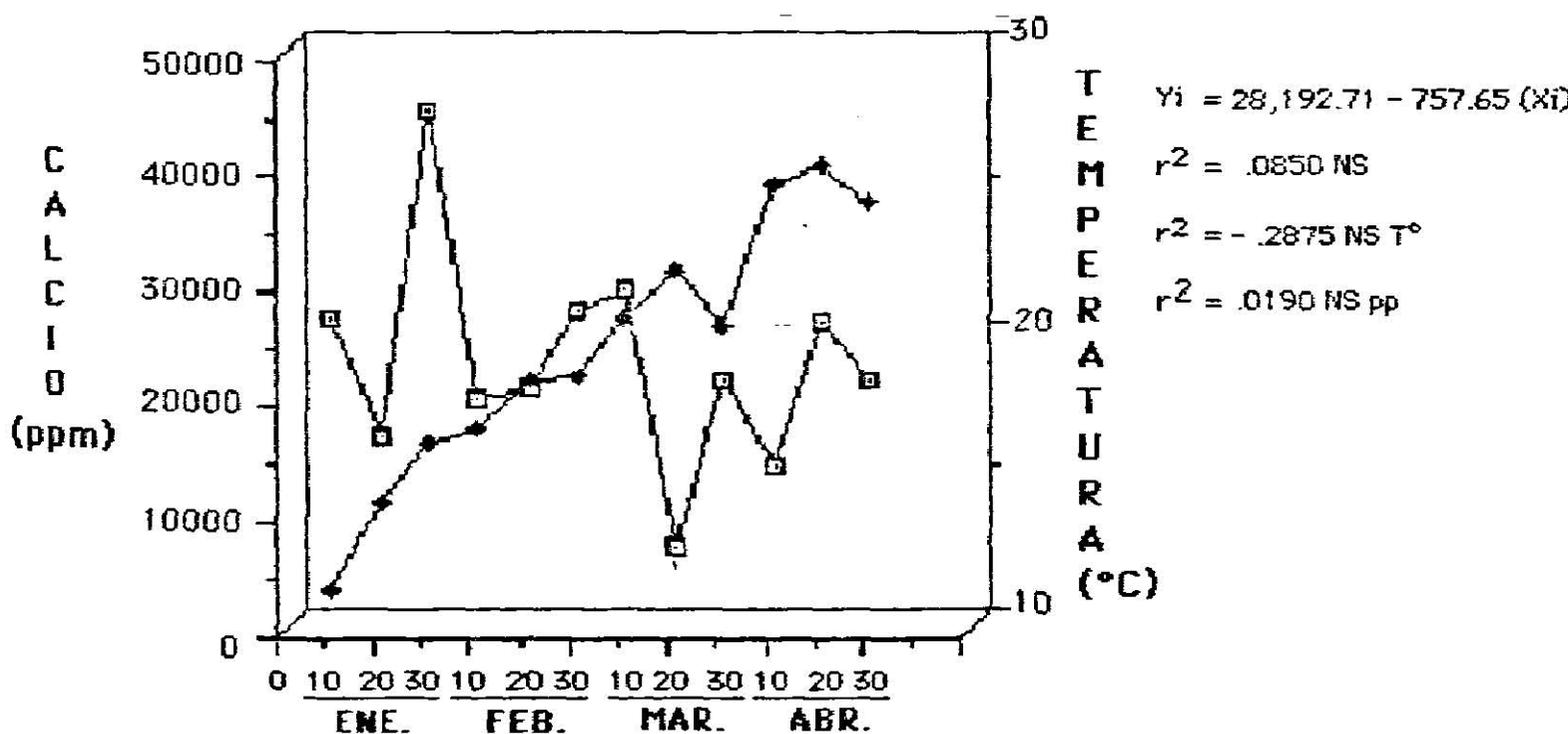


Fig. 35.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en el Huizache

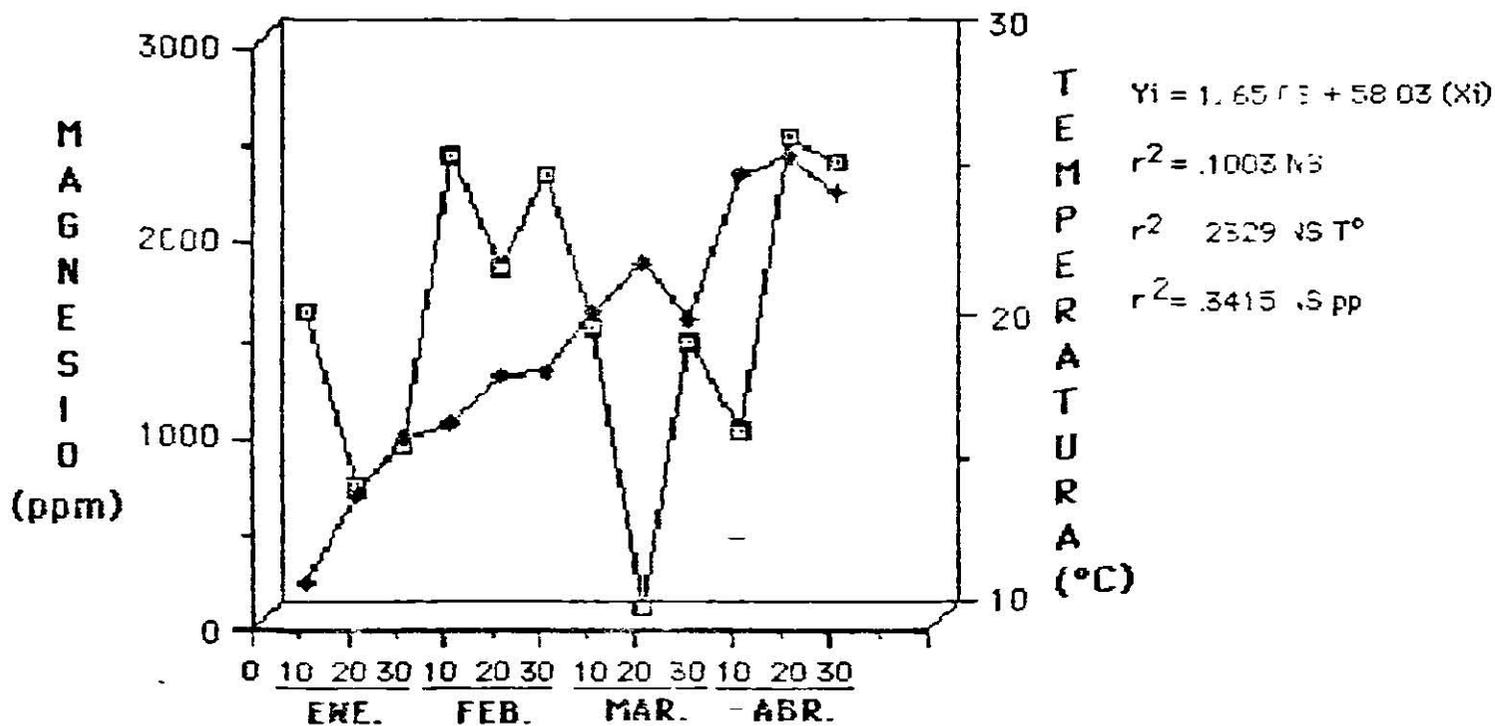


Fig. 36.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (ppm) en el Huizache

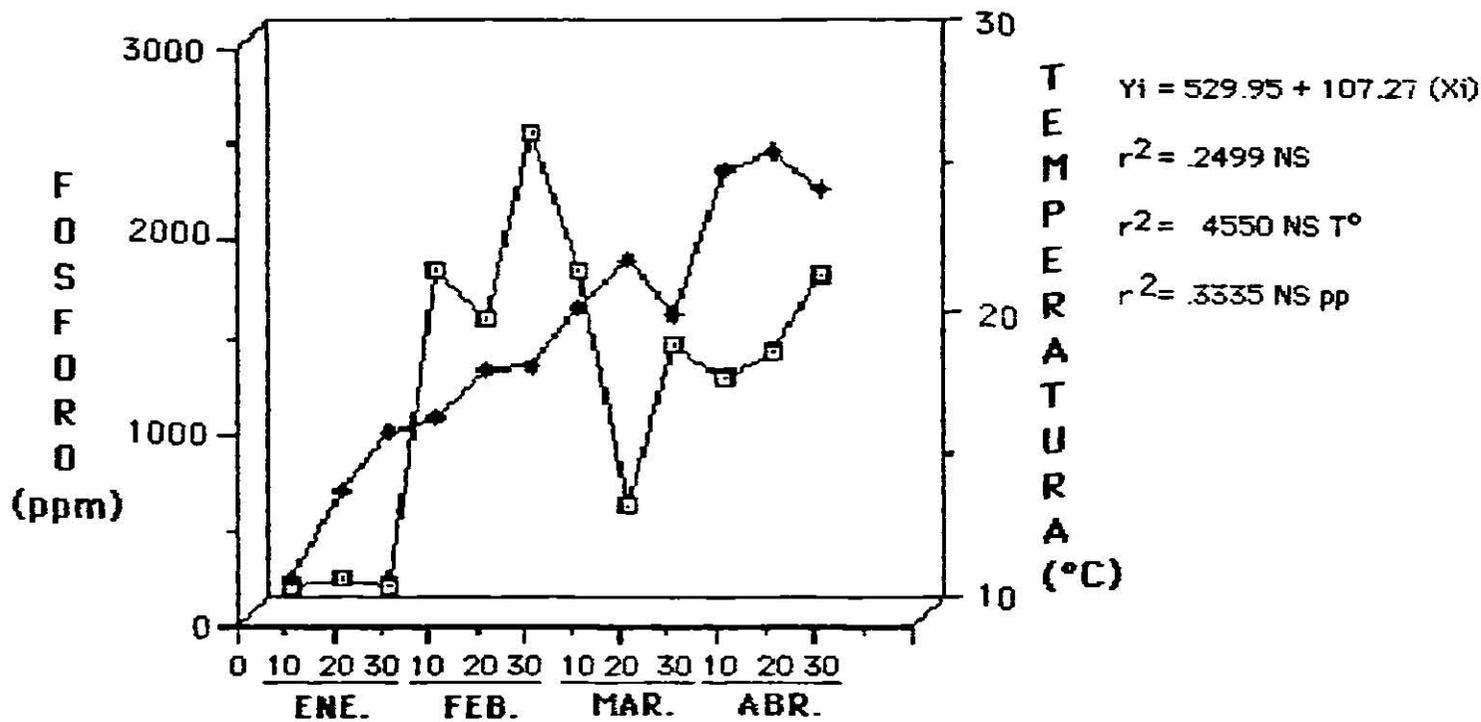


Fig. 37- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y Temperatura (ppm) en el Huizache

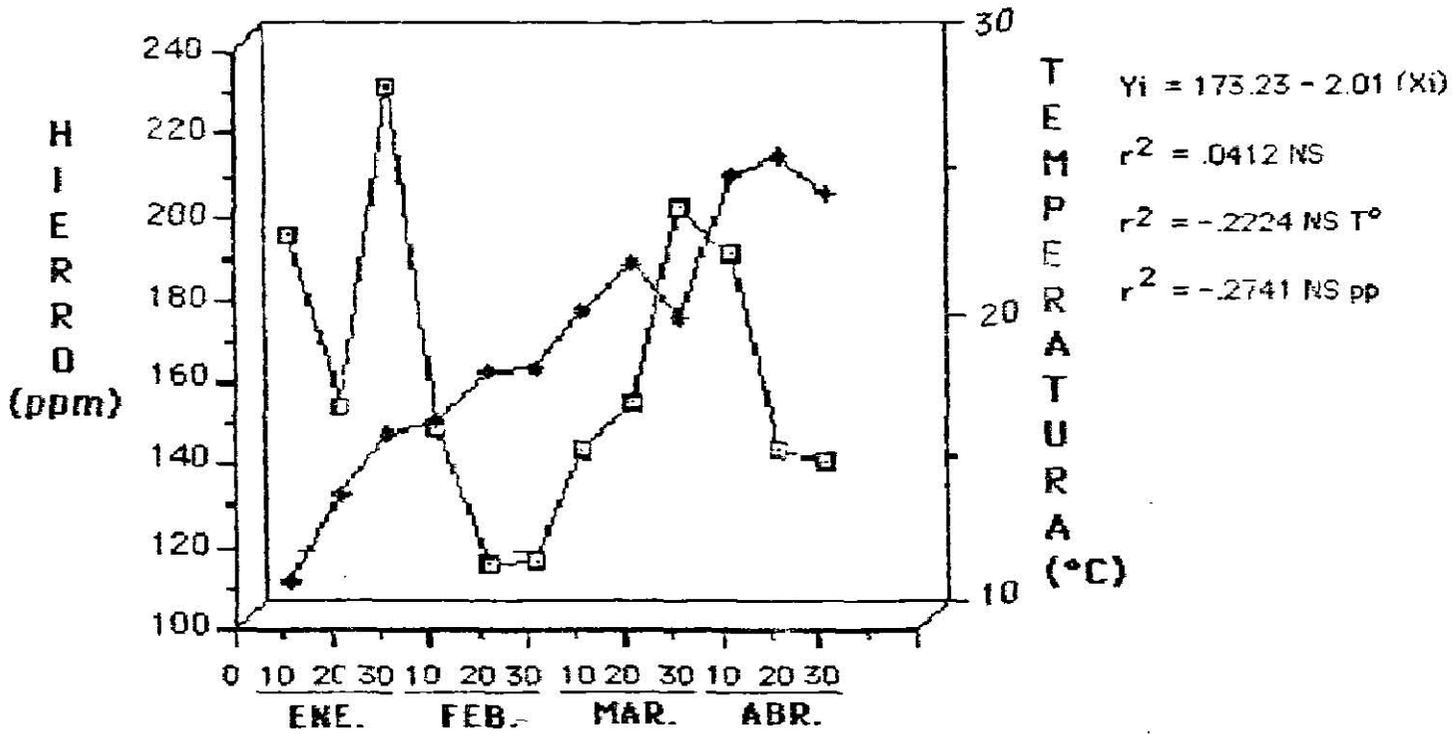


Fig. 38.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) y Temperatura (°C) en el Huizache

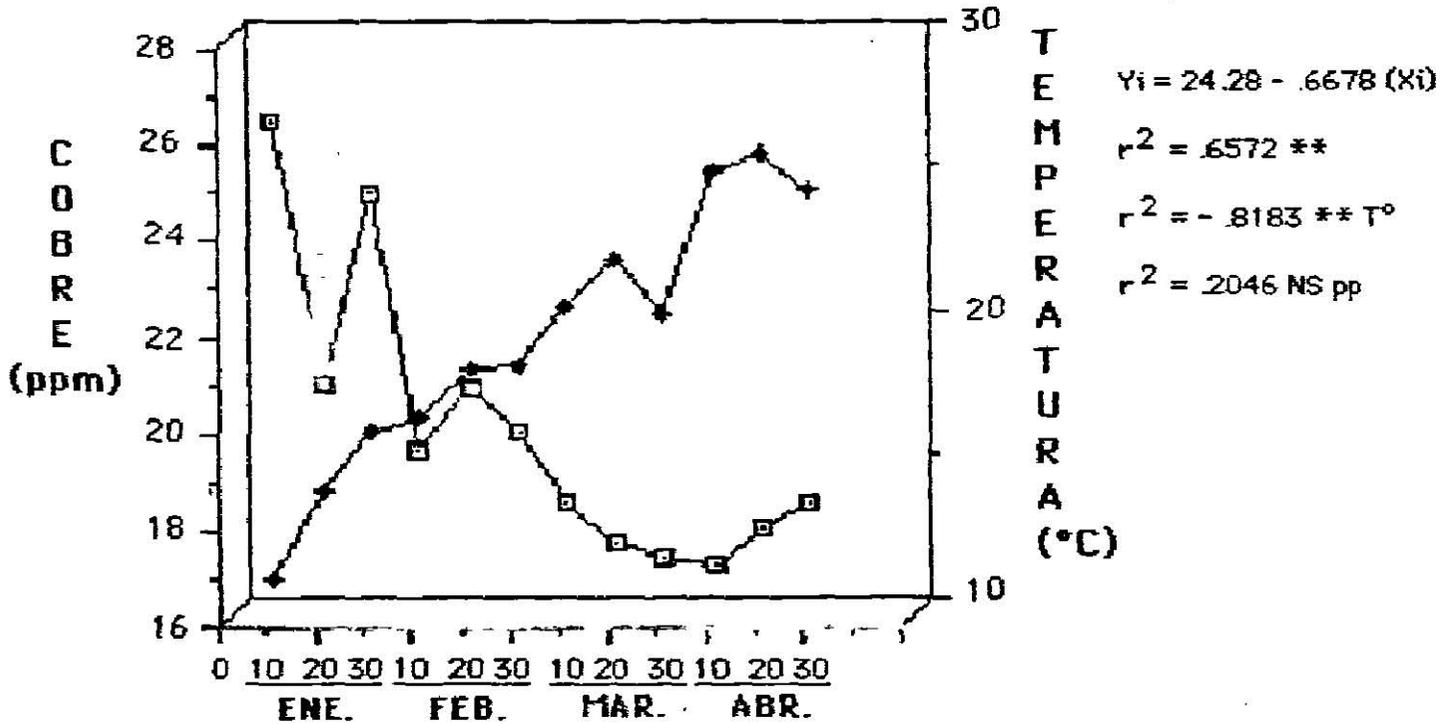


Fig. 39.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en el Huizache

Anacahuita Higueras: Las características fenológicas presentadas por Anacahuita Higueras en el período del 20 de Enero a Abril, 1986 son los siguientes: En Enero y mediados de Febrero presentó hojas viejas persistentes; observándose a finales de Febrero pequeños rebrotes; a finales de Marzo se encontraba con bastantes rebrotes y algunos individuos con defoliación; a principios de Abril se encontraban las hojas y los rebrotes afectados por la sequía prevaleciente observándose a finales de Abril hojas tendiendo a marchitarse por la sequía y aproximadamente un 10% con marchitamiento y sin rebrotes.

En el cuadro 35 (del apéndice) se presentan los análisis de varianza para Anacahuita Higueras, encontrándose diferencia ( $P < .01$ ) en cobre y diferencia ( $P < .05$ ) en hierro.- Los demás nutrientes, cenizas, calcio, magnesio y fósforo no mostraron diferencia estadística significativa. El comportamiento asumido por cada nutriente, por efecto de la época de muestreo son presentados en las figuras 40, 41, 42, 43, 44 y 45.

De acuerdo a lo anterior, Anacahuita Higueras redujo su contenido de cobre y aumentó su concentración de hierro linealmente (Figuras 44 y 45) a medida que transcurrieron los muestreos, esto puede ser atribuido a la etapa fenológica en la cual fue colectada dicho arbusto. (Munshower y Newman, 1978 y Underwood, 1981).

El contenido de cenizas (Figura 40), en Enero y Febrero presentó poca fluctuación probablemente por que las hojas se mostraron sin mucho cambio es decir hojas verdes persistentes; para disminuir su concentración drásticamente a principios de Marzo, tal vez porque presentó algunos

rebrotos; para mostrar una tendencia ascendente hasta principios de Abril, donde disminuyó su concentración quizás porque se colectaron hojas marchitas y algunos rebrotos. (Underwood, 1981).

El contenido de calcio y magnesio (Figuras 41 y 42) en Enero hasta mediados de Febrero mostró poca variación, esto es atribuido al estado de las hojas que presentaban bastante follaje verde; de mediados de Febrero a mediados de Marzo el calcio y magnesio decayeron probablemente por la presencia de rebrotos; para incrementarse nuevamente quizás a la sequía prevalente.

El contenido de fósforo (Figura 43), mostró una tendencia ascendente en Enero y mediados de Febrero, para decaer de finales de Febrero a mediados de Marzo, para luego mostrar poca variación en Abril.

En los cuadros 43 y 51 (del apéndice) y figuras 40, 41, 42, 43, 44 y 45, se presentan los análisis de correlación entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 11 muestras recolectadas de Anacahuita Higueras en el período del 20 de Enero a Abril de 1986. (Cuadro 37 del apéndice).

En el análisis de correlación entre la temperatura el contenido mineral de Anacahuita Higueras se encontró diferencia ( $P < .01$ ) en hierro (.6971) y cobre (-.7744). Esto nos indica que a medida que aumentó la temperatura (Figura 44 y 45) el contenido de hierro aumentó y el contenido de cobre descendió.

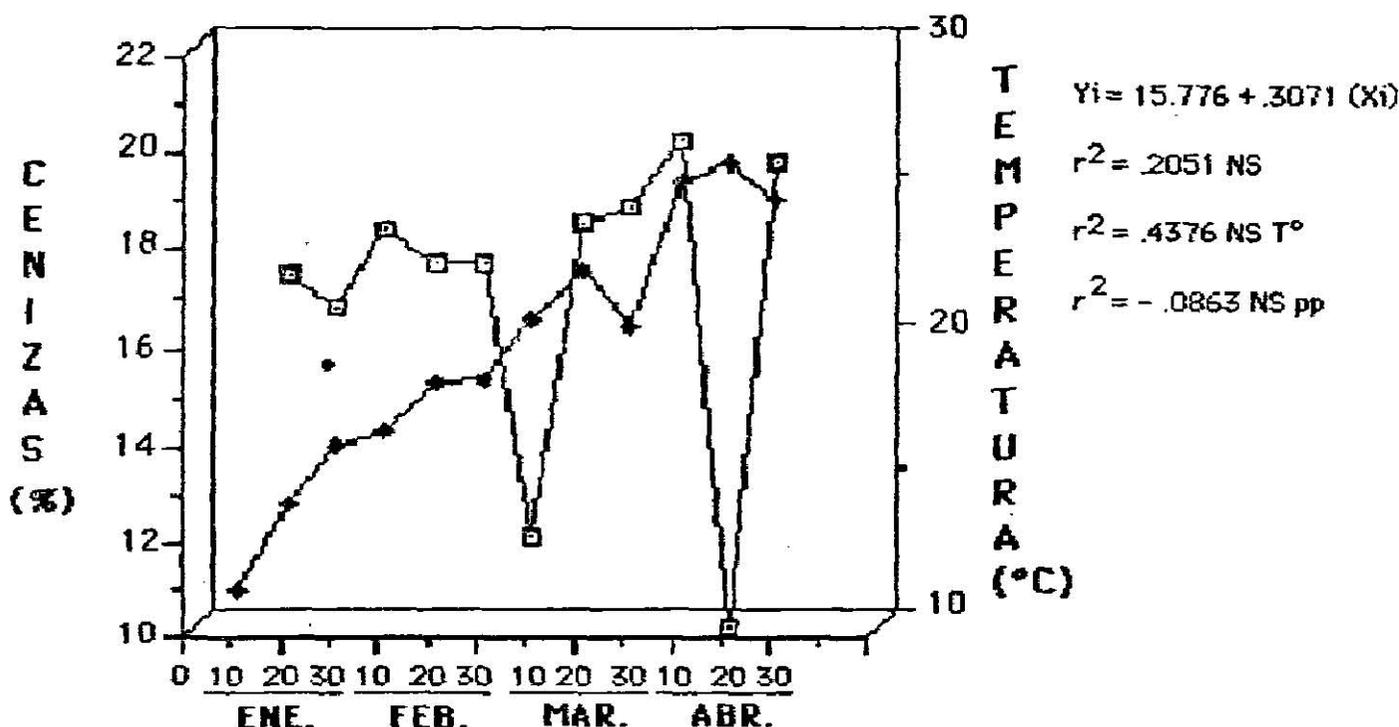


Fig. 40.- Distribución del contenido de cenizas (%) y temperatura (°C) en la Anacahuite Higueras

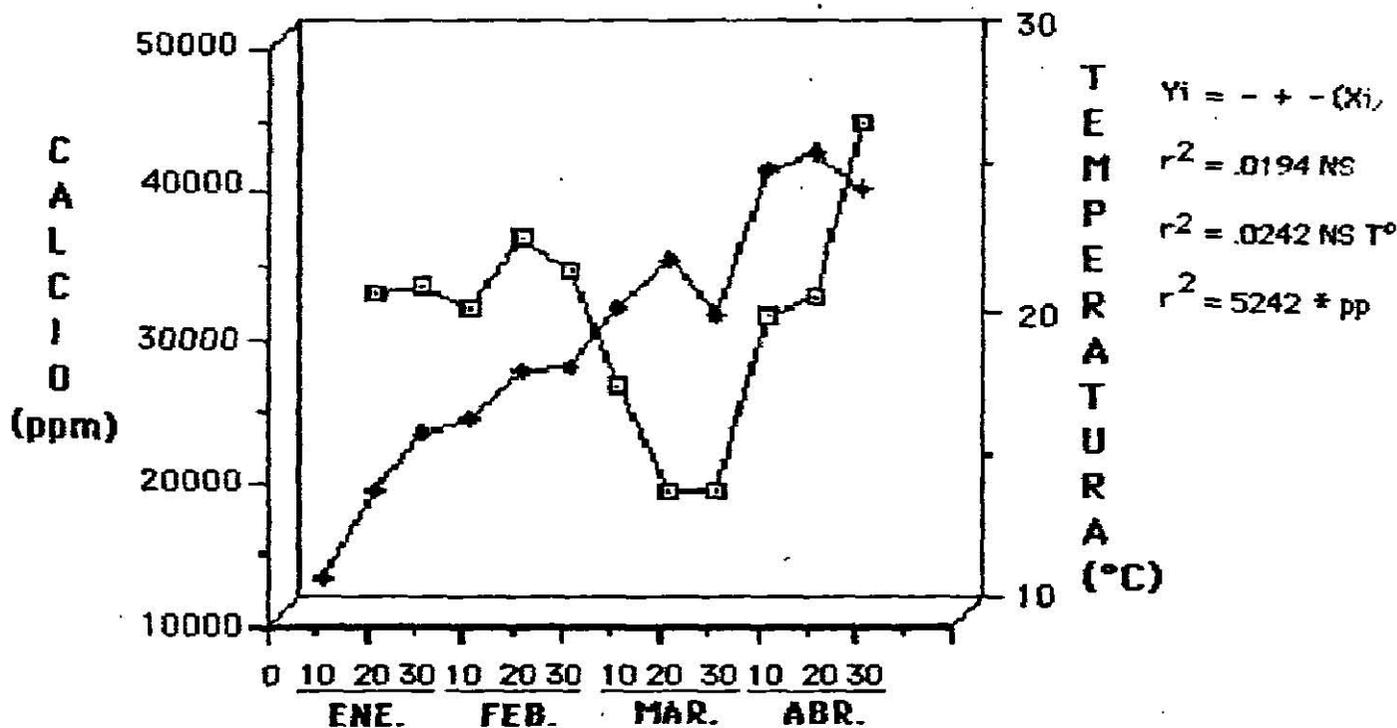


Fig. 41.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuite Higueras.

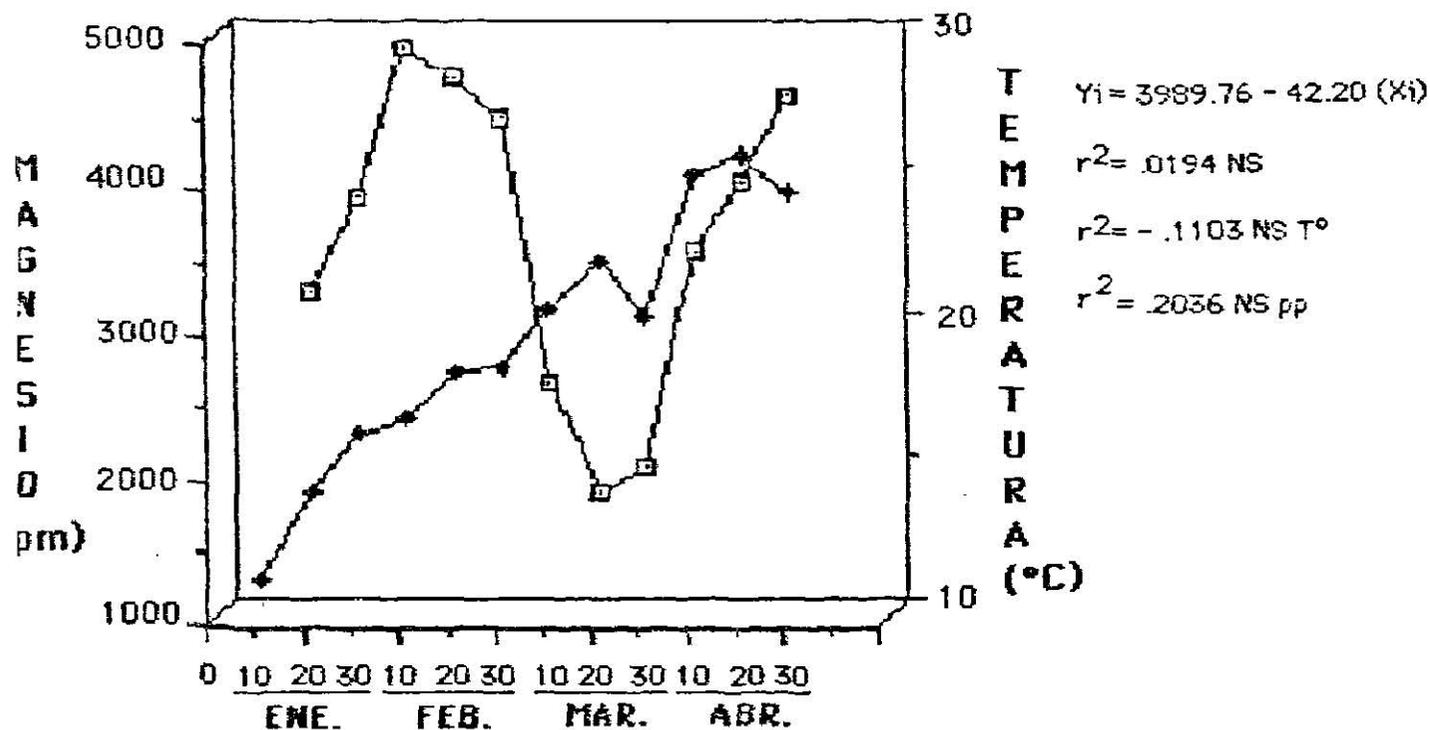


Fig. 42.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y temperatura (°C) en la Anacahuita Higueras

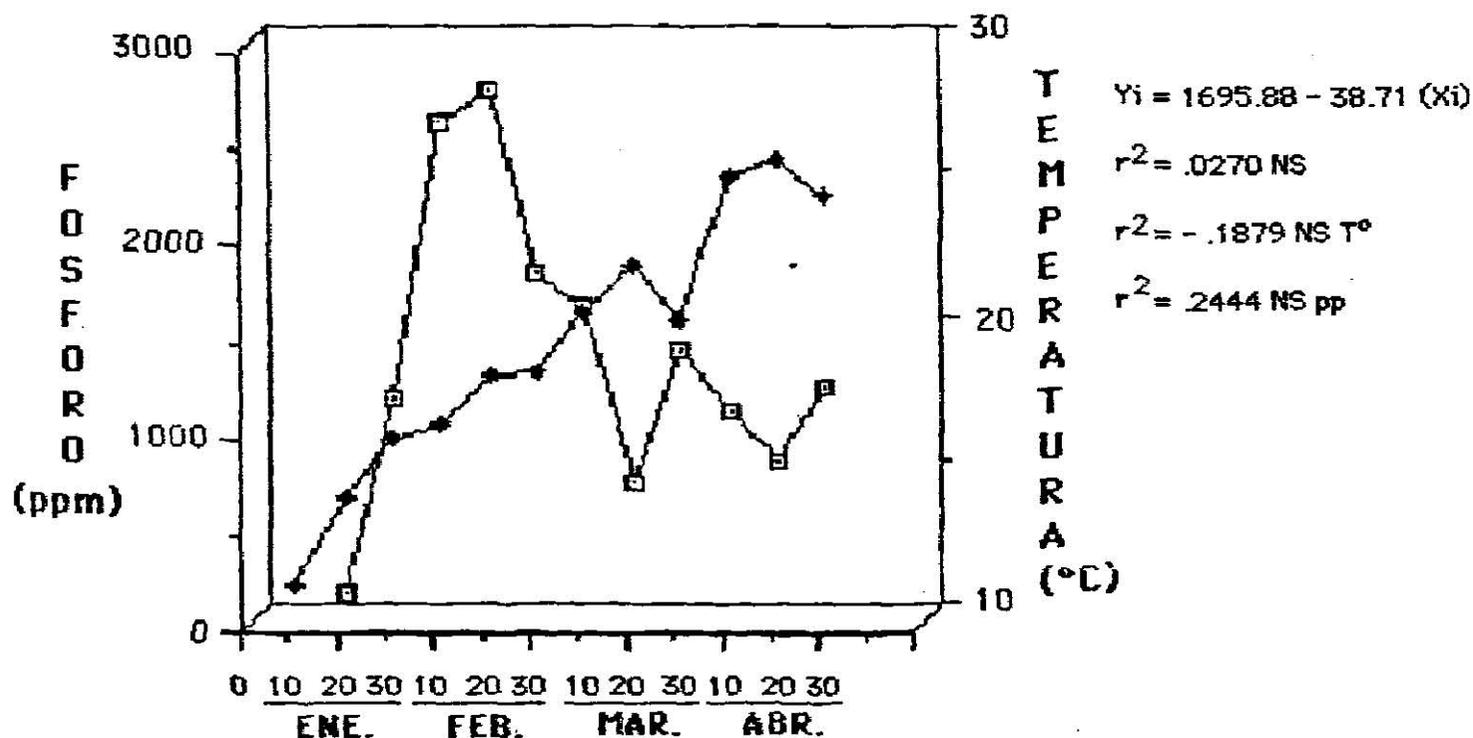


Fig. 43.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y temperatura (°C) en la Anacahuita Higueras

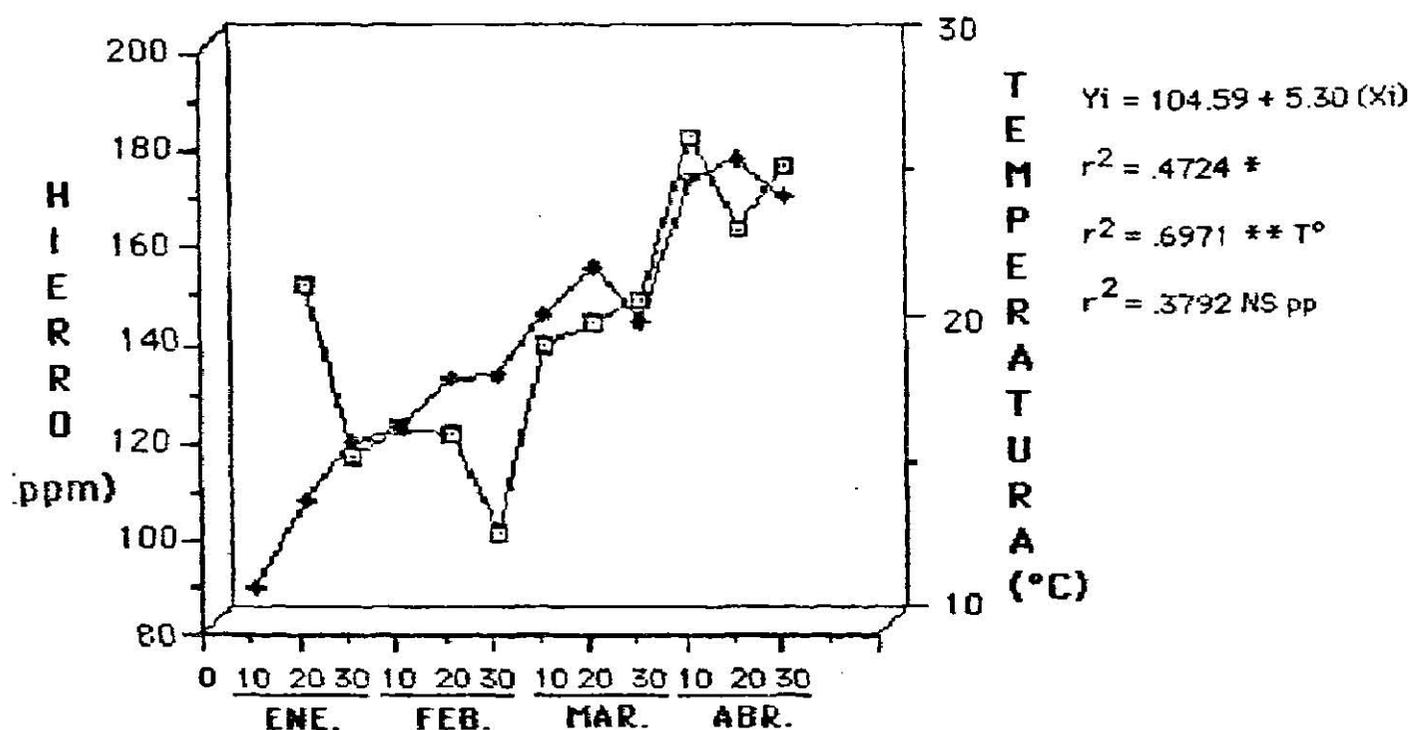


Fig. 44.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuita Higueras

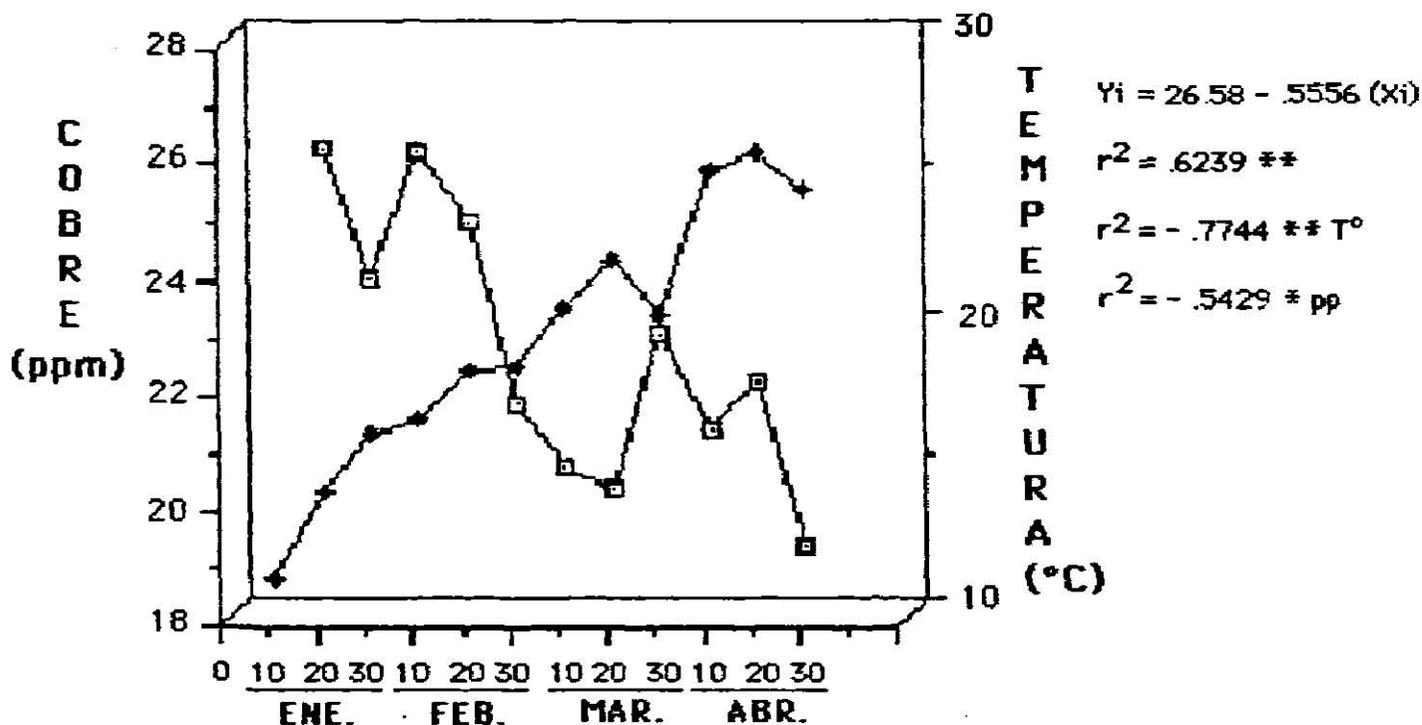


Fig. 45.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuita Higueras.

El análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral de Anacahuita Higueras, se encontró diferencia ( $P < .05$ ) en calcio (.5242) y cobre (-.5429), esto nos muestra que a medida que ocurrieron las lluvias el contenido de calcio aumentó y el cobre descendió.

Anacahuita Marín: Las características presentadas por Anacahuita Marín en el período de Marzo a Abril de 1986, son las siguientes: A principios de Marzo se empezó a colectar con abundantes rebrotes foliares y florales; para presentar a finales de Marzo aproximadamente un 50% de floración; a principios de Abril se habían caído aproximadamente un 70% de las flores, para observarse a finales de Abril abundante follaje y fruto tierno.

En el cuadro 36 (del apéndice), se presentan los análisis de varianza para Anacahuita Marín, encontrándose diferencia ( $P < .05$ ) en calcio y magnesio. Los demás nutrientes, cenizas, fósforo, hierro y cobre no mostraron diferencia estadística significativa. En las figuras 46, 47, 48, 49, 50 y 51 se describe el comportamiento asumido por cada nutriente por efecto de la época de muestreo.

De acuerdo a lo anterior Anacahuita Marín aumentó su contenido de calcio y magnesio linealmente como se puede apreciar en las figuras 47 y 48 a medida que transcurrieron los muestreos, esto es atribuido principalmente al crecimiento de las hojas las cuales acumulaban calcio y magnesio en la pared celular. (Tisdale y Nelson, 1982 y Bowen, 1985).

El contenido de cenizas, fósforo y hierro (Figuras 46, 49 y 50), mostró

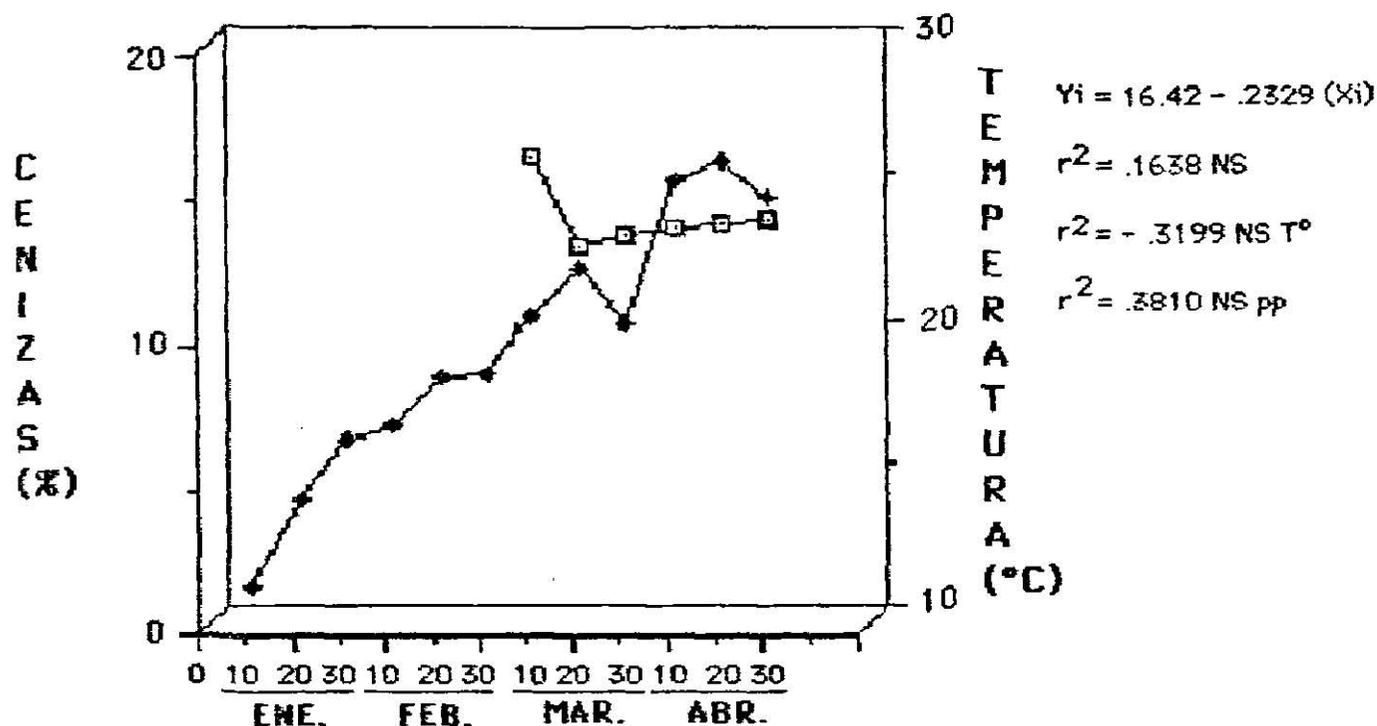


Fig. 46.- Distribución del contenido de cenizas (%) y Temperatura (°C) Anacahuíta Marín

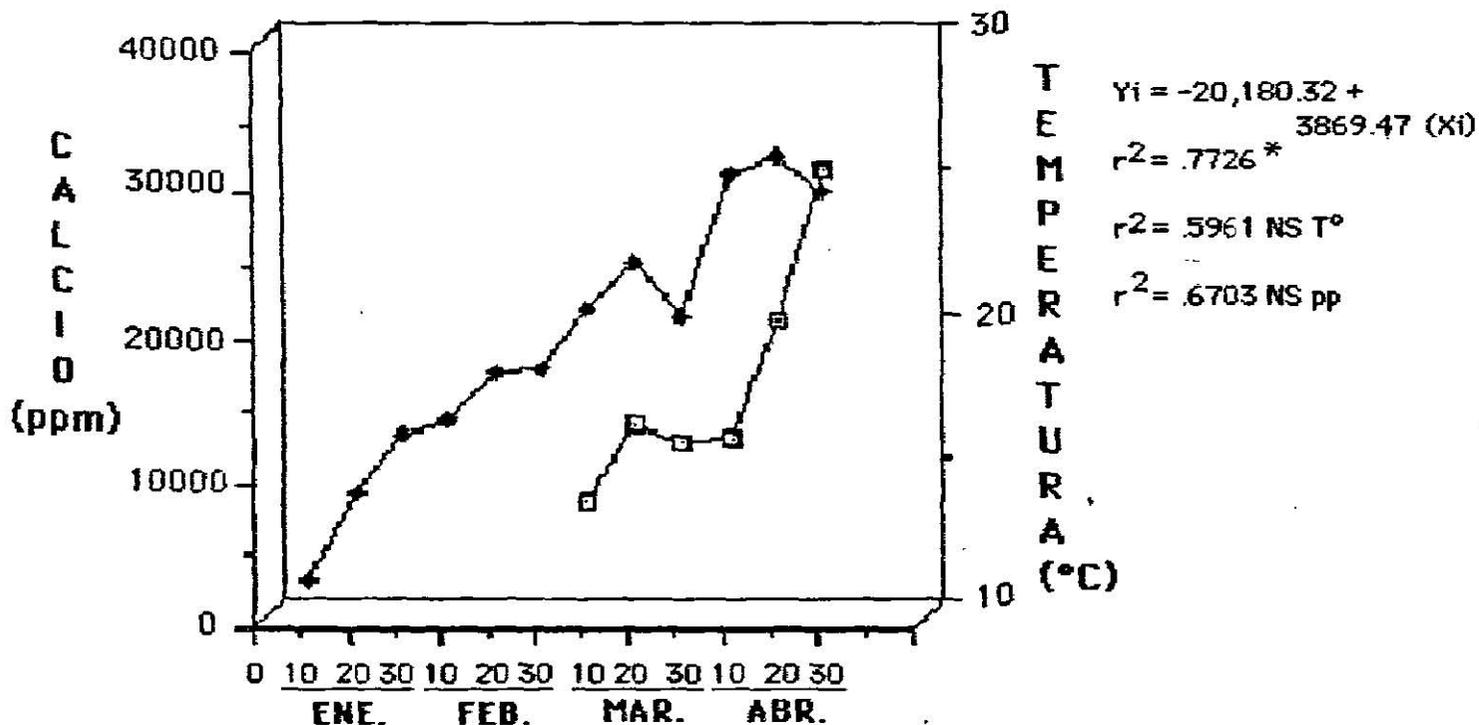


Fig. 47.- Distribución del contenido de calcio (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuíta Marín

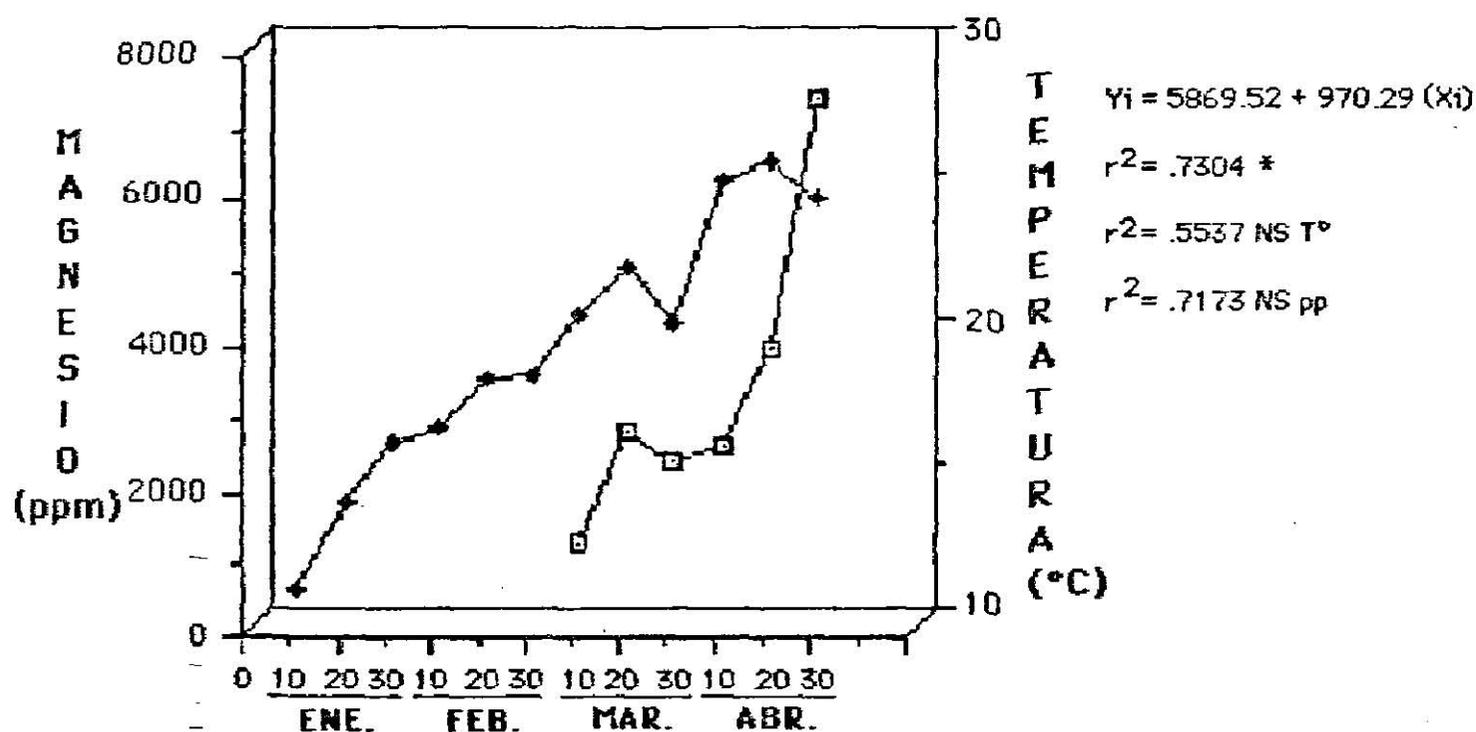


Fig. 48.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuita Marín

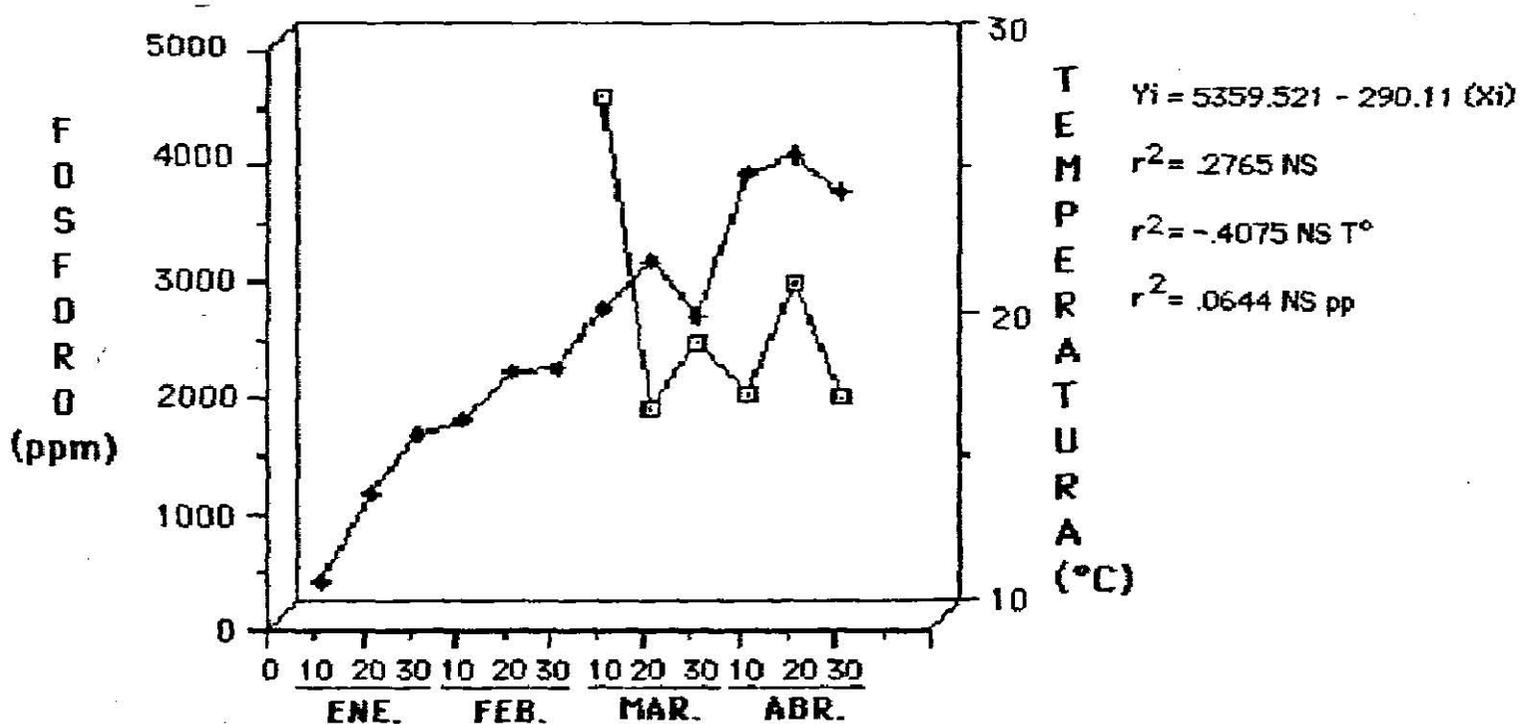


Fig. 49.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) y Temperatura en la Anacahuita Marín

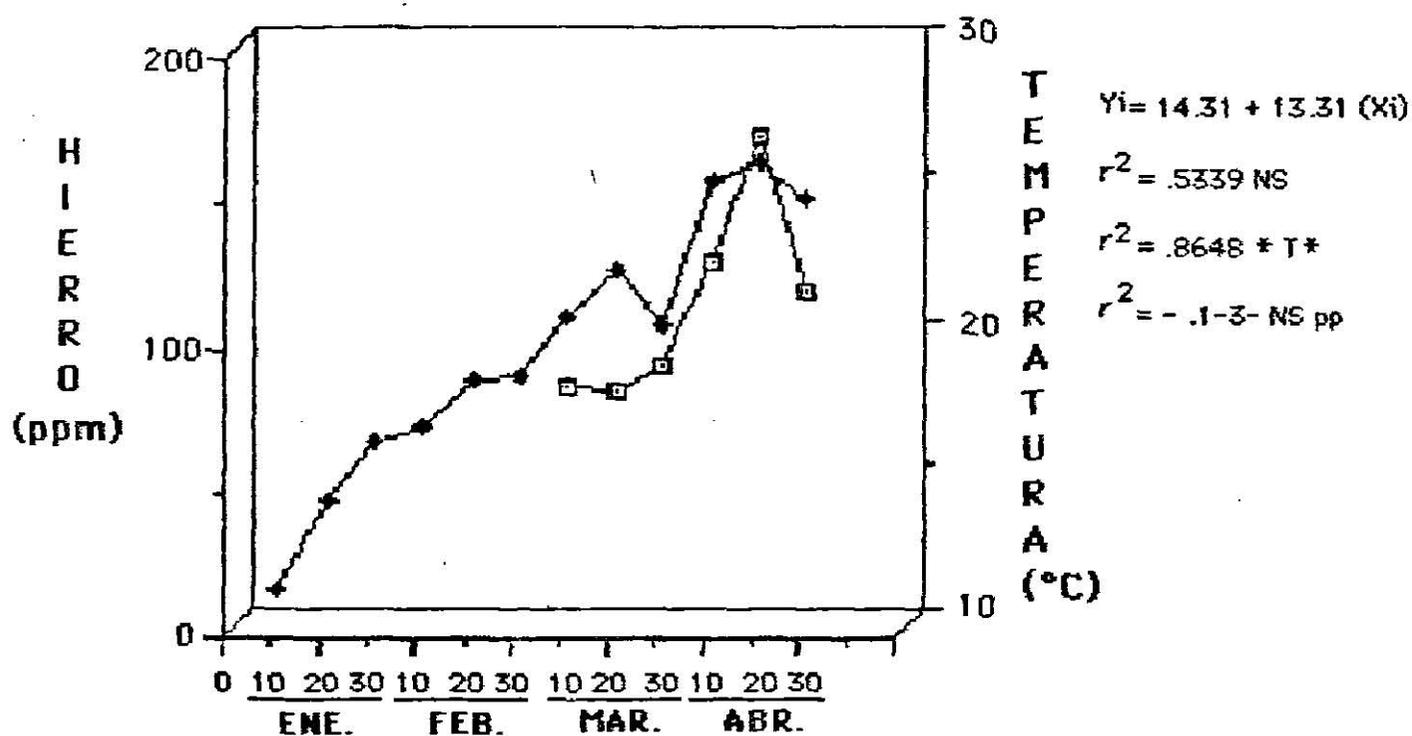


Fig. 50.- Distribución del contenido de hierro (ppm) y Temperatura (°C) en la Anacahuita Marín

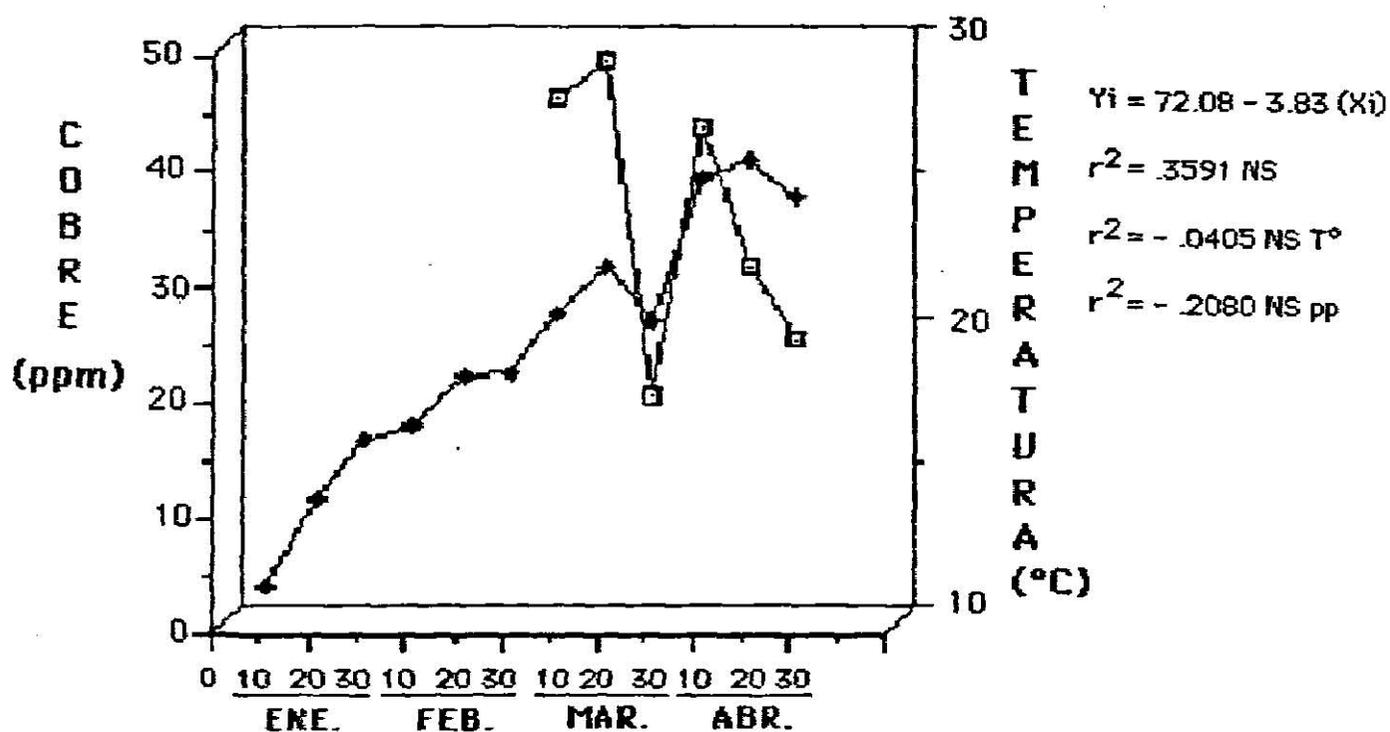


Fig. 51.- Distribución del contenido de cobre (ppm) y Temperatura (°C) en Anacahuita Marín

una tendencia a aumentar su concentración en la planta, ocasionado quizás por el crecimiento vegetativo. (Underwood, 1981).

El contenido de cobre (Figura 51), tendió a disminuir su concentración a medida que transcurrieron los muestreos.

En los cuadros 44 y 52 (del apéndice) y figuras 46, 47, 48, 49, 50 y 51, se presentan los análisis de correlación entre el efecto de la temperatura o precipitación y los datos obtenidos a partir de los análisis minerales realizados a las 6 muestras recolectadas de Anacahuita Marín en el período de Marzo a Abril, 1986. (Cuadro 28 del apéndice).

El análisis de correlación entre la temperatura y el contenido mineral de Anacahuita Marín se encontró diferencia ( $P < .05$ ) en hierro (.8648). Esto nos indica que a medida que aumentó la temperatura (Figura 50), el contenido de hierro aumentó.

El análisis de correlación entre la precipitación y el contenido mineral de Anacahuita Marín no presentó diferencia estadística significativa.

En los cuadros 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 y 60 (del apéndice) y figuras de la 4 a la 51, se dan a conocer las ecuaciones de regresión lineal simple con diferencia ( $P < .01$ ), ( $P < .05$ ) y ( $P > .05$ ) para las especies de los arbustos bajo estudio. Estas son obtenidas con el fin de tener una idea aproximada de la cantidad de un nutriente por medio de una época de muestreo escogida por nosotros de Enero a Abril de 1986, teniendo en cuenta para esto el coeficiente de correlación entre los nutrientes analizados.

De acuerdo a los resultados de los contenidos minerales, de las 7 especies arbustivas en estudio, las cuales fueron simplificadas y vertidas en los cuadros 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32 (del ápendice) y las figuras 52, 53, 54, 54, 55 y 56 para cada nutriente con el objeto de compararlos con los requerimientos de algunos macro y microminerales para el ganado caprino (Cuadro 61).

**Cuadro 61. Requerimientos de Elementos Minerales para el ganado Caprino (en base a M.S.) en ppm.**

NUTRIENTE	NIVEL NORMAL
Calcio	1,630 ppm. (1)
Magnesio	2,000 ppm. (2)
Fósforo	1,220 ppm. (2)
Hierro	50 ppm. (3)
Cobre	10 ppm. (2)

(Fuente: (1) NRC. 1981, (2), Gall. 1981, (3), Pope, 1971).

#### Calcio:

Al analizar la figura 52, se observaron que los contenidos de calcio en el Guayacan (  $x = 31,367$  ppm), Granjeno ( $x = 32, 528$  ppm), Anacahuita Higueras (  $x = 30,943$  ppm), Palo Verde ( $x = 29,022$  ppm), Huizache (  $x = 23,267$  ppm), Mezquite ( $x = 14,114$  ppm), Chaparro Prieto ( $x = 13,500$  ppm) y Anacahuita Marín ( $x = 16,579$  ppm), cumplen satisfactoriamente los requerimientos de 1,630 ppm establecidos por el NRC. (1981), (Cuadro 61), con niveles altos en todos los arbustos.

### Magnesio:

Al analizar la figura 53, se observó que el contenido de magnesio en Guayacan fluctuó de 1,095 a 5,240ppm siendo los requerimientos recomendados por Gall. (1981), de 2,000 ppm presentando probable deficiencia en Marzo ( $x = 1,572$  ppm) y el 20 de Abril ( $x = 1,163$  ppm), cubriendo satisfactoriamente las fechas restantes. El Palo Verde ( $x = 4,564$  ppm), Granjeno ( $x = 4,680$  ppm), Anacahuíta Higueras ( $x = 3,673$ ppm), Anacahuíta Marín ( $x = 3,348$  ppm), cubrieron satisfactoriamente los requerimientos para el Magnesio. (Cuadro 61). El Mezquite reportó valores bajos de magnesio ( $x = 1,456$  ppm) a excepción del 20 de Enero y 20 de Abril (2,914 y 2,129 ppm). el Chaparro Prieto fue deficiente en todas las fechas ( $x = 579$ ppm) y el Huizache mostró probable deficiencia en Enero ( $x = 1,095$ ppm), y Marzo y principios de Abril. El promedio general de todos los arbustos cumplen satisfactoriamente los requerimientos de magnesio establecidos por Gall. (1981), por lo que no se recomienda la suplementación de magnesio en el periodo de estudio.

### Fósforo:

El contenido de fósforo figura 54, presentó probable deficiencia en Enero en todos los arbustos (a excepción del muestreo del 20 de Enero del Chaparro Prieto) al compararlos con los requerimientos de 1,220ppm recomendados por la NRC. (1981). Las siguientes fechas de muestreo no se encontraron niveles bajos de fósforo a excepción del Huizache y Anacahuíta Higueras que presentaron probable deficiencia el 20 de Marzo (570 y 744 ppm); además Anacahuíta Higueras presentó probable deficiencia en Abril ( $x = 1,069$ ppm).

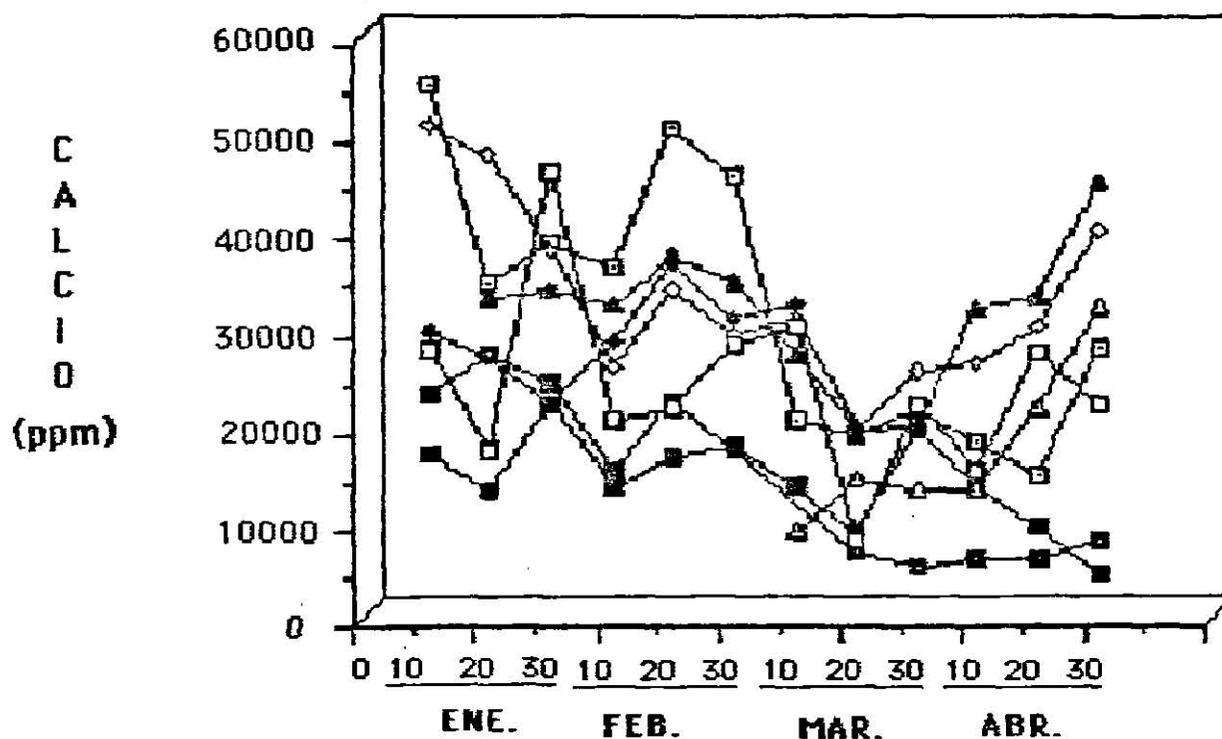


Fig. 52.- Distribución del contenido de calcio (ppm) en las 7 especies de arbustos bajo estudio.

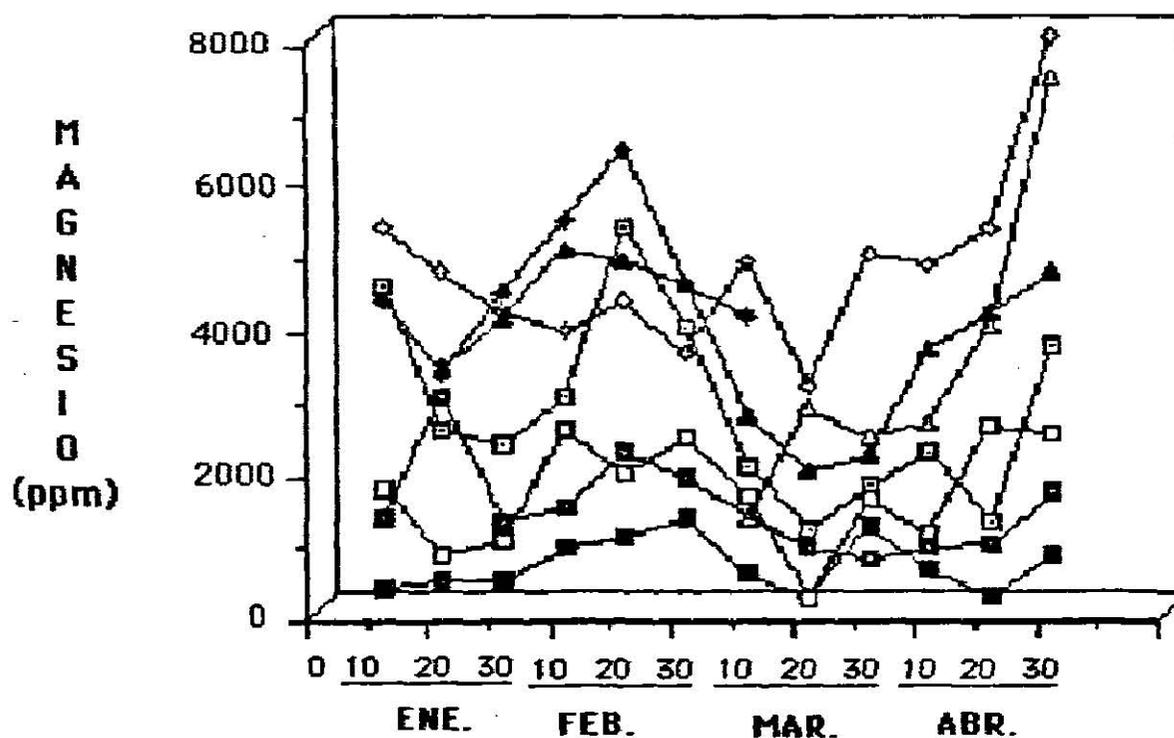


Fig. 53.- Distribución del contenido de magnesio (ppm) en las 7 especies de arbusto bajo estudio.

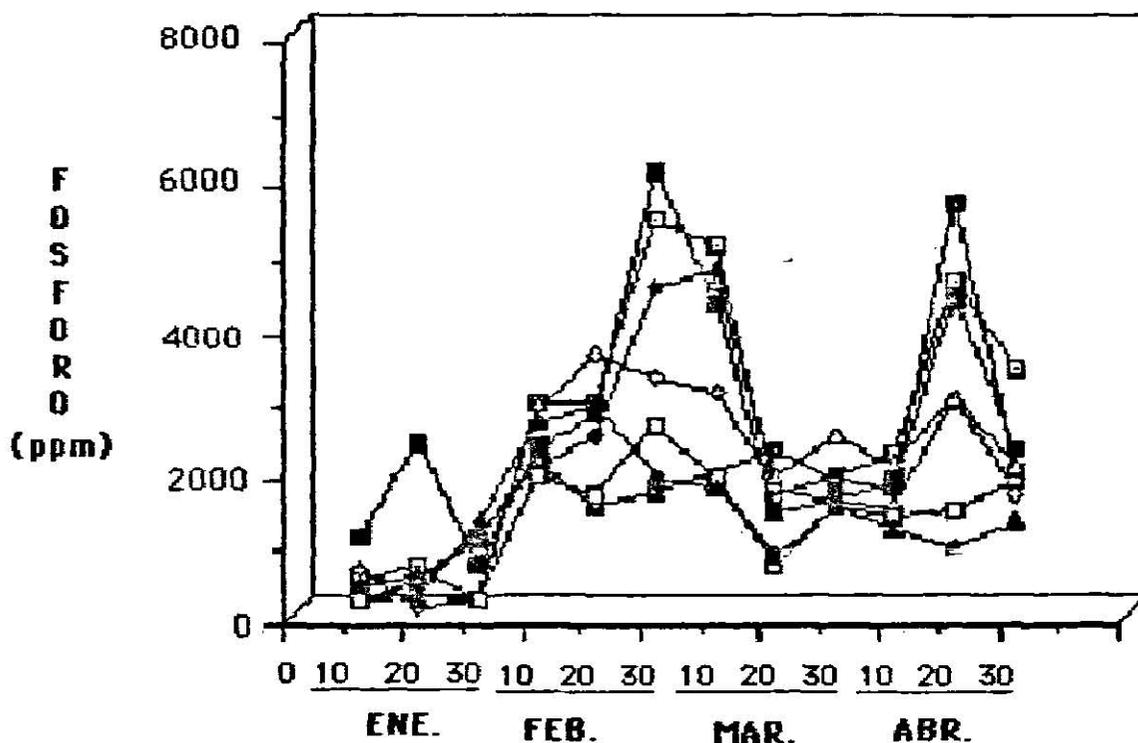


Fig. 54.- Distribución del contenido de fósforo (ppm) en las 7 especies de arbustos bajo estudio

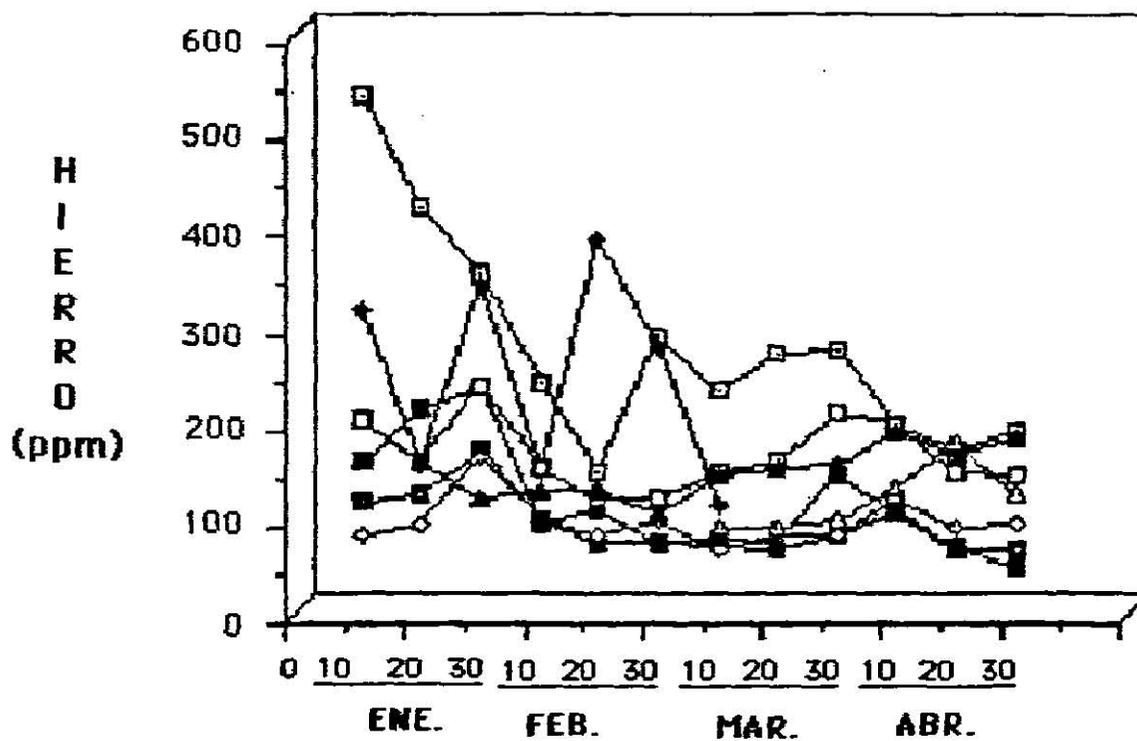


Fig. 55.- Distribución del contenido de Hierro (ppm) en las 7 especies de arbustos bajo estudio.

Por lo tanto se recomienda la suplementación de fósforo en Enero, con una mezcla que contenga de 8-10% de fósforo (Fresnillo, 1986), con un tamaño de partículas adecuado para facilitar la mezcla y que no contengan impurezas que puedan causar efectos nocivos; en el cuadro 13 aparecen los complementos de fósforo que se consiguen con mayor facilidad.

#### Hierro.

Al analizar la figura 55, se observó que el contenido de hierro en el Guayacan ( $x = 270\text{ppm}$ ), Granjeno ( $x = 90\text{ppm}$ ), Anacahuita Higueras ( $x = 141\text{ppm}$ ), Palo Verde ( $x = 227\text{ppm}$ ), Huizache ( $x = 160\text{ppm}$ ), Mezquite ( $x = 80\text{ppm}$ ), Chaparro Prieto ( $x = 111\text{ppm}$ ) y Anacahuita Marín ( $x = 112\text{ppm}$ ) cumplen satisfactoriamente los requerimientos de 50 ppm recomendados por Pope. (1971).

#### Cobre:

Al analizar la figura 56, se observó el contenido de Cobre en el Guayacan ( $x = 32\text{ppm}$ ), Granjeno ( $x = 21\text{ppm}$ ), Anacahuita Higueras ( $x = 22\text{ppm}$ ), Palo Verde ( $x = 15\text{ppm}$ ), Huizache ( $x = 19\text{ppm}$ ), Mezquite ( $x = 28\text{ppm}$ ), Chaparro Prieto ( $x = 22\text{ppm}$ ) y Anacahuita Marín ( $x = 35\text{ppm}$ ), cumplen satisfactoriamente los requerimientos de 10ppm establecidos por Gall. (1981).

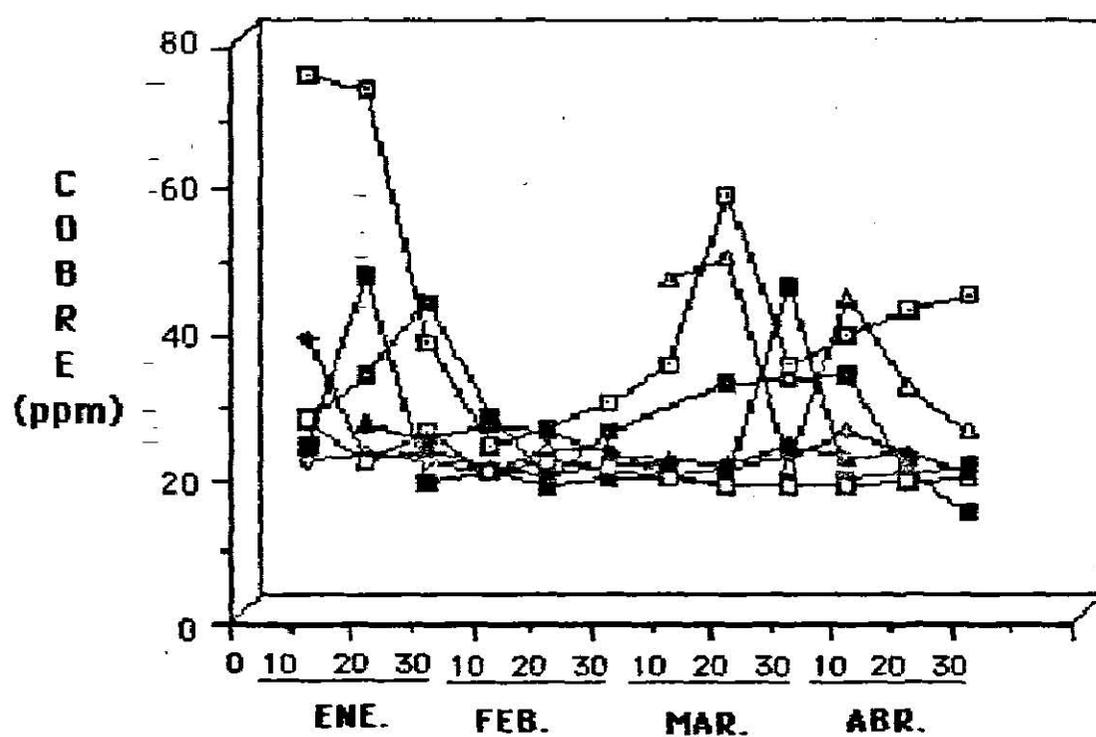


Fig. 56.- Distribución del contenido de cobre (ppm) en las 7 especies de arbustos bajo estudio.

- 1.- Se observó una marcada fluctuación de la concentración mineral, entre especies, interespecies y a través de la época de muestreo de Enero a Abril, 1986.
- 2.- El Guayacan mostró un efecto lineal, debido a la época de muestreo, con diferencia ( $P < .01$ ) en calcio, hierro y cenizas. Además se encontraron correlaciones por efecto de la temperatura a ( $P < .01$ ), en calcio (-.7936), hierro (-.8189) y cenizas (-.7653) y diferencia a ( $P < .05$ ) en fósforo (.5097). La correlación por efecto de la precipitación sobre el contenido mineral en el Guayacan no mostró diferencia estadística significativa.
- 3.- El Palo Verde mostró un efecto lineal, debido a la época de muestreo, solamente en fósforo ( $P < .01$ ). El análisis de correlación para la temperatura, mostró diferencia ( $P < .01$ ) en cobre (-.8017) y cenizas (.6636). El análisis de correlación para la precipitación no mostró diferencia estadística significativa.
- 4.- El Mezquite mostró un efecto lineal debido a la época de muestreo, con diferencia ( $P < .01$ ) en calcio y cenizas y diferencia ( $P < .05$ ) en fósforo y hierro; el cobre y magnesio no mostraron diferencia estadística significativa. En el análisis de correlación para la temperatura, mostró diferencia a ( $P < .05$ ) en cobre (-.8017) y cenizas (.6686). El análisis de correlación para la precipitación no mostró diferencia estadística significativa.

- 5.- El Granjeno no mostró diferencias estadísticas significativas en todos los nutrientes por efecto de la época de muestreo. El análisis de correlación para la temperatura mostró diferencia ( $P < .01$ ) en calcio (-.6212) y cenizas (-.5252). El análisis de correlación para la precipitación mostró diferencia ( $P < .01$ ) en magnesio (.8001).
- 6.- El Chaparro Prieto mostró un efecto lineal debido a la época de muestreo con diferencia ( $P < .05$ ) en calcio y hierro. El análisis de correlación para la temperatura mostró diferencia ( $P < .01$ ) en hierro (-.6617) y diferencia ( $P < .05$ ) en calcio (-.5892). El análisis de correlación para la precipitación mostró diferencia ( $P < .05$ ) en calcio (-.5933) y cenizas (-.5115).
- 7.- El Huizache mostró un efecto lineal debido a la época de muestreo con diferencia ( $P < .01$ ) en cobre y cenizas. El análisis de correlación para la temperatura mostró diferencia ( $P < .01$ ) en cobre (-.8183) y cenizas (.7318). El análisis de correlación para la precipitación no mostró diferencia estadística significativa.
- 8.- Anacahuita Higuera mostró un efecto lineal debido a la época de muestreo con diferencia ( $P < .01$ ) en cobre y diferencia ( $P < .05$ ) en hierro. El análisis de correlación para la temperatura mostró diferencia ( $P < .01$ ) en cobre (-.7744) y hierro (-.6971). El análisis de correlación para la precipitación mostró diferencia ( $P < .05$ ) en calcio (.5242) y cobre (-.5429).

- 9.- Anacahuita Marín mostró un efecto lineal debido a la época de muestreo con diferencia ( $P < .05$ ) en calcio y magnesio. Además se encontraron correlaciones por efecto de la temperatura con diferencia ( $P < .05$ ) en hierro (.8648). La correlación por efecto de la precipitación no mostró diferencia estadística significativa.
  
- 10.- Al comparar los contenidos minerales (Ca, Mg, P, Fe y Cu) de las siete especies arbustivas con los requerimientos en base a materia seca establecidos por el NRC. (1981), Gall. (1981) y Pope. (1971), para cabras se encontró que el único nutriente que presentaba probable deficiencia fue el fósforo en Enero.

De acuerdo a lo anterior, se recomienda que en el futuro al emprender nuevos trabajos se considere los siguientes aspectos.

- 1.- Lavar las muestras para evitar contaminación y errores en las determinaciones.
- 2.- Tomar en consideración que el contenido nutritivo de los vegetales es afectado por numerosos factores como lo son: Tipo de suelo, clima, estación, tiempo, tipo de planta, fertilidad, humedad del suelo, relación tallo-hojas, características físicas y morfológicas, etc. Por lo que se recomienda que al emprender un trabajo de esta naturaleza se tome en consideración todos estos factores y de esta manera hacerlos en forma integral para poder llegar a conclusiones más certeras.
- 3.- El método de muestreo propuesto en este experimento, mostró que no era el adecuado ya que debido a la sequía y a la defoliación

intensa, casi todos los arbustos mostraron una reducción de su follaje, acentuándose en el Palo Verde; por lo que se recomienda aumentar el número de individuos por especie (15 a 20 individuos) y que se localizan en un mismo sitio del pastizal.

## RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de Marín, N. L.

Los objetivos del presente trabajo fué evaluar la concentración mineral en 7 especies de arbustos: (Portieria angustifolia, Cercidiuna macrum, Prosopis glandulosa, Acacia rigidula, Acacia farnesiana, Celtis pallida y Cordia booisieri), de mayor consumo por la cabra, en el período de Enero a Abril de 1986, así como determinar la influencia de la temperatura, precipitación y fenología sobre la concentración mineral.

En el tejido vegetal, se determinó el contenido de Ca, Mg, Fe y Cu, por medio del espectrofotómetro de Absorción Atómica (Díaz y Romeu, 1981) y el fósforo por medio de espectrofotómetro (colorimetría) (Dikman y Hunter, 1940).

Los contenidos minerales reportados se sometieron a un análisis de regresión lineal simple, con el fin de evaluar el comportamiento asumido por cada nutriente, por efecto de la época de muestreo. Además se realizaron correlaciones simples entre el contenido mineral de cada nutriente y la temperatura o precipitación con el fin de medir la influencia de éstos dos factores sobre la concentración mineral de las 7 especies arbutivas bajo estudio.

Se observó una marcada fluctuación de la concentración mineral, entre especies e interespecies a través de la época de muestreo Enero-Abril de

1986, donde se encontró que el Guayacán redujo ( $P < .01$ ) su contenido de calcio y hierro; el Palo Verde incrementó ( $P < .05$ ) su contenido de fósforo; el Mezquite redujo ( $P < .01$ ) su contenido de calcio, cenizas y hierro; el Chaparro Prieto redujo ( $P < .05$ ) su contenido de calcio y hierro; el Huizache redujo ( $P < .01$ ) su contenido de cenizas y aumentó su contenido de cobre; Anacahuita Higueras redujo su contenido de cobre ( $P < .01$ ) y aumentó su contenido de hierro ( $P < .05$ ); Anacahuita Marín aumentó su contenido ( $P < .05$ ) de calcio y magnesio linealmente a través de la época de muestreo.

En cuanto a las correlaciones se encontró que la temperatura ejerció un efecto negativo sobre el contenido de Ca, Fe y cenizas en el Guayacán; cobre en el Palo Verde; hierro y calcio en el Chaparro Prieto; calcio y cenizas en el Granjeno; cobre en el Huizache, cobre y hierro en Anacahuita Higueras; es decir, éstos arbustos redujeron su concentración mineral de los elementos antes mencionados a medida que se incrementó la temperatura. En cuanto a las correlaciones positivas se encontró que a medida que aumentó la temperatura de 11.4 a 26.2°C se incrementó el contenido de fósforo en el Guayacán; cenizas en el Palo Verde, Mezquite y Huizache y hierro en Anacahuita Marín.

En cuanto a las correlaciones entre la precipitación y el contenido mineral se encontró, que a medida que ocurrieron las lluvias, se redujo el contenido de calcio y cenizas en Chaparro Prieto y cobre en Anacahuita Marín y se incrementó el contenido de magnesio en el Granjeno y calcio en Anacahuita Higueras.

De acuerdo a los resultados de los contenidos minerales, se compararon con los requerimientos recomendados para cabras, de los cuales el único nutriente que mostró probable deficiencia fué el fósforo en el mes de Enero (NRC, 1981).

## LITERATURA CITADA.

- 1.- **Ammerman, C.B. and M.S., Miller.** 1972. Biological availability of minor mineral ions: a review. *J. Anim. sci.* 35(3): 681-694.
- 2.- **Ammerman, C.B., S.M., Miller, K.R. Fick and S.L., Hansard.** 1977. Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. *J. Anim. sci.* 44 (3): 485-507.
- 3.- **Ammerman, C.B., I.M., Wing, B.G., Dunavant, W.K. Robertson, J.P., Feaster and L.R., Arrington.** (1970). Utilization of inorganic iron by ruminants as influenced by form of iron and iron status of the animal. Florida Agricultural Experiment Station Journals, series No. 2399.
- 4.- **Ammerman, C.B.** 1970. Recent developments in cobalt and copper in ruminant nutrition a review. *J. Dairy. science.* 53: 1097-1107.
- 5.- **Aries, G y F, R. Corodozo.** 1984. Deficiencias minerales como factor limitante de la producción bovina en los llanos venezolanos. *Producción Animal Tropical.* 9: 102-109.
- 6.- **Blaney, B.J. R.J., Garther and T.A., Head.** 1982. Efecto del oxalato de gramíneas tropicales en la disponibilidad de Ca, P y Mg para el ganado. *J. of Agricultural Science.* 99 (3): 533-539.
- 7.- **Bowen, E.J.** 1981. Hierro: Elemento vital para las plantas y animales. *Agricultura de las Américas* 30 (2,3): 14, 16, 28 y 36-41.

- 8.- **Bowen, E.J. y B.A., Krtky.** 1983. Microelementos: Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las Américas. 36 (6): 6, 8-11.
- 9.- **Bowen, E.J.** 1985. Funciones fisiológicas de los 16 elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Agricultura de las Américas. 34 (8): 6-10.
- 10.- **Brown, J.C. y W.E. Jones.** 1975. Phosphorus efficiency as related to iron inefficiency in Sorghum. Agronomy J. 67: 468-472.
- 11.- **Busso, C.A., and R.E., Brevendon.** 1981. Seasonal changes in content of weeping lovegrass in a semiarid environment. Agronomy Abs. pp. 102.
- 12.- **Caballero, D.C. y T.J. Pérez.** 1986. Fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia de algunos micronutrientes en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor) bajo riego, en Marín, N.L. Tesis profesional. FAU.A.N.L.
- 13.- **Call, J.W., J.E., Butcher, J.T. Blake, R.A., Smart and J.L., Shupe.** 1978. Phosphorus influence on Growth and reproduction of beef cattle. J. Anim. sci. 47 (3): 216-225.
- 14.- **Chatterton, N.J., J.R., Goodin, C.M. McKeell, R.V., Parker and J.M., Rible.** 1971. Monthly variation in the chemical composition of desert saltbush. 37-40.

- 15.- **Clifton, B. and T.L. Lambert**, 1972. Micronutrient trace element composition of crested Wheatgrass. *J. Range manage.* 25 (2): 128-131.
- 16.- **Cohen, R.D.** 1973. Phosphorus nutrition of beef cattle. 2. Relation of pasture phosphorus to phosphorus content of blood, hair and bone of grazing steers. *Aust. J. of Ex. Agric. and Anim. Husb.* 13:5-8
- 17.- **De Alba, J.** 1971. Alimentación del ganado en América Latina. 2a. Ed. Prensa Médica Mexicana. pp. 92-106, 156-158.
- 18.- **Díaz-Romeu, R. y A., Hunter.** 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos del suelo y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba Costa Rica. CATIE. (Mimeo). P. 68.
- 19.- **Dickman, S.R. y R.H., Bray.** 1940. Colorimetric determination of phosphate. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 12 p. 665-668.
- 20.- **Egmond, F.V. and M., Aktas.** 1977. Iron-Nutritional aspects of the ionic balance of plants. *Plant and soil.* 48:685-703.
- 21.- **Erickson, D.O., D.W., Meyer and A.E., Foster,** 1982. The effect of genotypes on the feed value of barley straws. *J. Anim. Sci.* 55(5): 1015-1026.

- 22.- **Everitt, H., M.A., Alaniz and A.H. Gerberman.** 1982. Chemical Composition of range grasses growing on saline soils of the South Texas Plains. *J. Range manage.* 35 (1): 43-45.
- 23.- **Everitt, J.H. and H.W., Gausman,** 1986. Fertilization effects on the phosphorus content of Browse species. *J. Range Manage.* 39 (3): 231-232.
- 24.- **Fierro, L.C.** 1977. Suplementación de bovinos en pastoreo. *Pastizales.* 8 (4): 23.
- 25.- **Fleischel, H.** 1970. Animal health and fertilizer use. *Agri. Digest No.* 21: 36-47.
- 26.- **Flemming, G.A.** 1970. The influence of stage of maturity and season on trace elements levels in perennial ryegrass. *Agri. Digest No.* 19:25-32.
- 27.- **Foth, D.H.** 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3a. Ed. Compañía Editorial Continental. México. pp. 313-314.
- 28.- **Fresnillo, M.O.,** 1986. Situación actual de la investigación sobre fósforo y otros minerales en el noroeste de México. *Gaceta Agrícola,* Guadalajara. pp. 4-6
- 29.- **Gall, C.** 1981. Goat production . *Academic Press.* New York, U.S.A. p. 619.

- 30.- **García, E.** 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2a Ed. correg. y aum. México, U.N.A.M.
- 31.- **Gartner, R.J., R.W., McLeón, D.A., Little and L. Winks.** 1980. Mineral deficiencies limiting production of ruminants grazing tropical pastures in Australia. *Tropical Grasslands*. 14 (3): 226-271.
- 32.- **Gomide, J.A., Noeller, C.H., G.O. Mott, J.H. Conrad and D.L., Hill.** 1969. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. *Agronomy J.* vol. 61: 120-123.
- 33.- **González, H.M.** 1982. Reducción de nutrientes en los pastizales de Chihuahua durante los meses de sequía. II Fósforo. *Pastizales*. 12 (5): 2-7.
- 34.- **González, O.R. and G.I., Ochoa.** 1985. Deficiencias nutricionales en los agostaderos del Norte de Durango. *Agric. Tec. Mex.* 11 (2): 121-139.
- 35.- **Gross, C.F. and G.A., Jung.** 1978. Magnesium, Ca and K concentration in temperate-origin forage species as affected by temperature and Mg fertilization. *Agronomy J.* 70: 377-405.
- 36.- **Gross, C.F. and G.A., Jung.** 1981. Season, temperature soil PH, and Mg fertilizer effects in herbage Ca y P levels and ratios of grasses and legumes. *Agronomy J.* 73: 629-634.

- 37.- **Halvarson, A.D. and L.M., White.** 1981. Nitrogen fertilization effects on seasonal Ca, Mg, P and K levels of Western Wheatgrass and green needlegrass. *Agronomy J.* 73: 651-656.
- 38.- **Hamilton, J.W., and C. S., Gilbert.** 1971. Mineral composition of native and introduced Clovers. 304-307.
- 39 **Hanawalt, R.B. and P.L., Zuzo.** 1976. Distribution of Fe, Cu, Mn and Zn in mountain Ecosystems *Agronomy. Abs.* pp. 44.
- 40.- **Hill, R.R. Jr. and S.B., Guss.** 1976. Genetic variability for mineral concentration in plants related to mineral requirements of Cattle. *Corp. Science* 16: 680-685.
- 41.- **Kalmbacher, R.S., and F.G., Marin.** 1981. Mineral content in creeping bluestem as affected by Time of cutting. *J. Range Manage* 34 (5): 406-408.
- 42.- **Kalmbacher, R.S.** 1983. Distribution of dry matter and chemical constituents in plant parts of four Florida native grasses. *J. Range Manage.* 36 (3): 298-301.
- 43.- **Khalil, J.K.; W. N., Sawaya and S.Z. Hider,** 1986. Nutrient composition of *Atriplex* levels Grown in Saudi Arabia. *J. Range Manage* 39 (2): 104-105.

- 44.- **Kiatoko, M., L.R., McDowell, J.E., Bertrand, H.L., Chapman, F.M., Pate, F.G., Martin and J.H., Conrad.** 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four poill order regions of Florida. I. Macroelements, protein, vitamins A and E, hemoglobin and hematocrit. *J. Anim. Sci.* 55 (1) 28-37.
- 45.- **Kilcher, M.R.,** 1981. Plant development, stage of maturity and nutrient composition. *J. Range Manage* 34 (5): 363-364.
- 46.- **Koes, R.M. y W.H., Pfander.** 1973. Intake and digestibility by lambs of low-quality sudan-grass supplemented with mineral mixtures having different acid-alkali ashk values. *J. Animal Sci.* 37 (4): 1018-1021.
- 47.- **Korovin, A.I. Z.F., Syceva and Z. Bystrova.** 1966. The effect of soil temperature of the contents of various forms of phosphorus in plants. *Agri. Digest No. 7:* 39.
- 48.- **Lebdoskcojo, S., C.B., Ammerman, N.S. Raun, J. Gómez and R.C., Littell.** 1980. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the Eastern plains of Colombia. *J. Anim. Sci.* 51 (6): 1249-1260.
- 49.- **Lees, P.** 1980. El cobre, indispensable para la vida. *Agricultura de las Américas.* 29 (2): 14, 52-54.

- 50.- **López, D.U.** 1973. Suplementación mineral del ganado en pastoreo. Depto. de Zootecnia F.A.U.A.N.L.
- 51.- **Lucas, R.E. y B.D. Knezek.** 1983. Micronutrientes en Agricultura: Condiciones climáticas y de suelo que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. 1a. Ed. A.G.T. Editor. México. pp. 295-310.
- 52.- **Márquez, M.L.,** 1983. Suplementación mineral de los animales en pastoreo. Seminario. F.A.U.A.N.L.
- 53.- **Mayland, H.F., D.L., Grunes and D.M. Stuart.** 1974. Chemical Composition of Agropyron desertorum as related to grass tetany. Agronomy J. Vol. 6: 441-445.
- 54.- **Mayland, H.F., D.L., Grunes and V.A. Lazar.** 1976. Grass Tetany Hazard of cereal forages based upon chemical composition. Agronomy J. Vol. 68: 665-667.
- 55.- **Maynard, A.L., J.K., Loosli, H.F., Hintz y R.G. Warner.** 1981. Nutrición Animal. 4a. Ed. McGraw-Hill. pp. 233-270.
- 56.- **McDonald, P, R.A. Edwards y J.F.D, Greenhalgh** 1981. Nutrición Animal, 3a. Ed. Acribia. España. pp. 99-110.
- 57.- **Mc. Dowell, L.R., J.H., Conrad, J.E. Thomas, L.E., Harris y K.R., Fick.** 1977. Composición de los forrajes latinoamericanos. Producción Animal Tropical. 2: 282-288.

- 58.- **Mc. Dowell, L.R., M. Kiatoko, J.E. Bertrand, H.L. Chapman, F.M., Pate, F.G. Martin and J.H., Conrad.** 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. II trace minerals. *J. Anim. Sci.* 55 (1): 38-47.
- 59.- **Mejía, H.A., M.D., Rodríguez, A.R., Vázquez, R.J., Fuentes.** 1983. Determinación de deficiencia y/o toxicidad de minerales en tres municipios ganaderos del Estado de Coahuila. Tesis de Maestría. U.A.A.N.
- 60.- **Mejía, H.A., M.D., Rodríguez, .E.J., Torralba, A.R., Vázquez y H.I., Pérez.** 1984. Determinación de deficiencias y/o toxicidad de minerales en la ganadería de los municipios de Muzquiz, Zaragoza y Acuña, del Estado de Coahuila. Memorias de la primera reunión bianual de nutrición animal. Depto. de Nutrición Animal. Div. de Ciencia Animal. U.A.A.N.
- 61.- **Monroy, V.A., A.S., Shimada, F.G., Rodríguez y J.A., Cuaron.** 1986. Engorda de ganado bovino en corrales. 1a. Ed. Consultores en Producción Animal. pp. 161-174.
- 62.- **Merle, L.F. and A.R., Batchelder.** 1980. Factors influencing magnesium in high plains forage. *J. Range Mange.* 33(6): 435-438.
- 63.- **Muñoz, C.M.** 1985. "Resumen de la información sobre resultados de la respuesta biológica de la suplementación mineral, del ganado bovino en pastoreo en el Norte de México (Región Subtropical)" Tesis sin publicar. I.T.E.S.M.

- 64.- **Munshower, F.F. and D.R., Newman.** 1978. Elemental Concentrations in native range grasses from the northern great plains of Montana. *J. Range Manage* 31 (2): 145-148.
- 65.- **NRC,** 1981. Nutrient requeriments of Goats: Angora; Dairy and Meat Goats in temperate and tropical countries pp: 5-6
- 66.- **Peducasse, A. y L. R., McDowell.** 1983. Situación Mineral de Bovinos de carne pastoreando en las áreas tropicales. *Producción Animal Tropical*. 8: 129-142.
- 67.- **Pope, A.L.** 1971. A review of recent mineral research with sheep. *J. Anim. sci.* 33 (6): 1331-1343.
- 68.- **Rauzi, F., L.I., Painter and A.K., Dobranz.** 1969. Mineral and protein contents of bluegrama and wester wheatgrass. *J. Range Manage Tech. notes*: 47-48.
- 69.- **Rauzi, F.** 1975. Seasonal yield and chemical composition of crested wheatgrass in southern Wyoming. *J. Range Manage* 28 (3): 219-221.
- 70.- **Rauzi, F.** 1980. Chemical composition of sandlily (*Leycocrinum montanum*). *J. Range Manage* 33(6): 455-456.
- 71.- **Reddy, G.D., A.M., Alston and K.G., Tiller.** 1981. Seasonal changes in the concentrations of cooper, molybdenum and sulfur in pasture plants. *Aust. J. Exp. agric. Anim. Husb.* Vol. 21: 498-504.

- 72.- **Reynolds, J.H. and W.H., Wall.** 1982. Concentrations of Mg, Ca, P, K and crude protein in fertilized tall fescue. *Agronomy J.* 74: 950-954.
- 73.- **Rosero, O.R., R.E., Tucker, G.E., Mitchell and G.T., Schelling.** 1980. Mineral utilization in sheep fed spring forages of different species, maturity and nitrogen fertility. *J. Animal Sci.* 50 (1): 128-136.
- 74.- **Rosero, O.R., y L.R., McDowell.** 1984. Factores nutricionales que afectan el status mineral y efectos residuales a largo plazo en ovejas. I.- Microelementos y comportamiento mineral. *Producción Animal Tropical.* 9: 300-306.
- 75.- **Rosero, O.R. y L.R., McDowell.** 1984. Factores nutricionales que afectan el status mineral y efectos residuales a largo plazo en ovejas. II.- Minerales Traza. *Producción Animal Tropical.* 9: 288-299.
- 76.- **Sepúlveda, G.A.** 1986. Resumen de resultados de la evaluación de P y Ca para la alimentación Animal. (I.T.E.S.M. 1973-1983). Tesis sin publicar I.T.E.S.M..
- 77.- **Sleper, D.A., G.B., Garner, C.J., Nelson and J.L., Sebaugh.** 1980. Mineral concentration of tall genotypes under controlled conditions. *Agronomy J.* Vol. 72:720-722.

- 78.- **Smith, D., D.A., Rohweder and, N.A., Jorgensen.** 1974. Chemical composition of three legume and four grass herbage harvested at early flower during three years. *Agronomy J.* Vol. 65: 817-821.
- 79.- **Stoszek, M.J., J.E., Oldfield, G.E., Carter and P.H., Weswing.** 1979. Effect of tall fescue and Quackgrass on cooper metabolism and of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 48 (4): 893-899.
- 80.- **Stuart, M., H. F., Mayland and D.L., Grunes.** 1973. Seasonal changes in trans-aconitate and mineral compositions of crested wheeatgrass in relation to grass tetany. *J. Range Mange* 26 (2): 113-116.
- 81.- **Tamhane, R.V..** 1978. Suelos: Su química y su fertilidad en zonas tropicales. 1a Ed. Diana, México. pp. 199, 200, 214-216.
- 82.- **Tisdale, S.L. y W.L., Nelson.** 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1a. Ed. Unión Tipografía Hispanoamericana. México. pp. 80-85, 101-107.
- 83.- **Tood, J.R.** 1970. Factors in white clover which affect animal health. *Agri Digest* No. 20: 25-33.
- 84.- **Tihill, J.L. and J.R., George.** 1975. Cation concentrations and K to Ca, Mg, ratio of nine cool-season grasses and implications with hypomagnesium. *Agronomy J.* vol. 67:89-91.

- 85.- **Umoh, E.J., L.H., Harbers and E.D.F., Smith,** 1982. The effects of burning on mineral contents of flint Hill range forages. *J. Range Manage* 35(2): 231-234.
- 86.- **Underwood, E.J.,** 1981. Los minerales en la nutrición del ganado. 2a. Ed. Acribia. pp: 37-40, 50-59.
- 87.- **Uresk, W.D., and J.F., Cline.** 1976. Composición mineral de 3 pastos perennes en una comunidad arbustiva en el sur-Central de Washington, *J. Range Manage.* 29 (3): 255-256.
- 88.- **Valdez, C.J.** 1977. Estudio de algunos macro y micro elementos minerales presentes en diferentes pastos del municipio de Martínez de la Torre, Ver. Tesis profesional U.N.A.M.
- 89.- **Vargas, R., L.R., McDowell.** 1984. Niveles relativos de minerales en el ganado colombiano y su relación con el mal del marcismo (secadera) *Producción Animal Tropical.* 9: 110-121.
- 90.- **Vijachulata, et. al.,** 1983. Status mineral del ganado criado en las aldeas de Tailandia Central. *Producción Animal Tropical.* 8: 143-149.
- 91.- **Villachica, L.H., E., Bornemisza y M., Arca.** 1974. Efecto de la aplicación de cal, fósforo y zinc, en el rendimiento y la concentración de zinc, manganeso y hierro en el pasto pangola. *Turrialba* 24 (2): 132-139.

- 92.- **Wayne, W.D.** 1981. Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la Educación. 1a. Ed. Latinoamericana, S.A. Bogotá, Colombia. pp: 315-349.
- 93.- **Yepes, S.** 1975. Evaluación inicial de gramíneas y leguminosas en campos de introducción y composición química de gramíneas en Matanzas, Cuba. Estación Experimental de pastos y forrajes indio hatuey. Serie Técnico científico A-9 pp. 11-16.

# APPENDICE

**Cuadro 21.- Concentración mineral del Guayacan, en base M.S., en el período de Enero-Abril, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	17.86	15.54	15.26	10.47	
	20	18.59	21.26	12.70	10.52	
	30	17.87	18.08	16.39	14.42	
	X	18.11	18.29	14.78	11.80	15.75
Calcio (ppm)	10	54,689.75	35,670.89	20,013.35	17,598.95	
	20	24,142.02	50,023.66	18,435.34	14,210.91	
	30	38,381.77	45,162.55	20,935.79	27,139.58	
	X	42,404.51	43,619.03	19,794.83	19,649.81	31,367.05
Magnesio (ppm)	10	4,412.99	2,914.78	1,923.13	2,145.64	
	20	2,445.56	5,240.07	1,095.45	1,163.85	
	30	2,222.51	3,854.89	1,698.24	3,637.47	
	X	3,027.02	4,003.25	1,572.27	2,315.73	2,729.57
Fósforo (ppm)	10	419.83	2,840.60	5,030.86	2,121.93	
	20	592.13	2,851.08	1,558.34	4,524.03	
	30	171.85	5,418.49	1,851.69	3,322.50	
	X	394.60	3,703.39	2,813.63	3,322.82	2,558.61
Hierro (ppm)	10	530.01	234.40	226.89	191.32	
	20	417.22	142.52	264.85	163.32	
	30	349.30	281.21	265.95	183.02	
	X	432.18	219.38	252.56	179.22	270.83
Cobre (ppm)	10	74.20	32.06	34.07	38.01	
	20	72.11	25.38	57.33	41.94	
	30	37.21	28.99	34.35	43.99	
	X	61.17	28.81	41.92	41.31	42.30

**Cuadro 22.- Concentración mineral del Palo Verde en base M.S.,  
en el período de Enero al 10 de Marzo, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	10.20	17.36	14.76	—	
	20	13.29	15.27	—	—	
	30	16.77	15.18	—	—	
	X	13.42	15.94	—	—	14.69
Calcio (ppm)	10	28,913.39	27,983.91	31,878.82	—	
	20	26,308.75	36,094.48	—	—	
	30	21,709.63	30,268.82	—	—	
	X	25,643.92	31,449.07	—	—	29,022.54
Magnesio (ppm)	10	4,250.55	5,333.07	4,027.89	—	
	20	3,201.10	6,316.51	—	—	
	30	4,341.76	4,480.55	—	—	
	X	3,931.10	5,376.71	—	—	4,564.47
Fósforo (ppm)	10	372.95	1,966.21	4,685.28	—	
	20	451.98	2,395.86	—	—	
	30	1,028.80	4,472.95	—	—	
	X	617.91	2,945.00	—	—	2,196.29
Hierro (ppm)	10	309.89	143.02	107.86	—	
	20	149.76	381.95	—	—	
	30	335.16	272.95	—	—	
	X	264.93	265.97	—	—	227.53
Cobre (ppm)	10	37.58	19.91	20.43	—	
	20	21.13	19.07	—	—	
	30	22.29	20.17	—	—	
	X	27.00	19.72	—	—	15.23

**Cuadro 23.- Concentración mineral del Mezquite en base M.S., en el periodo de Enero-Abril, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	9.04	8.12	—	5.88	
	20	9.49	7.53	6.73	5.14	
	30	9.22	9.53	6.19	5.55	
	X	9.25	8.39	6.46	5.52	7.41
Calcio (ppm)	10	22,554.70	14,682.26	—	5,492.58	
	20	26,657.13	21,630.68	6,153.34	5,514.52	
	30	23,767.24	16,971.55	4,761.09	7,074.17	
	X	24,326.36	17,761.50	5,457.22	6,027.09	14,114.48
Magnesio (ppm)	10	1,216.30	1,394.81	—	798.42	
	20	2,914.43	2,129.52	838.74	843.05	
	30	1,146.91	1,766.32	639.91	1,596.98	
	X	1,759.21	1,763.55	739.33	1,079.48	1,456.72
Fósforo (ppm)	10	168.60	2,021.33	—	1,685.17	
	20	421.59	1,404.69	2,181.49	5,602.52	
	30	987.26	1,639.54	1,789.43	1,885.43	
	X	525.82	1,688.52	1,985.46	3,057.71	1,798.82
Hierro (ppm)	10	111.64	93.47	—	98.09	
	20	119.02	69.13	60.38	61.58	
	30	165.53	70.38	77.26	61.09	
	X	132.06	77.66	68.82	73.59	80.69
Cobre (ppm)	10	26.94	27.25	—	32.64	
	20	32.49	18.53	31.65	18.69	
	30	42.55	24.79	32.30	20.38	
	X	33.99	23.52	31.98	23.90	28.00

**Cuadro 24.- Concentración mineral del Granjeno, en base M.S., en el período de Enero-Abril, 1986**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	23.20	23.54	19.81	21.98	
	20	23.61	23.13	21.60	19.66	
	30	23.34	25.15	19.02	22.62	
	X	23.38	23.94	20.14	21.42	22.22
Calcio (ppm)	10	50,448.62	25,292.89	30,023.82	25,611.51	
	20	47,235.49	33,256.92	19,052.50	29,446.17	
	30	37,383.49	28,477.61	24,709.84	39,407.99	
	X	45,022.53	29,009.14	24,595.39	31,488.56	32,528.91
Magnesio (ppm)	10	5,258.36	3,832.83	4,768.39	4,741.19	
	20	4,614.55	4,240.53	3,034.04	5,244.37	
	30	4,090.26	3,528.69	4,878.08	7,930.16	
	X	4,654.39	3,867.35	4,226.84	5,971.91	4,680.12
Fósforo (ppm)	10	562.54	2,799.58	2,986.92	1,438.33	
	20	69.37	3,531.15	1,668.48	2,875.00	
	30	165.65	3,222.27	1,479.86	1,579.86	
	X	265.85	3,184.33	2,045.09	1,964.70	1,864.99
Hierro (ppm)	10	76.25	92.01	62.93	113.95	
	20	82.52	75.11	76.94	82.35	
	30	156.99	92.53	76.95	87.47	
	X	106.90	86.55	72.27	94.59	90.08
Cobre (ppm)	10	20.73	19.20	19.10	25.21	
	20	22.13	22.26	19.70	21.75	
	30	20.82	22.18	21.48	19.15	
	X	21.23	21.21	20.09	22.04	21.14

**Cuadro 25.- Concentración mineral del Chaparro Prieto, en base M.S., en el período de Enero-Abril, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	6.68	6.74	6.77	8.10	
	20	6.08	6.72	6.80	6.67	
	30	9.47	7.35	7.20	5.42	
	X	7.41	6.94	6.92	6.73	7.00
Calcio (ppm)	10	16,488.19	13,136.74	12,962.73	12,848.43	
	20	12,432.31	15,955.02	8,090.97	8,718.76	
	30	21,581.33	17,214.39	18,645.39	3,934.29	
	X	16,833.94	15,435.38	13,233.03	8,500.49	13,500.71
Magnesio (ppm)	10	249.37	826.03	436.90	489.77	
	20	335.30	966.38	76.48	138.95	
	30	376.56	1,220.05	1,127.35	716.73	
	X	320.41	1,004.15	546.91	448.48	579.99
Fósforo (ppm)	10	1,011.16	2,241.35	4,240.09	1,755.35	
	20	2,292.21	2,676.56	1,347.48	4,288.16	
	30	624.54	6,082.46	1,543.93	2,175.35	
	X	1,309.30	3,666.79	2,377.17	2,739.60	2,523.22
Hierro (ppm)	10	153.27	87.55	73.24	102.17	
	20	207.39	103.10	66.89	66.02	
	30	230.39	68.53	136.24	42.27	
	X	197.10	86.39	92.12	70.15	111.44
Cobre (ppm)	10	22.85	19.27	28.34	18.43	
	20	46.13	17.54	17.78	19.55	
	30	17.61	18.37	44.72	13.84	
	X	28.86	18.54	26.95	17.27	22.91

**Cuadro 26.- Concentración mineral del Hizache, en base a M.S., en el período de Enero-Abril, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	9.78	10.09	11.35	11.48	
	20	8.77	10.08	11.40	10.88	
	30	10.42	10.06	11.87	11.02	
	X	9.66	10.08	11.54	11.13	10.60
Calcio (ppm)	10	26,974.59	19,939.76	29,564.36	14,386.18	
	20	16,847.06	21,038.69	7,432.43	26,910.02	
	30	45,331.57	27,686.51	21,571.22	21,533.37	
	X	29,717.74	22,888.32	19,522.67	20,943.19	23,267.98
Magnesio (ppm)	10	1,614.85	2,435.93	1,543.19	1,004.90	
	20	730.25	1,847.35	85.98	2,518.35	
	30	939.22	2,322.24	1,475.57	2,388.84	
	X	1,095.01	2,201.89	1,034.91	1,970.70	1,575.62
Fósforo (ppm)	10	165.04	1,815.69	1,809.76	1,259.22	
	20	206.60	1,566.31	590.76	1,395.46	
	30	167.61	2,528.96	1,425.81	1,795.41	
	X	179.75	1,970.32	1,275.44	1,483.36	1,227.22
Hierro (ppm)	10	194.10	147.03	141.69	189.77	
	20	153.00	114.61	153.28	141.94	
	30	230.62	115.46	200.83	139.37	
	X	192.58	125.70	165.27	157.03	160.14
Cobre (ppm)	10	26.38	19.50	18.47	17.11	
	20	20.92	20.85	17.57	17.88	
	30	24.88	19.93	17.29	18.48	
	X	24.06	20.09	17.78	17.82	19.93

**Cuadro 27.- Concentración mineral de Anacahuita Higueras, en base M.S., en el período del 20 de Enero-Abril, 1986.**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	—	18.34	12.02	20.19	
	20	17.39	17.67	18.51	20.08	
	30	16.75	17.65	18.82	19.74	
	X	17.07	17.89	16.47	20.00	17.92
Calcio (ppm)	10	—	31,628.97	26,289.11	31,262.53	
	20	32,577.76	36,600.98	18,858.59	32,480.47	
	30	33,184.97	34,082.30	19,010.19	44,401.38	
	X	32,881.37	34,104.08	21,385.96	36,048.13	30,943.39
Magnesio (ppm)	10	—	4,966.63	2,663.42	3,571.33	
	20	3,296.62	4,768.87	1,899.62	4,068.15	
	30	3,960.16	4,490.20	2,071.89	4,649.91	
	X	3,638.39	4,741.90	2,211.64	4,096.46	3,673.35
Fósforo (ppm)	10	—	2,620.47	1,670.12	1,102.19	
	20	169.73	2,798.08	744.78	861.94	
	30	1,179.45	1,840.15	1,442.22	1,244.32	
	X	674.59	2,419.57	1,285.71	1,069.48	1,424.86
Hierro (ppm)	10	—	121.86	138.85	181.71	
	20	151.17	120.71	143.67	162.17	
	30	115.92	99.66	147.98	175.25	
	X	133.54	114.08	143.50	173.04	141.72
Cobre (ppm)	10	—	26.10	20.70	21.33	
	20	26.15	24.90	20.27	22.12	
	30	23.95	21.73	22.98	19.29	
	X	25.05	24.24	21.32	20.91	22.68

**Cuadro 28.- Concentración mineral de Anacahuíta Marín, en base a M.S., en el período del 10 de Marzo-Abril, 1986**

Nutriente	Fecha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	X
Cenizas (%)	10	—	—	16.31	13.84	
	20	—	—	13.27	14.02	
	30	—	—	13.64	14.19	
	X	—	—	14.41	14.02	14.21
Calcio (ppm)	10	—	—	8,413.62	12,674.11	
	20	—	—	13,807.24	20,876.04	
	30	—	—	12,486.03	31,221.04	
	X	—	—	11,568.96	21,590.39	16,579.68
Magnesio (ppm)	10	—	—	1,242.05	2,549.45	
	20	—	—	2,766.75	3,870.68	
	30	—	—	2,332.33	7,328.33	
	X	—	—	2,113.71	4,582.79	3,348.25
Fósforo (ppm)	10	—	—	4,540.54	1,963.65	
	20	—	—	1,833.93	2,924.71	
	30	—	—	2,412.83	1,945.13	
	X	—	—	2,929.10	2,277.83	2,603.47
Hierro (ppm)	10	—	—	83.49	127.09	
	20	—	—	82.76	170.92	
	30	—	—	91.66	116.65	
	X	—	—	85.97	138.17	112.07
Cobre (ppm)	10	—	—	45.77	43.16	
	20	—	—	48.99	31.20	
	30	—	—	19.99	24.99	
	X	—	—	38.25	33.12	35.68

**Cuadro 29.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Guayacan.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	10			
P.a. Cen.	60.82	58.98	10.31	**	.5077
P.a. Ca.	1179832961.13	884642543.77	13.33	**	.5715
P.a. Mg.	2946345.77	15829661.10	1.86	N.S.	.1569
P.a. P.	9001774.96	25729636.34	3.50	N.S.	.2592
P.a. Fe.	79358.32	60883.01	13.04	**	.5659
P.a. Cu.	412.69	2453.91	1.68	N.S.	.1440

\*\* (P< .01)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 30.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Palo Verde.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	5			
C.m. Cen.	9.09	25.06	1.82	N.S.	.2663
C.m. Ca.	34768572.28	86889339.35	2.00	N.S.	.2852
C.m. Mg.	533693.09	5428580.76	.49	N.S.	.0895
C.m. P.	17833689.79	1367549.42	65.20	**	.9288
C.m. Fe.	3497.11	66627.24	2624	N.S.	.0499
C.m. Cu.	114.37	141.79	4.03	N.S.	.4464

\*\* (P< .01)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 31.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Mezquite.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
gl.	1	9			
Pg. Cen.	23.17	4.93	42.26	**	.8244
Pg. Ca.	604340329.41	131097566.13	41.49	**	.8217
Pg. Mg.	1087571.20	3572593.52	2.74	N.S.	.2334
Pg. P.	9012044.27	11066264.54	7.34	*	.4484
Pg. Fe.	4670.90	5924.92	7.10	*	.4408
Pg. Cu.	68.59	163.02	1.33	N.S.	.1290

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 32.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Granjeno.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
gl.	1	10			
C.p. Cen.	12.34	26.18	4.71	N.S.	.3202
C.p. Ca.	290931137.95	693040962.22	4.19	N.S.	.2957
C.p. Mg.	3152013.85	13412944.14	2.35	N.S.	.1903
C.p. P.	1896479.34	14134607.28	1.34	N.S.	.1183
C.p. Fe.	183.30	6443.82	.28	N.S.	.0277
C.p. Cu.	.20	34.40	.06	N.S.	.0057

N.S. (P> .05)

**Cuadro 33.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Chaparro Prieto.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	10			
A.r. Cen.	.4577	10.81	.423	N.S.	.0406
A.r. Ca.	94866645.03	171275235.48	5.53	*	.3565
A.r. Mg.	32627.03	1336656.97	.24	N.S.	.0238
A.r. P.	1507892.71	26322608.47	.57	N.S.	.0542
A.r. Fe.	18507.75	20121.40	9.20	*	.4791
A.r. Cu.	73.22	1193.22	.61	N.S.	.0578

\* (P < .05)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 34.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio del Huizache.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	10			
A.f. Cen.	5.13	3.58	14.32	**	.5889
A.f. Ca.	82086997.16	883700241.66	.9289	N.S.	.0850
A.f. Mg.	481556.15	4319289.91	1.11	N.S.	.1003
A.f. P.	1645545.67	4938967.03	3.33	N.S.	.2499
A.f. Fe.	580.59	13515.97	.4295	N.S.	.0412
A.f. Cu.	63.78	33.27	19.17	**	.6572

\*\* (P < .01)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 35.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio de la Anacahuita Higueras.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	9			
C.b. H. Cen.	10.37	40.22	2.32	N.S.	.2051
C.b. H. Ca.	—	—	—	N.S.	—
C.b. H. Mg.	224750.63	11390242.17	.1775	N.S.	.0194
C.b. H. P.	164902.32	1934910.75	.2501	N.S.	.0270
C.b. H. Fe.	3095.20	3457.51	8.06	*	.4724
C.b. H. Cu.	34.02	20.54	14.93	**	.6239

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 36.- Resumen de los análisis de varianza en las variables de estudio de la Anacahuita Marín.**

Variable	S.C. regresión	S.C. error	F. Cal.	Sig.	R <sup>2</sup>
g.l.	1	4			
C. b. M. Cen.	.9489	4.84	.7837	N.S.	.1638
C. b. M. Ca.	262024499.36	77186101.08	13.58	*	.7725
C. b. M. Mg.	16475656.22	6082872.82	10.83	*	.7704
C. b. M. P.	1472878.18	3853875.18	1.53	N.S.	.2765
C. b. M. Fe.	3098.37	2703.99	4.58	N.S.	.5340
C. b. M. Cu.	256.90	458.54	2.24	N.S.	.3591

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 37.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Guayacan y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	-.7653	**
Calcio	-.7936	**
Magnesio	-.4600	N.S.
Fósforo	.5097	*
Hierro	-.8189	**
Cobre	-.4223	N.S.

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 38.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Palo Verde y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	.6686	*
Calcio	.4260	N.S.
Magnesio	.3257	N.S.
Fósforo	.8681	**
Hierro	-.2030	N.S.
Cobre	-.8017	*

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 39.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Mezquite y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C )	Significancia
Cenizas	-.8813	**
Calcio	-.8584	N.S.
Magnesio	-.4613	N.S.
Fósforo	.7216	**
Hierro	-.5918	*
Cobre	-.3019	N.S.

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 40.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Granjeno y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C )	Significancia
Cenizas	-.5252	*
Calcio	-.6112	*
Magnesio	.2904	N.S.
Fósforo	.3807	N.S.
Hierro	-.0620	N.S.
Cobre	.1570	N.S.

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 41.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Chaparro Prieto y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	-0.821	N.S.
Calcio	-5.892	*
Magnesio	.0627	N.S.
Fósforo	.2508	N.S.
Hierro	-6.617	**
Cobre	-3.363	N.S.

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 42.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Huizache y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	.7318	**
Calcio	-2.875	N.S.
Magnesio	.2329	N.S.
Fósforo	.4550	N.S.
Hierro	-2.224	N.S.
Cobre	-.8183	**

\*\* (P< .01)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 43- Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Higueras y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	.4376	N.S.
Calcio	.0242	N.S.
Magnesio	-.1103	N.S.
Fósforo	-.1879	N.S.
Hierro	.6971	**
Cobre	-.7744	**

\*\* (P< .01)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 44.- Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Marín y las temperaturas (°C) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Temperatura (°C)	Significancia
Cenizas	-.3199	N.S.
Calcio	.5961	N.S.
Magnesio	.5537	N.S.
Fósforo	-.4075	N.S.
Hierro	.8648	*
Cobre	-.0405	N.S.

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 45- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Guayacan y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	-.1007	N.S.
Calcio	-.1618	N.S.
Magnesio	.1818	N.S.
Fósforo	.3093	N.S.
Hierro	-.3148	N.S.
Cobre	-.0905	N.S.

N.S. (P > .05)

**Cuadro 46.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Palo Verde y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	.0655	N.S.
Calcio	.4178	N.S.
Magnesio	-.0679	N.S.
Fósforo	.6349	N.S.
Hierro	-.4775	N.S.
Cobre	-.2383	N.S.

N.S. (P > .05)

**Cuadro 47- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Mezquite y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	-.3834	N.S.
Calcio	-.2504	N.S.
Magnesio	.1303	N.S.
Fósforo	.0143	N.S.
Hierro	-.3103	N.S.
Cobre	-.3855	N.S.

N.S. (P > .05)

**Cuadro 48.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Granjeno y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	-.0788	N.S.
Calcio	.1841	N.S.
Magnesio	.8001	**
Fósforo	.0833	N.S.
Hierro	-.1844	N.S.
Cobre	-.4782	N.S.

\*\* (P > .05)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 49- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Chaparro Prieto y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	-5115	*
Calcio	-5933	*
Magnesio	.0229	N.S.
Fósforo	.0690	N.S.
Hierro	-.4416	N.S.
Cobre	-.3230	N.S.

\* (P < .05)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 50.- Correlaciones simples entre el contenido mineral del Huizache y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	.2299	N.S.
Calcio	.0190	N.S.
Magnesio	.3415	N.S.
Fósforo	.3335	N.S.
Hierro	-.2741	N.S.
Cobre	-.2046	N.S.

N.S. (P > .05)

**Cuadro 51- Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Higueras y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	-.0863	N.S.
Calcio	.5242	*
Magnesio	.2036	N.S.
Fósforo	.2444	N.S.
Hierro	.3792	N.S.
Cobre	-.5429	*

\* (P < .05)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 52.- Correlaciones simples entre el contenido mineral de la Anacahuita Marín y las precipitaciones (mm.) medias registradas en cada época de muestreo.**

Nutriente	Precipitaciones (mm.)	Significancia
Cenizas	.3810	N.S.
Calcio	.6703	N.S.
Magnesio	.7173	N.S.
Fósforo	.0644	N.S.
Hierro	-.1030	N.S.
Cobre	-.2680	N.S.

N.S. (P > .05)

**Cuadro 53.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Guayacan como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	19.99	-.6522	.5077	**
Calcio	50,037.53	-2,872.38	.5715	**
Magnesio	3,662.56	-143.54	.1569	N.S.
Fósforo	927.78	250.90	.2592	N.S.
Hierro	423.96	-23.56	.5659	**
Cobre	54.34	-1.70	.1440	N.S.

\*\* (P < .01)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 54- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero al 10 de Marzo de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Palo Verde como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	12.41	.57	.2663	N.S.
Calcio	24,565.22	1,114.33	.2858	N.S.
Magnesio	4,012.25	138.06	.0895	N.S.
Fósforo	-995.99	798.07	.9288	**
Hierro	287.64	-11.18	.0499	N.S.
Cobre	31.02	-2.02	.4465	N.S.

\*\* (P < .01)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 55.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Mezquite como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	10.09	- .4029	.8244	**
Calcio	27,396.16	- 2,057.73	.8217	**
Magnesio	1,953.01	- 87.29	.2334	N.S.
Fósforo	176.92	251.28	.4488	*
Hierro	126.70	-5.72	.4408	*
Cobre	32.49	-.6932	.1290	N.S.

\*\* (P< .01)

\* (P< .05)

N.S. (P> .05)

**Cuadro 56.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Granjeno como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	24.13	- .2936	.3202	N.S.
Calcio	41,800.20	- 1,426.35	.2957	N.S.
Magnesio	3,715.09	148.47	.1903	N.S.
Fósforo	1,116.45	113.16	.1183	N.S.
Hierro	97.44	-1.13	.0277	N.S.
Cobre	20.90	.3695	.0057	N.S.

N.S. (P> .05)

**Cuadro 57.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Chaparro Prieto como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	R <sup>2</sup>	Sig.
Cenizas	7.3677	-5657	.0406	N.S.
Calcio	18,794.93	-814.49	.3564	*
Magnesio	540.14	15.105	.0238	N.S.
Fósforo	1,855.75	108.69	.0541	N.S.
Hierro	185.39	-11.376	.4791	*
Cobre	27.52	-.7156	.0578	N.S.

\* (P < .05)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 58.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Huizache como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	R <sup>2</sup>	Sig.
Cenizas	9.3682	.1895	.5889	**
Calcio	28,192.71	-757.651	.0850	N.S.
Magnesio	1,265.083	58.0301	.1003	N.S.
Fósforo	529.95	107.27	.2499	N.S.
Hierro	173.239	-2.0150	.0412	N.S.
Cobre	24.279	-.6678	.6572	**

\*\* (P < .01)

N.S. (P > .05)

**Cuadro 59.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Enero 20 a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Anacahuita Higueras como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	15.776	.3071	.2051	N.S.
Calcio	—	—	.0194	N.S.
Magnesio	3.989.762	-45.2016	.0194	N.S.
Fósforo	1.695.888	-38.718	.0270	N.S.
Hierro	104.59	5.3045	.4724	*
Cobre	26.58	-.5556	.6239	**

\*\* (P<.01)

\* (P<.05)

N.S. (P>.05)

**Cuadro 60.- Ecuaciones de regresión lineal simple considerando los muestreos cada 10 días de Marzo 10 a Abril de 1986 como variable independiente y la concentración mineral del Anacahuita Marín como variable dependiente.**

Yi	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$	Sig.
Cenizas	16.4238	-.2329	.1638	N.S.
Calcio	-20.180.32	3.869.474	.7726	*
Magnesio	-5869.523	970.29	.7304	*
Fósforo	5.359.521	-290.1111	.2765	N.S.
Hierro	-14.3120	13.306	.5339	N.S.
Cobre	72.0819	-3.8314	.3591	N.S.

\* (P<.05)

N.S. (P>.05)

007373

