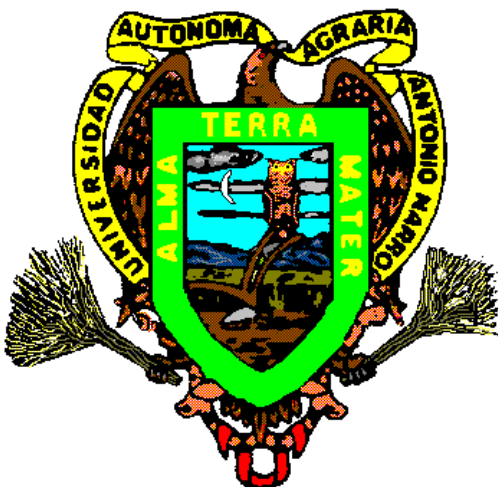


Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

División de Ciencia Animal



DETERMINACION DE MINERALES EN NOPAL FORRAJERO

*Opuntia spp.*

POR:

ELIZABETH ROSQUERO PEREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

OCTUBRE DEL 2001



## *AGRADECIMIENTOS*

En primer lugar agradezco a mis padres por todo el apoyo que me brindaron y por transmitirme a través de sus consejos y su experiencia el valor necesario para lograr mi carrera profesional.

En forma muy especial al doctor Jesús M. Fuentes Rodríguez por formar parte de este trabajo tan importante en mi carrera.

Así como al ingeniero Lorenzo Suarez le agradezco su apoyo para la realización de este trabajo tan importante.

En forma muy especial a Remedios por ayudarme y demostrarme que siempre que se desea algo se puede lograr, por los consejos que me dio cuando más los necesite pero sobre todo por su cariño.

A mi hermano Rigoberto que aunque lo dude siempre tengo presentes sus consejos y fuerza de voluntad tan grande para lograr sus objetivos.

Ami hermana Blanca por ser un ejemplo de fortaleza por sus consejos y por todo ese buen humor que sabe transmitir además de su cariño.

A mi hermanita Zayra por saber escucharme, por sus consejos, por aguantarme y por su cariño tan grande que me ha brindado siempre.

Le brindo mi agradecimiento a Maricela por el apoyo tan grande que me brindo para la realización de este proyecto.

De la misma manera a la Q.F.B. Laura Durán Ochoa por su paciencia y por la ayuda tan grande que me brindo para la realización del trabajo de campo.

A mis mejores amigos Luz, Armando por compartir con migo todos los momentos de una de las etapas más importantes de mi vida.

A Sabino por ser un gran amigo, por escucharme y por su cariño incondicional.

A la gran Logia Coahuila de Zaragoza por acogerme en su seno y por las luces y conocimientos recibidos.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y al mismo tiempo de superarme.

Deseo hacer patente mi agradecimiento a todas aquellas personas que intervinieron durante la realización del presente trabajo como complemento de mi formación profesional.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
Dedicatorias .....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de contenido.....	v
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
I.- Introducción .....	1
1.1.- Justificación.....	3
1.2.- Objetivos .....	3
1.3.- Hipótesis .....	4
II.- Revisión de literatura.....	5
2.1.- Generalidades .....	5
2.2.- Taxonomía.....	6
2.3.- Descripción del género Opuntia.....	7
2.4.- Fitogeografía del nopal.....	8
2.4.1.-Distribución del nopal forrajero en México.....	9
2.5.- Bromatología.....	10
2.6.- El nopal como recurso forrajero en México.....	16
2.7.- La utilización del nopal forrajero en México.....	18
2.8.- Ventajas y desventajas del nopal forrajero.....	21
2.9.-Importancia de los minerales.....	23
2.9.1.- Minerales esenciales en el animal.....	24
2.9.2.- Fuentes de minerales para el ganado.....	24
2.9.3.- Factores que influyen en el contenido mineral de las plantas..	24
III.- Materiales y Métodos.....	27
3.1.- Descripción del área de trabajo.....	27
3.2.- Procedimiento para la preparación de las muestras.....	28
3.3.- Diseño experimental.....	28
3.4.- Modelo estadístico.....	29

3.5.- Variedades utilizadas.....	29
<b>IV.- Resultados.....</b>	<b>30</b>
4.1.- Calcio.....	30
4.2.- Sodio.....	30
4.3.- Potasio.....	31
4.4.- Magnesio.....	32
4.5.- Fósforo .....	33
4.6.- Cobre.....	36
4.7.- Zinc.....	36
4.8.- Manganeso.....	37
4.9.- Hierro.....	37
<b>V.- Discusión.....</b>	<b>40</b>
<b>VI.- Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>VII.- Resumen.....</b>	<b>50</b>
<b>VIII.- Literatura citada .....</b>	<b>52</b>
<b>IX.- Apéndice.....</b>	<b>56</b>

## INDICE DE CUADROS

2.1.- Composición química de diferentes especies de nopal.....	11
2.1.- Rango típico de valores en la composición de cladodios utilizados para alimento animal.....	12
2.3.- composición bromatologica en porcentaje de diferentes especies de nopales sobre una base de peso seco.....	13
2.4.- valor nutritivo del nopal forrajero.....	13
2.5.- Contenido mineral de cactus <i>Opuntia spp</i> (en porcentaje).....	15
2.6.- Nivel medio de nutrimentos en el clorenquima de cactus.....	15
4.1.- Variación estacional de la composición de macrominerales de cactus <i>Opuntia spp</i> .....	34
4.2.- Variación estacional de la composición de microminerales de cactus <i>Opuntia spp</i> .....	38

## INDICE DE FIGURAS

Figura 9.1.- Concentración de calcio en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	56
Figura 9.2.- Concentración de sodio en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	57
Figura 9.3.- Concentración de potasio en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	58
Figura 9.4.- Concentración de magnesio en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	59
Figura 9.5.- Concentración de fósforo en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	60
Figura 9.6.- Concentración de cobre en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	61
Figura 9.7.- Concentración de zinc en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	62
Figura 9.8.- Concentración de manganeso en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	63
Figura 9.9.- Concentración de hierro en las variedades de <i>Opuntia spp</i> en las cuatro estaciones del año.....	64

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Gran parte de nuestro territorio posee plantas nativas que caracterizan el paisaje muy propio de las zonas áridas y semiáridas. En estas áreas se desarrollan una gran cantidad de especies vegetales que han logrado adaptarse a las condiciones ambientales que presentan dichas zonas las cuales por lo general, son extremosas, como: temperaturas variables, precipitaciones escasas, alta evaporación, alta insolación, topografía accidentada y suelos pobres en nutrientes.

Al hablar de cactaceas en general y de nopales en particular es posible conocer notables atributos descubiertos en esta planta, que han permitido su explotación tanto en forma silvestre como cultivada, que han dado como resultado una forma indiscriminada de su explotación silvestre, y que se carece de información apropiada.



Las investigaciones realizadas con relación a este cultivo se enfocan a aspectos de aprovechamiento ecológico, practicas agronómicas de especies frutícolas y a su utilización dentro de la industria.

La situación presente en México con relación a la escasez de alimentos cada vez se agrava más, debido, principalmente a una baja productividad obtenida en las tierras agrícolas y / o ganaderas.

Por lo que respecta a la ganadería, es necesario tratar de resolver ciertos problemas que están limitando severamente la producción animal, los cuales pueden estar relacionados con el manejo, la genética, la reproducción o la nutrición.

Con respecto a la nutrición animal el problema más común en el mundo entero y en nuestro país es el de deficiencias nutricionales, estos originan que el ganado sea poco productivo o en ocasiones totalmente improductivo. Dichas deficiencias pueden ser energéticas, proteínicas o de minerales y vitaminas. Específicamente acerca de las deficiencias minerales McDowel et. al. (1979) reportan en las tablas de composición de alimentos de América Latina

los forrajes que presentan deficiencias en los minerales siguientes: cobalto, cobre, magnesio, fósforo, sodio y zinc.

Se sabe que las probabilidades de utilizar cultivos de nopal en zonas áridas como un recurso forrajero, cada vez son más necesarias pues es una de las pocas plantas que toleran las fuertes sequías y las temperaturas extremas, gracias a su rusticidad.

Pocos estudios sobre la utilización del nopal han sido reportados en la literatura por lo tanto, este estudio tiene como propósito estimar y comparar la concentración de minerales de las diferentes especies durante las cuatro estaciones del año.

Se pretende con esto que la presente investigación sea una propuesta para los habitantes del desierto que desarrollan la ganadería con rendimientos bajos, (Borrego y Burgos, 1986), Usando el nopal como complementario o de emergencia para la alimentación del ganado, (Benavides, 1985).

## JUSTIFICACION

El contenido mineral en nopal forrajero (*Opuntia spp*), es importante conocerlo y determinarlo para su utilización como una fuente de alimentación para el ganado, en las comunidades de matorrales donde existen los nopales, ya que el nopal posee una gran cantidad de minerales tales como el calcio, magnesio, fierro, potasio, zinc; por tal motivo el presente trabajo brinda la oportunidad de conocer la concentración de minerales para tener un mejor aprovechamiento no solo como una fuente de agua para los animales en tiempos de sequía sino también como fuente de minerales para la alimentación del ganado.

## OBJETIVOS

- Determinación del contenido mineral en nopal forrajero en las diferentes estaciones del año.
- Determinar la especie o variedad de nopal forrajero con mejor contenido mineral.

## HIPOTESIS

La hipótesis a comprobar en este experimento es la siguiente:

- La concentración de minerales en nopal forrajero varía según la especie de nopal y la época del año.

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### Generalidades

En América el nopal ha desempeñado desde tiempos muy remotos un papel importante en el desarrollo de las culturas del centro de México. La explotación de los recursos renovables ha constituido por mucho tiempo la base de la economía de la vida del hombre del campo sobre todo en la región árida del norte de México, y los sistemas de manejo y explotación actuales, que se han desarrollado en forma empírica pasando de generación en generación, siendo de carácter destructivo en detrimento de los recursos nativos en algunos casos como el nopal. Sin embargo el mal manejo que se le ha dado a través del tiempo, ha permitido que un recurso natural, símbolo de nobleza y riqueza, hoy en día paradójicamente se le asocie con la miseria, ignorancia y marginación (Bravo, 1976).

En nuestro país muchas han sido las instituciones y dependencias que se han abocado al estudio de este recurso, sin embargo se considera que el estudio y aprovechamiento del nopal dista mucho de ser el adecuado, principalmente por la falta de planeación, así como la falta de coordinación del sector gubernamental, técnico y productivo.

Actualmente se han realizado más estudios referente a su composición química para ampliar la gama de utilización como un forraje para las zonas áridas y semiáridas. Dadas las condiciones que imperan en algunas áreas de la región Noreste de México es preciso considerar la importancia del nopal como una fuente de forraje, (Ramírez et. al. 2000).

### Taxonomía

Las especies de nopal forrajero corresponden al género *Opuntia* del cual existe un gran número en México en cuanto a especies y a distribución se refiere.

Britton y Rose (citado por Bravo, 1979), dan la siguiente clasificación taxonómica para esta planta.

Reino vegetal  
División Angiospermae  
Clase Dicotyledoneae  
Orden Opuntia  
Familia Cactaceae Lindley  
Sub-familia Opuntioideae Schumann  
Tribu Opuntieae (Brill et al.)  
Género *Opuntia* (Tourn.) Mill  
Subgénero *Opuntia*  
Especie spp.

Es importante reconocer la dificultad que se tiene para identificar en el ámbito de especies estas plantas debido a su amplio polimorfismo que ha originado discrepancia entre los taxónomos en cuanto a las descripciones y términos del conocimiento de la fase evolutiva en que se encuentra el género (Bravo, 1978).

Sin embargo actualmente existe el apoyo de otras áreas de la biología como la genética, fisiología y bioquímica que colaboran para su clasificación correcta apoyando aspectos de número cromosómico, tipos de venación

y electroforesis, que se mantienen constantes y son más confiables que los simples caracteres morfológicos externos.

#### Descripción del Género *Opuntia*

Este género comprende plantas provistas de tronco bien definido y casi siempre ramoso desde la base con ramas extendidas o postradas, raíces por lo general fibrosas; artículos cilíndricos discoides, semejante a raquetas, casi siempre carnosas; las areolas llevan espinas, gloquídas, pelos, flores, y a veces hojas pequeñas, cilíndricas y caducadas, con una o varias espinas en cada areola más o menos cilíndricas o aplanadas; desnudas o provistas de vainas, gloquídas (ahuates) numerosos; cada areola florífera produce por lo general una sola flor; los pétalos se encuentran ampliamente extendidos y son de color amarillo verdoso, rojo o púrpura y pueden también tener en todas las tonalidades y combinaciones de estos colores; el fruto es una baya carnosas, mas o menos esférico u ovoide de desnudo a espinoso, semillas aplanadas con testa dura de color claro. El fruto es comestible, llamado tuna.



## Fitogeografía del nopal

Nopal es el nombre común que reciben las cactáceas del género *Opuntia*; este género y su familia son originarios de América. Se carece de fósiles de estas cactáceas, pero debido a la gran variedad de especies, la distribución localizada de otras muchas y la gran cantidad de formas de transición se estima que las cactáceas forman una familia de diferenciación filogenética reciente. Por otra parte si se toman como referencia las similitudes morfológicas, se piensa que la familia de las cactáceas derivó de las portulacáceas y su origen se podría localizar en México, puesto que en este país existe el mayor número de géneros e individuos; otros investigadores suponen que existen dos centros de diversificación; uno situado en el norte y otro en el sur del continente, y que ambas zonas están separadas por el istmo de Panamá, cuyo clima impide la progresión de los taxa de un lugar a otro. (Flores y Aguirre, 1992).

La teoría más aceptada es que el centro primitivo de diferenciación de las cactáceas fue el sistema del Golfo de México y del Caribe, desde donde emigraron para constituir las dos zonas categóricas actuales una en América del Norte y otra en América del Sur.

El género *Opuntia* se encuentra distribuido desde la provincia de Alberta, en Canadá, hasta la Patagonia, en Argentina; se encuentra principalmente en las Zonas desérticas del Sur de Estados Unidos, México y de América del Sur. (Flores y Aguirre, 1992).

Las Zonas áridas y semiáridas en México abarcan de 50 a 70 % de su territorio en donde se encuentran fuertes presiones del medio como la luz solar intensa, temperaturas altas y precipitaciones pluviales medias escasas y mal distribuidas. La acción de este conjunto de factores ambientales determina la formación de modificaciones morfofisiológicas que adaptan a las cactáceas al xerofismo, que se encuentra en su máxima expresión en el género *Opuntia*.

La distribución geográfica del género *Opuntia*, se puede establecer de acuerdo con algunas asociaciones donde este se presenta.

#### Distribución del nopal forrajero en México

López y Elizondo (1990), describen cuatro grandes nopaleras, tomando en cuenta su abundancia, sus

características fisiológicas, las condiciones climáticas y edáficas donde crecen. En estas regiones se encuentran nopales silvestres poco conocidos que tienen uso forrajero.

A).- Zona Centro-Sur. Comprende los estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca, que se caracterizan por nopaleras de porte alto, productoras de verdura (nopalito), fruta y forraje. La mayoría de estas especies son cultivadas en pequeñas huertas. Las especies más explotadas son *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia megacantha*, *Opuntia amyclaea*, y sus múltiples variedades, *Opuntia tomentosa*, además de las copenas desarrolladas por el doctor Barrientos en Chapingo, México.

b).- Zona del Altiplano. Se localiza principalmente en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, y en menor grado en Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco. En ella abundan las plantas de porte arbóreo como la *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leucotricha* y sus variedades. Asociadas a estas se encuentran plantas de porte arbustivo como *Opuntia robusta*, *Opuntia cantabrigiensis*; de porte rastrero, *Opuntia rastrera*, *Opuntia lindehimeri*, y *Opuntia leptocaulis* todas ellas de importancia forrajera.

c).- Zona Norte (desierto Chihuahuense). Comprende la región más extensa, Abarca parte de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila, donde el nopal

crece en forma natural y es de porte arbustivo como *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia pheacantha* y sus variedades, *Opuntia lindheimeri* y sus variedades, y *Opuntia rastrera* entre otras, todas son de uso forrajero.

d).- Zona de la Planicie Costera del Golfo. Comprende el Noreste de México, abarcando el noreste del estado de Coahuila, Norte de Nuevo León y Tamaulipas, las plantas de nopal que crecen en esta región son de porte arbustivo, principalmente, La *Opuntia lindheimeri* y sus variedades. Se encuentran pocas de porte rastrera pero todas de importancia forrajera.

## Bromatología

### Componentes químicos del nopal.

- Contenido de agua

El papel del agua, en la composición química de los organismos vivos, es evidente e importante, pues forma parte de una gran cantidad de compuestos y participa en muchas de las reacciones bioquímicas del metabolismo orgánico. En cactáceas tales como el nopal, alcanza valores mayores del 90% en tallos, pencas y frutos; este es el

componente que da a los nopales y a otras plantas el aspecto de succulencia, CODAGEM (1979).

Teles et. al. (1984), mencionan que en general las *Opuntias* se han considerado altos en contenido de humedad (cerca del 85%).

El nopal es un forraje de gran contenido de agua y por lo tanto con pobre contenido de materia seca (Nobel, 1998 y CODAGEM, 1979), reporta el 5% de humedad de diversas plantas utilizadas en la alimentación.

- Proteínas

El contenido proteico del nopal es bajo en comparación con otros forrajes, de acuerdo con Ensmigner (1990), el contenido de proteína en diferentes especies de *Opuntia* tales como *Opuntia robusta*, *Opuntia lindheimeri*, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia engelmannii*, presentan un contenido de 2.8% a 4.4%. tal como se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. composición química de diferentes especies de nopal

Especie	Referencia	MS %	PC %	ELN %	EE %	FC %	CENIZAS %
robusta	Ensmigner / 1990	10.4	4.4	57.6	1.7	17.6	18.6
lindheimeri	Ensmigner / 1990	11.6	4.1	66.3	1.0	16.2	25.5
ficus-indica	Ensmigner / 1990	11.3	3.8	77.1	1.4	17.6	13.1
rastera	Ensmigner / 1990	14.4	2.8	40.2	0.8	16.2	40.1
engelmanni	Ensmigner / 1990	15.1	3.3	60.3	1.2	3.6	31.6
media		11.1	4.1	67.0	1.3	17.1	19.1

MS: materia seca PC: Proteína cruda ELN: Extracto libre de nitrógeno

EE: extracto etéreo FC: fibra cruda

Teles et. al. (1984) mencionan que las *Opuntias* son considerados altos en digestibilidad in vitro pero bajos en proteína según se muestra en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 Rango típico de valores en la composición de cladodios utilizados para alimento animal. (Teles et. al. 1984).

Contenido de humedad %	85.90
Proteína cruda %	5.12
Digestibilidad in vitro	
Proteína %	72
Materia seca %	62
Fibra cruda %	43
Materia orgánica %	67
Fósforo %	0.08- 0.18
Calcio %	4.2
Potasio %	2.3
Magnesio %	1.4

Palomo (1968), menciona que en el nopal las diferencias bromatológicas entre una especie y otra son muy variables y presenta la composición en porcentaje de diferentes especies, menciona que las especies de nopal presentan bajo contenido de proteína, las cuales se resumen en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Composición bromatológica en porcentajes de diferentes especies de nopales, sobre una base de peso seco.

ESPECIE	PROTEINA %	FIBRA CRUDA %	GRASA %	CENIZA %
<i>Opuntia. crysacantha</i>	3.57	4.30	1.10	20.65
<i>Opuntia lucens</i>	3.67	2.62	0.57	30.44
<i>Opuntia tenuicima</i>	4.42	5.12	1.09	29.81
<i>Opuntia rastrera</i>	2.81	6.15	0.79	40.13
<i>Opuntia azurea</i>	3.79	3.68	1.05	30.13
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	3.79	3.68	1.05	31.64
<i>Opuntia engelmannii</i>	3.43	3.68	1.05	31.64

En el cuadro 2.4 se presenta el valor nutritivo del nopal, se observa que el nopal tiene un contenido de proteína de 5% el cual es muy bajo.

Cuadro 2.4 valor nutritivo del nopal forrajero (NAS, 1972).

Materia seca (%)	16.8
Materia orgánica (%)	82.0
Cenizas (%)	18.0



Fibra cruda (%)	10.3
Proteína (%)	5.0

- Carbohidratos

El almidón constituye la principal reserva nutritiva hidrocarbonada de las plantas superiores, en las cactáceas se le encuentra en algunas raíces, en los tallos, y en algunas semillas bajo la forma de diminutos granos, cuyo aspecto y dimensiones varía según las diversas especies. (Bravo, 1978).

En un estudio realizado por Fuentes (1991) en 7 establos de Coahuila con ganado lechero se encontraron consumos diarios de 20 a 30 Kg. El nopal era suministrado chamuscado y picado en cada uno de los establos, los animales además recibían diferentes suplementos los cuales contenían maíz, alfalfa, sorgo, pasto o maguey. Bajo estas condiciones el nopal aportó el 4.5 % de la energía neta para lactancia, 12.2 % de la proteína, 46 % de la fibra cruda, mas del 100 % de calcio para cumplir con los requerimientos de ganado lechero.

- Vitaminas

Murray (1999) menciona que en un estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México se analizaron 100 gramos de cladodios de nopal en donde se encontraron los siguientes contenidos de caroteno 2.25 mg. riboflabinina 0.08 mg. niacina (complejos 0.24 mg.) ácido ascorbico 12.34 mg. lo que se puede inferir de estos datos es que los nopales son ricos en vitamina C. En la literatura animal hay muy pocos datos sobre la concentración de los precursores de los Carotenoides, pero Rodríguez y Cantwell (1988), citado por la FAO (1999), reportan 29 g de Carotenoides y 13 mg de ácido ascorbico por 100 g de cladodios inmaduros utilizados para consumo humano.

- Minerales

En un estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México, el análisis químico de 100 gramos de cladodios de nopal, da por resultado los siguientes minerales, (cifras en miligramos). Calcio 81.00, Fósforo 20.00, Hierro 2.34.

De acuerdo con la NRC (1975), los cactus *Opuntia spp* presentan un contenido mineral que se presenta en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5. Contenido mineral de cactus *Opuntia spp.* (en porcentaje)

Calcio 1.08

Calcio	1.08
Fierro	0.05
Magnesio	0.28
Fósforo	0.01
Potasio	0.21
Sodio	0.05

Cuadro 2.6. Nivel medio de nutrimentos en el clorenquima de cactus según Nobel, 1988 (citado por Nobel 1998)

MACROMINERALES		MICROMINERALES	
Nitrógeno %	1.5	Manganeso ppm	140
Fósforo ppm	1700.0	Cobre ppm	7
Potasio %	1.6	Zinc ppm	28
Calcio %	4.4	Fierro ppm	130
Magnesio %	1.1	Sodio ppm	150
		Boro ppm	39

## El nopal como recurso forrajero en México

En nuestro país el nopal forrajero proviene en gran parte de nopaleras naturales y su explotación es más fuerte en los estados del norte del país como son Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y en menor parte los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango; siendo en los periodos de invierno cuando se inicia una intensa cosecha, intensificándose más en años de extrema sequía. (Marroquín et al. 1964).

Villareal (1958) reporta que se han localizado 10 variedades de nopal que reúnen muy buenas condiciones para la utilización en la alimentación del ganado, considerando las siguientes características para su elección; precocidad, desarrollo vegetativo, aceptabilidad por el ganado, además el nopal es una excelente fuente de agua en los lugares muy áridos, encontrándose regiones donde se han alimentado borregos merinos durante 400 días únicamente con nopal y sin beber agua.

Maldonado y Zapien (1977), dicen que uno de los múltiples usos del nopal es cuando sus pencas son utilizadas como forraje en los agostaderos del norte del

país, donde en épocas de sequía los pastos y en general las partes utilizables de la vegetación, prácticamente desaparecen, sufriendo los animales hambre y sed. Al proporcionar las pencas de nopal que pueden cortarse y quemarse, constituyen un excelente forraje y una fuente de agua.

Granados y Castañeda (1996), el nopal que se utiliza como forraje ya posee importancia a escala mundial. La causa principal de la baja productividad del ganado en México se debe a la alimentación deficiente del mismo, principalmente en las zonas áridas y semiáridas donde la producción de forraje es pobre e irregular durante el año y variable en cada año. Por lo que la utilización del nopal para el consumo de los animales constituye un recurso valioso en estas zonas. Este valor se determina por las condiciones de vida del nopal.

Frecuentemente es la única fuente disponible de materia verde seca durante periodos de sequía. Así, las plantas que estarían normalmente verdes durante la época de lluvia, están caídas y se secan en la temporada de sequía; es en esta época que las *Opuntias* con un contenido normal

de precursores de vitamina A y alto contenido de agua son bienvenidos como algo adicional a la dieta de los animales.

El perfil de los aminoácidos de los tallos de *Opuntias* no es muy importante si se van a dar a rumiantes ya que los microorganismos de los rumiantes pueden sintetizar los aminoácidos necesarios. Sin embargo si los tallos de las *Opuntias* se les va a dar a no rumiantes la composición de aminoácidos de las proteínas será de interés. Teles et al., (1984) citado por la FAO (1999) encontraron que la concentración de aminoácidos hidrolizable en tallos inmaduros de *Opuntia* tenían un valor biológico de 72 (comparado con un 100 de los huevos).

#### La utilización del nopal forrajero

El nopal ha sido utilizado en México desde antes de la conquista ya que era común observar animales consumiendo las flores, frutos y pencas de nopal.

La ganadería mexicana esta en constante aumento y en consecuencia la producción pecuaria en zonas del país también; pero en esos lugares los hombres del campo se

enfrentan al problema de la escasez de forraje durante un periodo considerable del año.

En el Noreste de México se considera al nopal como una fuente de forraje complementario o de emergencia, especialmente en épocas críticas cuando escasean o son antieconómicos otros forrajes, es por eso que en la producción de leche, el nopal forrajero representa un recurso importante por el gran volumen de consumo en los establos donde los forrajes como la alfalfa es cara por los costos de producción debido a la gran escasez de agua para riego (Flores, 1977).

Brom (1970) menciona que algunos lugares de la altiplanicie mexicana como en los estados de Tlaxcala, México, Hidalgo y algunos otros, la utilización del nopal como forraje es notable, empleando para ello especies inermes o en su defecto las variedades silvestres que aunque tienen gran cantidad de espinas, estas son sometidas a un tratamiento de quema para eliminarlas.

Puesto que la explotación del nopal como forraje se ha hecho hasta la actualidad en forma desordenada, las áreas donde crece este recurso se ven degradadas, aumentando su utilización en los periodos de sequía, Nobel,

(1998) afirma que aun cuando no constituyen un alimento ideal para el ganado, por lo menos debido a la succulencia de sus pencas, proporciona agua e hidratos de carbón, y los mantiene vivos por algunos meses mientras se le proporciona alimento apropiado y agua.

Ríos (1954) señala que en los estados de Nuevo León y Tamaulipas es utilizado el nopal como forraje para alimentar el ganado lanar, y se observa que aumenta notablemente la cantidad de lana fina.

El país cuenta con un gran potencial forrajero, dada la superficie de nopaleras naturales y existe una gran industria de transportistas, expendedores y productores de leche en torno al nopal. (Nobel, 1998).

Los productores que cuentan con el recurso, lo utilizan durante las épocas malas con el ganado bovino, ovino y caprino.

Murray (1999) Menciona que la digestibilidad de los nutrientes del nopal es buena y variable por época del año, edad de las pencas, consumo de nopal, tipo de alimento



con que se complemente y por el estado o tratamiento a que se sometió el forraje.

Fuentes (1997), menciona que el consumo de nopal es alto para los bovinos y los ovinos y variable según contenido de humedad y variedad de nopal. Los problemas que se presentan al alimentar ganado con nopal son timpanismo, ceguera y heridas en la boca. El nopal es valioso como fuente de agua al permitir que animales de especies menores soporten meses sin beber y a los animales mayores hacerlo 2 o 3 veces únicamente a la semana.

Los resultados de alimentar al ganado con nopal comprueban que este es un forraje valioso y que económicamente puede formar parte de las raciones de ovinos, bovinos para carne y bovinos para leche.

Por tal motivo es importante y necesario que exista información suficiente sobre el valor nutritivo del nopal y factores que lo afectan, lo que permitirá desarrollar formas de uso y sistemas de producción animal que involucren al nopal como elemento importante.

Así como los problemas nutricionales y especialmente las deficiencias o bien los excesos de minerales que se presentan por falta de información, Ramírez et. al. (2000), realizó un trabajo de investigación en el cual estudio la dinámica estacional de la digestión ruminal de la materia seca del nopal *O. engelmannii*, el cual tuvo como propósito estimar y comparar el valor nutritivo y la digestión ruminal de la materia seca del nopal durante las cuatro estaciones del año y sobre esto obtuvo los siguientes resultados.

En este estudio con excepción de fósforo, sodio y cobre, los otros minerales como calcio, magnesio, potasio, zinc, manganeso y fierro, se encuentran en el nopal en cantidades suficientes para cubrir las necesidades del ganado bovino de carne en crecimiento por lo tanto es necesario que los animales que consumen cantidades importantes de *O. engelmannii* deben ser complementados con cobre, fósforo y sodio.

Los resultados de este estudio corroboran que *O. engelmannii* por si solo no puede constituir la dieta completa del ganado, debido a su alto contenido de humedad y bajo nivel de proteína pero si se puede considerar como

un alimento complementario, y una importante alternativa para sostener la productividad de animales en pastoreo sobre todo en periodos de sequía.

Cuadro 2.7. Variación estacional de la composición mineral del nopal (Ramírez, et. al. 2000).

CONCEPTO	VERAN O	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	MEDIA ANUAL	ERROR ESTANDAR
Ca, g/Kg.	26.7	25.5	22.5	26.8	25.4	0.5
P, g/Kg.	2.0	2.0	4.0	4.5	4.0	0.04
Mg, g/Kg.	17.5	12.0	14.5	14.1	14.5	0.2
K, g/Kg.	21.9	14.6	13.3	16.9	16.7	0.6
Na, g/Kg.	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
Zn, mg/Kg.	16.3	16.7	24.7	15.6	18.3	0.2
Mn, mg/Kg.	40.7	39.4	42.9	42.0	41.3	0.5
Cu, mg/Kg.	2.6	3.8	2.2	2.0	2.7	0.1
Fe, mg/Kg.	70.0	97.3	72.5	75.0	78.7	1.3

#### Ventajas y desventajas del nopal forrajero

Ventajas. Mencionadas por Hoffman y Darrow (1964)

- El nopal proporciona agua e hidratos de carbono en las épocas de intensa sequía.

- Los animales pueden sobrevivir largo tiempo sin otro alimento ni agua.
- El desembolso por heno se reduce si el ganado utiliza el nopal chamuscado en el campo.
- El nopal puede prevenir la erosión del suelo en pastizales de condición pobre.
- El nopal ofrece protección a zacates deseables que pueden así sobrevivir y producir semillas en agostaderos.
- La fauna silvestre resulta beneficiada pues pequeños animales como roedores, reptiles, lagomorfos y aves encuentran protección.
- La semilla del fruto del nopal es utilizada para la engorda de los cerdos.
- Complementar con nopal la dieta de ovinos mejora el rendimiento de lana de buena calidad.
- Bovinos de trabajo alimentados con nopal llegan a tomar agua 2 a 3 veces por semana en verano o una vez en invierno, a la vez que rinden un buen trabajo.
- Proporcionar el nopal en la dieta a ganado lechero mantiene la producción a la vez que incrementa la calidad de esta y reduce los costos de producción.

- Resulta más barato producir leche con nopal como forraje que con alfalfa.

Desventajas: Mencionadas por Hoffman y Darrow (1964).

- Para llenar los requerimientos de un animal se necesitan grandes cantidades de materia verde.
- Para que sea consumido necesita de un previo chamusque lo cual limita el consumo por el animal en forma natural.
- Es necesario complementar el animal con alimentos proteicos, heno y zacate o forrajes secos.
- El consumo de nopal espinoso causa heridas internas y externas a ovinos y bovinos
- La producción de pasto baja al tener nopal que emplea suelo y nutrientes para producir forraje de menor calidad.
- Se dificulta el manejo del ganado en áreas nopaleras.
- Topos, ratas y otros animales que deterioran el pastizal encuentran protección en las nopaleras y dificultan su control.
- Al proporcionarlo por primera vez al ganado puede ocasionar trastornos digestivos en el animal.

## Importancia de los minerales

Los minerales es lo único que resta de la materia orgánica cuando se le somete a la acción del fuego; de ahí que también reciban el nombre de cenizas.

De todos ellos solo se consideran esenciales 15 de ellos los cuales se clasifican de acuerdo a su concentración en el organismo en macrominerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, y S) ya sea todos como elementos puros o en combinación en forma de diferentes óxidos o sales. Tampoco se debe pasar por alto otros elementos como son los microminerales (Fe, Cu, Mo, Zn, Mn, Co, Se, I), (Underwood, 1969).

Las materias minerales que contiene el organismo animal contribuyen a la formación del esqueleto y cerebro, (Ayala, 1976).

## Minerales esenciales en el animal

Entre los nutrientes, los minerales esenciales representan tan solo un pequeño porcentaje de la materia seca que requiere el animal, pero su importancia en los

procesos bioquímicos y fisiológicos los hacen componentes clave de la dieta balanceada.

Fuentes de minerales para el ganado.

Las fuentes de minerales más comunes para el ganado son los forrajes y los compuestos orgánicos de origen geológico o industrial que se usan como suplementos (Underwood, 1969) posteriormente Shirley y Montesinos (1978) señalaron que el agua y el suelo también son fuente importante de minerales para el animal.

Factores que influyen en el contenido mineral de las plantas.

La composición mineral de las plantas esta afectada por un gran número de factores interdependientes, dentro de las cuales destacan la especie de la planta, el tipo de suelo sobre el cual se desarrolla, el clima, el estado fenológico de la planta y el manejo del pastizal. (McDowell, 1979).

Suelo

La absorción de minerales por parte de la planta puede verse afectada por varias características del suelo,

como son el pH, textura, el contenido de humedad, la capacidad de drenaje y su composición mineral. Así tenemos que la absorción de los elementos minerales es proporcional a su concentración en la solución del suelo. El pH del suelo determina la disponibilidad de los minerales para la planta, ya que influye en la solubilidad de los compuestos a los que están ligados los minerales. (Underwood, 1969 y Volkwerss y Rodríguez, 1978).

Según Underwood (1969), los suelos alcalinos disminuyen la disponibilidad de cobre, hierro, zinc, cobalto y manganeso. Mientras que en terrenos ácidos se producen plantas ricas en cobalto y manganeso pero deficientes en calcio y molibdeno.

Con respecto a la textura del suelo, Georgievskii et. al. (1982) señalan que en los suelos arenosos se ve disminuida la disponibilidad de cobalto, cobre y yodo.

#### Clima

Entre los factores climáticos que influyen en el contenido mineral de los forrajes se encuentran la precipitación temperatura y la luz. (Gomide y Zometa, 1978). McDowell (1979) menciona que la solubilidad de los minerales en el suelo se disminuye en regiones con



precipitaciones abundantes y altas temperaturas como en el caso de los trópicos húmedos y semitropicos.

Underwood (1969) reporto que en un clima cálido y seco se acelera la maduración de las plantas y dificulta la producción de rebrotes, que son ricos en minerales. Sin embargo, Georgievskii et. al. (1982) mencionan que el contenido de calcio en las plantas se incrementa en tiempos secos y disminuye bajo condiciones de humedad.

#### Especie vegetal

La composición de una planta es muy variable de acuerdo a su especie, esto es debido a su propia genética que las hace más aptas para absorber y/o acumular determinados minerales.

En el caso de las cactáceas la composición de las cenizas varía en las distintas especies y también dentro de una misma especie. Sus componentes principales son: calcio y potasio, pero también se encuentra algo de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso, los cuales predominan en forma de carbonatos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades fosfatos, (Granados y Castañeda, 1996).

## Fenología

Conforme la planta va madurando disminuye su contenido de fósforo y potasio, debido a la caída de las hojas y a la disminución en la absorción radicular; además algunos minerales como el fósforo, potasio y nitrógeno tienen gran facilidad de traslocarse de las partes maduras a las partes tiernas y nuevas; mientras que el calcio, magnesio, zinc y hierro son más estáticos (Gomide y Zometa, 1978).

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista Saltillo Coahuila; a 22°, 22" Latitud Norte y 101 grados, 00 minutos Longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm. La zona presenta un clima BWhw (X') (e); de muy seco a semicálido con invierno fresco extremo, temperatura media anual de 19.8 grados centígrados y una precipitación media anual de 298.3 mm, (Mendoza, 1983).

El trabajo de muestreo se efectuó del 1 de enero a diciembre de 1997, a fin de completar las cuatro estaciones del año.

El nopal forrajero fue cosechado en cada una de las estaciones del año, posteriormente se traslado al laboratorio de nutrición en donde se deshidrato y se molió para mantener las muestras en perfectas condiciones posteriormente se homogeneizó en una mezcladora horizontal,

para después tomar una muestra de cada una de las estaciones del año, se guardo suficiente muestra en bolsas de polietileno perfectamente cerradas a fin de evitar la contaminación del material. Se procedió a analizar las muestras en el laboratorio de biotecnología en el departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La concentración de los minerales cobre, hierro, manganeso, Zinc, magnesio, calcio, sodio, potasio, en las muestras fue determinada por medio de espectrofotometría de absorción atómica. La concentración de fósforo se estimo usando un colorímetro.

#### Procedimiento para la preparación de las muestras

Este procedimiento se inicio haciendo una buena limpieza del material a utilizar; el material sé lavo con mezcla cromica, con el fin de eliminar todas aquellas partículas que se quedan en las paredes de los materiales y que puedan causar errores en los resultados. Posteriormente se pesó un gramo de muestra seca y se colocaron en un vaso de precipitado de 50 ml y se le agregó 20 ml, de ácido perclorico y 10 de ácido nítrico, se cubre con un vidrio de reloj y se ponen en la campana extractora para que se

efectúe el proceso de ebullición hasta que desaparezcan los humos blancos, se deja enfriar y se le agrega de 10 a 25 ml., de aguas destilada; se filtra con papel whatman número 41 y se aforó a 100 ml. Se colocan las muestras en botes de polietileno con tapón; de esta manera las muestras están listas para leerse en el espectrofotometro de absorción atómica.

### Diseño Experimental

Los datos se analizaron utilizando un diseño bloques al azar con un arreglo factorial, considerándose dos factores: el factor A variedades y el factor B estaciones del año. Con igual número de repeticiones, donde cada estación corresponde a un bloque.

La comparación se realizó entre una estación y otra de cada uno de las variedades y entre las variedades.

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + B_k + \epsilon_{ijk}$$

i = variedades

j = estaciones del año

k = número de bloques (4)

Las variedades que se utilizaron en este estudio fueron.

*Opuntia lindheimeri* var. *subarmata*

*Opuntia cantabrigiensis*

*Opuntia ficus-indica*

*Opuntia imbricata*

*Opuntia lindheimeri* var. *tricolor*

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

Los resultados de los datos analizados se presentaran en la sección de calcio, sección de sodio, sección de potasio, sección de magnesio, sección de fósforo, sección de cobre, sección de zinc, sección de manganeso y sección de fierro; debido a que así se analizaron estadísticamente y en cada una de estas se observara el contenido de cada variedad en su respectiva época.

#### CALCIO

El contenido de calcio en las variedades no fue muy variable ya que no se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para las variedades, pero en las estaciones si se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) así como también en la interacción entre ambos factores; esto se debe a que en la estación de otoño el contenido de calcio fue menor para todas las variedades sobre todo en *Opuntia lindheimeri var. subarmata* de 1.6533 por ciento y *Opuntia cantabrigiensis* de 1.0733 %.

#### SODIO

En relación con el contenido de sodio en las distintas variedades se observa que hay diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). En *Opuntia lindheimeri var. subarmata* se observo que en las estaciones de otoño,

invierno y verano tienen porcentajes semejantes (0.34%, 0.31%, 0.38%) pero en la estación de primavera este porcentaje se eleva 0.55%.

En la especie *Opuntia cantabrigiensis* las estaciones de otoño, primavera y verano presentan cantidades similares de (0.44%, 0.42%, 0.4233 %) respectivamente pero en la estación de invierno este porcentaje se disminuye a 0.3267 %.

En la especie *Opuntia ficus-indica* el contenido de sodio en la estación de primavera se eleva a 0.8167 % y en las épocas de otoño e invierno disminuyen (0.5267% y 0.5033 %) respectivamente y en la estación de verano de 0.58 %.

En *Opuntia imbricata* se puede observar que hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) presentando contenidos bajos en las épocas de invierno y primavera (0.16% y 0.27675) y el contenido más alto en la estación de verano de 0.5333%.

En *Opuntia lindheimeri var. tricolor* no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), ya que en las cuatro estaciones se presentó un rango de 0.41% a 0.46%.

## POTASIO

El contenido de potasio en las variedades se encontró con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y en las estaciones no presentaron diferencias significativas.

En *Opuntia lindheimeri var. subarmata* el contenido de potasio presentó una tendencia a incrementarse en la estación de otoño con un porcentaje de 2.57 mientras que para las estaciones de invierno, primavera y verano fue de (.5633%, 0.36% y 0.5933 %) respectivamente.

En la especie *Opuntia cantabrigiensis* el contenido fue similar para las cuatro estaciones con un rango de 1.2967 % a 1.5967%.



En la especie *Opuntia ficus-indica* el contenido de potasio para la estación de otoño fue inferior (4.0433%) a las otras estaciones, pero en las estaciones de invierno y primavera fue muy similar (5.77% y 5.7367%) y en la estación de verano el potasio se incremento significativamente (6.6233 %), no solamente en comparación de las estaciones sino también en comparación de las cinco variedades.

En la especie *Opuntia imbricata* el potasio presento una tendencia a incrementarse durante la estación de verano (4.54 %) y en las estaciones de otoño, invierno y primavera fue similar el contenido (1.33 5%, 1.8233% y 1.58%).

En *Opuntia lindheimeri var. tricolor* durante la estación de primavera se mostró más elevado que en las otras estaciones, con un contenido de 2.21 %. Pero en general en esta variedad los contenidos fueron bajos.

## MAGNESIO

El contenido de magnesio indica que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre una variedad y otra así como también se presenta diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las estación.

En *Opuntia lindheimeri var. subarmata* presenta datos muy semejantes en las estaciones de invierno, primavera y verano (1.11, 1.1133 y 1.0267 %) respectivamente y durante la estación de otoño este mineral disminuyo a (0.71 %). Es importante mencionar que en esta variedad el contenido fue más alto en comparación con las otras variedades.

Para la especie *Opuntia cantabrigiensis* el magnesio se comporto de la misma manera que en *Opuntia lindheimeri var. subarmata* solo que los porcentajes

disminuyeron de (0.7433 a 0.3967 %) siendo otoño la estación de menor contenido de magnesio.

La especie *Opuntia ficus-indica* en la estación de otoño y verano presentan contenidos de 0.67% y 0.6567% respectivamente muy semejantes entre estas dos épocas pero en la estación de invierno el porcentaje es de 0.7867 que fue mayor en comparación con las otras estaciones.

En *Opuntia imbricata* las estaciones de otoño y verano los datos muestran similitud, en la época de primavera se presenta una disminución de 0.24% con respecto a la época de verano donde el contenido aumento a 0.7033%.

En *Opuntia lindheimeri var. tricolor* la estación de otoño e invierno y verano presentan contenidos de 0.4433%, a 0.5367% y en la estación de primavera se elevó el contenido a 0.6933% similar al contenido de *Opuntia imbricata* pero en la estación de verano.

## FOSFORO

El contenido de fósforo en las especies y variedades presenta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) así como también entre una estación y otra.

En *Opuntia lindheimeri var. subarmata* las estaciones de otoño e invierno presentan similitud en el contenido mineral (0.0845% y 0.0892%) y en las estaciones de primavera y verano disminuyen a 0.0678% y 0.0688% respectivamente.

En *Opuntia cantabrigiensis* la estación de otoño se presenta el contenido de 0.307% que es el más alto en comparación con las otras variedades. En las estaciones de invierno y verano se observó un descenso progresivo muy marcado de 0.096%, 0.0803% y 0.0741% en el orden que corresponde.

En *Opuntia ficus-indica* en la estación de otoño e invierno los contenidos son de 0.11421% y 0.1592% pero en las estaciones de primavera y verano disminuye el contenido a 0.1021% y 0.0896% respectivamente.

En *Opuntia imbricata* la época de otoño presenta mayor contenido de fósforo 0.1678% y disminuye en la estación de invierno y primavera a 0.1257% y 0.1323%; disminuyendo aun más en la época de verano a 0.0894%.

En *Opuntia lindheimeri var. tricolor* el contenido es muy similar y en las estaciones de otoño y verano de 0.0705% y 0.0747%; en las estaciones de invierno y primavera de 0.0823% y 0.0831%.

Cuadro 4.1. Variación estacional de la composición de macrominerales en diferentes *Opuntias spp.*

CONCEPTO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	<b>ERROR ESTANDAR</b>
<b>Opuntia lindheimeri var. subarmata</b>					
Ca %	1.6533	4.8633	4.1300	3.5267	2.2773
Na %	0.3400	0.3133	0.5500	0.3867	0.1454
K %	2.5700	0.5633	0.3600	0.5933	1.7865
Mg %	0.7100	1.1100	1.1133	1.0267	
P %	0.0845	0.0895	0.0678	0.0688	
<b>Opuntia cantabrigiensis</b>					
Ca %	1.0733	4.6567	435833	4.1400	1.5566
Na %	0.4433	0.3267	0.4200	0.4233	0.1339

K %	1.5967	1.3967	1.2967	1.3067	0.5492
Mg %	0.3967	0.7433	0.7433	0.6567	0.2614
P %	0.3071	0.0960	0.0803	0.0741	0.01463
<b>Opuntia ficus indica</b>					
Ca %	2.6800	4.1800	4.1033	3.5400	0.8397
Na %	0.5267	0.5030	0.8167	0.5800	0.2452
K %	4.0433	5.7700	5.7367	6.6233	3.4381
Mg %	0.6700	0.7867	0.7433	0.6567	0.2090
P %	0.1421	0.1591	0.1021	0.0896	0.1726
<b>Opuntia imbricata</b>					
Ca %	3.2867	3.5933	3.9133	3.8133	0.8546
Na %	0.4500	0.1600	0.2767	0.5333	0.2131
K %	1.3300	1.8233	1.5800	4.5400	2.7392
Mg %	0.5733	0.5633	0.4633	0.7033	0.1290
P %	0.1678	0.1257	0.1325	0.0894	0.0465
<b>Opuntia lindheimeri var. tricolor</b>					
Ca %	2.6400	4.3000	4.3300	4.2633	0.9482
Na %	0.4300	0.4533	0.4100	0.4600	0.1374
K %	0.9100	1.6033	2.2100	1.4133	0.6259
Mg %	0.5367	0.5033	0.6933	0.4433	0.1775
P %	0.0705	0.0823	0.0831	0.0747	0.0099

## COBRE

Existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las variedades y entre las estaciones del año.

En *O. lindheimi* var. *subarmata* el contenido de cobre fue de 11.6667 mg/kg para las cuatro estaciones del año.

En *O. cantabrigiensis* se observó que en la estación de otoño y verano los datos son semejantes de 7 y 6.3333 mg/kg. y en la estación de invierno el contenido se elevó a 13.6667 mg/kg., Pero aun en la estación de primavera fue más alto de 16.6667 mg/kg.

En *Opuntia ficus-indica* se comportó de la misma manera que *Opuntia cantabrigiensis* pero en la estación de primavera fue más alto su contenido mineral, y en la estación de verano fue más bajo 2.3333 mg/kg. que en *O. cantabrigiensis*.

En *Opuntia imbricata* presentó contenidos de cobre más elevados en las estaciones de otoño e invierno y disminuyeron en las épocas de primavera y verano.

En *O. lindheimeri* var. *tricolor* tuvo un comportamiento similar a *O. cantabrigiensis* y *O. ficus indica*.

## ZINC

**El contenido de zinc presenta significancia ( $P < 0.05$ ) en las especies, variedades y en las estaciones.**

En el caso de *O. lindheimeri* var. *subarmata* el contenido de zinc para la estación de invierno es de 69.3333 mg/Kg superior a las estaciones de otoño, primavera y verano que presentaron un contenido de 39.6667 mg/kg, 35.3333 mg/kg y 26 mg/kg. En *Opuntia cantabrigiensis* el contenido mineral en las cuatro estaciones fue muy similar y va de 117.6667 mg/kg a 131.3333 mg/kg.

Para *O. Ficus-indica* y *O.imbricata* se ve disminuido el contenido mineral ya que va de 50mg/Kg a 73mg/Kg.

En *O. lindheimeri var. tricolor* el contenido de zinc en las estaciones de otoño e invierno son de 62mg/kg y 61.6667mg/kg muy similares, en las estaciones de invierno y verano los contenidos son de 104.3333mg/kg y 105.6667mg/kg similar también.

## MANGANESO

El contenido de manganeso presenta diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en las variedades y en las estaciones.

En *O. lindheimeri var. subarmata* el contenido de manganeso presenta mayor contenido del mineral para todas las estaciones del año

Pero en *O. cantabrigiensis* durante la estación de otoño presento 26mg/Kg de manganeso en las otras estaciones los contenidos son de 7mg/kg a 12mg/kg muy bajos

En *O. lindheimeri var. tricolor* la estación de otoño presenta un contenido de 50.3333mg/kg de manganeso; en la estación de primavera presenta un contenido de 33.3333mg/kg; en las estaciones de invierno y verano son inferiores y no cubren con lo requerido para ninguno de los animales mencionados.

## FIERRO

El contenido de este mineral en las diferentes especies, variedades y en las estaciones presenta diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

En *O. Lindheimeri* var. *subarmata* el contenido de hierro para la estación de otoño es de 209mg/kg que es el más bajo para esta variedad y en la estación de primavera el contenido mineral fue de 492.3333mg/kg; como se observa hay gran diferencia.

En *O. cantabrigiensis* en la estación de otoño presento un contenido de 220.3333mg/kg inferior a las estaciones de invierno, primavera y verano en donde los contenidos fueron de 322mg/kg, 320mg/kg y 325.3333mg/kg similares en las tres estaciones.

En *O. Ficus-indica* las estaciones de otoño y verano en contenido fue de 276.3333mg/kg y 275mg/kg; pero en las estaciones de invierno y primavera este contenido se elevo a 417.3333mg/kg y 376.6667mg/kg.

En *O. imbricata* se presento un contenido muy bajo en la estación de otoño de 106.3333mg/kg en comparación con la época de primavera en donde el contenido fue de 489.6667mg/kg.

En *O. lindheimeri* var. *tricolor* se presentaron contenidos bajos en la época de otoño y primavera (268.3333mg/kg y 233.3333mg/kg) en comparación con la épocas de invierno y verano en donde el contenido fue de 435.6667mg/kg y 472.3333mg/kg.

CUADRO 4.2. Variación estacional de la composición de microminerales de cactus

*Opuntia spp.*

CONCEPTO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	ERROR ESTANDAR
<b>Opuntia lindheimeri var. subarmata</b>					
Cu mg/kg	11.6667	11.6667	11.6667	11.6667	3.8455
Zn mg/kg	39.6667	69.3333	35.3333	26.0000	28.89
Mn mg/kg	51.0000	33.6667	45.6667	42.0000	17.5574
Fe mg/kg	209.0000	365.0000	492.3333	281.0000	142.8615
<b>Opuntia cantabrigiensis</b>					
Cu mg/kg	7.0000	13.6667	16.6667	6.3333	6.9342
Zn mg/kg	126.3333	131.3333	125.0000	117.6667	22.5794
Mn mg/kg	26.3333	11.3333	12.0000	7.0000	8.9120
Fe mg/kg	220.3333	322.0000	320.0000	325.3333	85.8396
<b>Opuntia ficus-indica</b>					
Cu mg/kg	5.6667	12.3333	18.3333	2.3333	7.0753
Zn mg/kg	60.6667	55.3333	59.3333	45.6667	6.9560
Mn mg/kg	24.3333	8.6667	11.3333	6.6667	8.8124
Fe mg/kg	276.3333	417.3333	376.6667	275.0000	86.2673
<b>Opuntia imbricata</b>					
Cu mg/kg	10.3333	13.6667	6.3333	2.6667	6.1070
Zn mg/kg	73.0000	61.0000	61.6667	50.0000	12.1987
Mn mg/kg	27.6667	12.3333	10.6667	5.6667	9.5485
Fe mg/kg	106.3333	324.0000	489.6667	212.0000	173.1720
<b>Opuntia lindheimeri var. tricolor</b>					
Cu mg/kg	10.3333	16.6667	18.0000	4.33333	6.1840



Zn mg/kg	62.0000	104.3333	61.6667	105.6667	29.6171
Mn mg/kg	50.3333	19.3333	33.3333	7.0000	18.9664
Fe mg/kg	268.3333	435.6667	233.3333	472.3333	138.8429

## CAPITULO V

### DISCUSION

#### **Calcio**

En el cuadro 4.1 se observa que el calcio presenta una concentración baja en la época de otoño en *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor*, lo cual no coincide con Georgievskii et. al. (1982) mencionan que el contenido de calcio en las plantas se incrementa en tiempos secos y disminuye bajo condiciones de humedad, pero para este caso las variedades en otoño se presentó una precipitación de 21.5 mm y el contenido fue bajo sin embargo en las otras estaciones aumento el contenido de calcio y las precipitaciones también. Estas diferencias se pueden deber a las características propias de l suelo donde se colectaron las plantas, así como la intensidad de la lluvia, la temperatura también es un factor muy importante pues se considera que para un cultivo la temperatura ideal se recomienda de 16 °C para que los rebrotes se puedan desarrollar pero en la época de otoño se presentó una temperatura de 9.4 °C aproximadamente y esto pudo afectar el crecimiento de los rebrotes y como el calcio es un elemento más estático y se acumula en las partes maduras, esto pudo originar que al presentarse las lluvias aumentara la absorción radicular para la producción de rebrotes y por lo tanto hubiera mayor concentración de calcio en los cladodios durante las épocas de lluvia. Es

importante mencionar que esto se puede deber a la propia genética de la planta que las hace más aptas para absorber y/o acumular determinados minerales.

De acuerdo con el NRC (1984), el ganado bovino de carne requiere 0.19 a 0.33 % de calcio en la dieta y de acuerdo con el NRC (1975), los caprinos y ovinos requieren de 0.21 a 0.52 % de calcio en la dieta; en este estudio todas las variedades y en las diferentes estaciones cubren con los requerimientos para el ganado de engorda, caprino y ovino, ya que los minerales principales del nopal son calcio y potasio (Villareal et. al., 1963 citado por Granados y Castañeda, 1996).

### **Sodio**

En el caso del sodio se observa en el cuadro 4.1 que la concentración de este mineral es menor en la época de invierno para *Opuntia lindheimeri var. subarmata*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia ficus indica*, *Opuntia imbricata* y en la estación de primavera para *Opuntia lindheimeri var. tricolor* pero estas diferencias son mínimas. Excepto para el caso de *Opuntia imbricata* en donde hay una diferencia más notable con respecto a las otras estaciones pero esto se puede deber específicamente a la genética de la planta.

De acuerdo con el NRC (1984), el ganado bovino requiere de 0.06 a 0.08 % de sodio en la dieta y de acuerdo con el NRC (1975), el ganado caprino y ovino requiere de 0.04 a 0.10 % de sodio en la dieta; esto indica que las cinco variedades cubren con los requerimientos para el ganado aun en las estaciones donde se presentan bajas cantidades.

### Potasio

El cuadro 4.1 muestra la concentración de potasio en las diferentes estaciones del año, en *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* y en *Opuntia cantabrigiensis* se observa mayor concentración de potasio en la época que presento menor precipitación pero mayor temperatura esto pudo ser originado por que cuando se presentan temperaturas más elevadas se inhibe el crecimiento de rebrotes que es donde se concentra mayor cantidad de potasio, pero al no haber rebrotes este elemento se localiza en las partes más altas de la planta por su facilidad para trasladarse.

En las especies *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* se observa que hay menor concentración en la época de otoño y mayor concentración en las épocas de primavera, verano e invierno. Según Gomide y Zometa (1978) mencionan que el potasio tiene gran facilidad para trasladarse de las partes maduras a las partes tiernas y estas crecen precisamente en épocas de precipitaciones abundantes.

De acuerdo a los requerimientos para bovinos de carne que presenta el (NRC 1984) estos animales requieren de 0.9 a 1.0 % de potasio y de acuerdo con el NRC (1975), el ganado caprino y ovino requiere contenidos muy bajos y no se mencionan por lo tanto aun cuando las especies y variedades presentan bajo contenido del mineral alcanzan a cubrir estos requerimientos a excepción de *lindheimeri subarmata* que presenta porcentajes por de bajo de los requerimientos de estos animales en las estaciones de invierno, primavera y verano, pero en la estación de otoño si cubre con los requerimientos y esto es importante ya que es una época de sequía.

### Magnesio

**El cuadro 4.1 muestra en *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata*, *Opuntia cantabrigiensis* y *Opuntia ficus indica***

presentan una concentración menor de magnesio en las estaciones de otoño y que es la época de menor precipitación. Gomide y Zometa (1978) mencionan que el magnesio es un elemento más estático por lo tanto debería presentarse en mayor concentración en épocas de sequía pero por las altas temperaturas que se presentan esta puede alterar la fisiología de la planta.

En *Opuntia imbricata* el contenido más alto se presenta en verano y es donde se presento una precipitación de 83.9mm y en primavera la concentración mayor con una precipitación de 43.6mm esto podría deberse al tipo de suelo, a las características del suelo, a la concentración de minerales que presenta el suelo.

En *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* se presenta concentraciones más altas en la época de otoño.

De acuerdo con el NRC (1984), el ganado de engorda requiere de 0.1% de magnesio y de acuerdo con el NRC (1975), el ganado caprino y ovino requiere 0.04 a 0.08% de magnesio; esto quiere decir que las variedades de nopal pueden cubrir las necesidades para estos animales, aun utilizándolo en cualquier época del año, y que el contenido de magnesio en estas variedades es superior a los requerimientos de estos animales que comúnmente se les da un manejo extensivo.

### **Fósforo**

La concentración de fósforo en los diferentes nopales forrajeros presenta un contenido muy bajo y esto coincide con Gomide y Zometa(1978) quien menciona que conforme la planta va madurando disminuye el contenido de fósforo y Potasio debido a la disminución en la absorción mineral por parte de la planta puede verse afectada por

las características del suelo como el pH, textura, contenido de humedad, drenaje y su composición mineral.

De acuerdo con el NRC, (1984), el ganado bovino de carne requiere 0.12 a 0.34% de fósforo en la dieta y de acuerdo con el NRC (1975), el ganado caprino y ovino requieren 0.16 a 0.37%; de acuerdo a los datos estas variedades no cubren los requerimientos para las diferentes especies animales.

El bajo nivel de fósforo también ha sido reportado por Hanselka, et. al. (1991), mencionan que cuando se alimenta el ganado bovino con raciones conteniendo alta proporción de nopal, se hace necesario complementar el ganado con fósforo ya que el bajo contenido de este elemento en los nopales *Opuntia spp* no cubre con los requerimientos para el ganado.

Por lo tanto es necesario que los animales que consumen cantidades importantes de *Opuntia spp* deben ser complementados con fósforo.

### **Cobre**

En el cuadro 4.1 se observa que *Opuntia Lindheimeri var. subarmata* presento una concentración igual para todas las estaciones; según Underwood (1969) los suelos alcalinos disminuyen la disponibilidad de cobre. En las otras especies de nopal los contenidos más altos de cobre se presentan en la época de primavera con excepción de *Opuntia imbricata* que se presenta en invierno.

Basándose en el NRC (1984), el ganado bovino de carne requiere de 4 a 10 mg/kg de cobre en la dieta y de acuerdo con el NRC (1975), para los caprinos y ovinos los requerimientos son semejantes; para este caso de *O. lindheimeri var. subarmata*

cubre con los requerimientos de estos animales durante todo el año, pero en las otras variedades únicamente se cubre en la estación donde tiene mayor contenido mineral.

### **Zinc**

En el cuadro 4.2 se observa que en *Opuntia cantabrigiensis* y *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* se presentan concentraciones altas de zinc en las estaciones del año esto

puede deberse a la planta en particular ya que las otras especies de nopal no tienen altas concentraciones de zinc.

En *O. subarmata* los requerimientos del ganado bovino de engorda son de 30 mg/Kg; únicamente en la estación de verano no se cubre con los requerimientos. De acuerdo con el NRC (1975), para el caso del ganado caprino y ovino requieren de 35 a 50 mg/kg. Por lo tanto esta variedad únicamente en la estación de invierno cubre con estos requerimientos.

En *O. cantabrigiensis*, *O. ficus indica*, *O. imbricata* y *O. lindheimeri* var. *tricolor* pueden cubrir con los requerimientos de zinc para el ganado bovino de carne, caprino y ovino; además cabe mencionar que la variedad cantabrigiensis presenta mayor contenido de zinc que las otras variedades.

### **Manganeso**

En *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* el contenido de manganeso no es muy variable en las estaciones de primavera y verano pero en la estación de invierno es más bajo y en la época de otoño la concentración aumento; en esta planta en particular su contenido de manganeso no es alto y los requerimientos del ganado de engorda que son de 20mg/Kg; el ganado caprino y ovino requiere de 20 a 40 mg/kg de manganeso y por

lo tanto es cubierto por *O. lindheimeri* var. *subarmata*. En *O. cantabrigiensis* únicamente la estación de otoño se cubre con los requerimientos del ganado bovino de carne. Lo mismo sucede con *O. ficus-indica* y *O. imbricata*. En *O. lindheimeri* var. *tricolor* solamente en la estación de otoño se cubre con los requerimientos del ganado bovino de carne, caprino y ovino y en la estación de primavera se cubre el requerimiento para ganado bovino de carne.

### **Fierro**

En el cuadro 4.1 se observa que el contenido de fierro en *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia imbricata* la concentración fue menor en la estación de otoño donde la precipitación fue de 21.5mm y la temperatura de 9.4 °C.

En *Opuntia ficu- indica* el contenido más bajo se presento en verano donde la precipitación fue de 83.9mm y la temperatura de 21.1 °C y en otoño la concentración fue menor y la precipitación fue de 21.5 mm y la temperatura de 9.4 °C.

En *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* la concentración de hierro más baja fue en primavera donde la precipitación fue de 43.6mm y la temperatura de 15.4°C esto nos indica que el contenido de hierro en el nopal se le atribuye a su propia genética ya que en cada una de las especies de nopal actúa de diferente manera.

Basándose en el NRC, (1984), los rumiantes requieren de 30 a 50 mg/kg de fierro en su dieta y en este estudio todas las variedades cubren con los requerimientos aun en donde se presenta menor contenido de fierro.

Los resultados coinciden con (Granados y Castañeda, 1996), quien menciona que la composición mineral del nopal *Opuntia spp* varía en las distintas especies y también



dentro de una misma especie, de acuerdo con la composición química del suelo y con los complicados fenómenos mediante los que esas plantas disponen de sus nutrientes; además, estos fenómenos se relacionan con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación o ionización, humedad y textura del suelo.

Nobel, 1998 y Hatzmann (1991) mencionan que las respuestas de las plantas suculentas CAM a los elementos del suelo dependen de la textura del suelo, y el pH. El crecimiento de las *Opuntias* esta influenciado por los niveles de macronutrientes y micronutrientes.

## CONCLUSIONES

En general todas las especies y variedades presentan una composición química buena ya que la mayoría puede cubrir con los requerimientos minerales para el ganado de carne, caprinos y ovinos excepto para el caso de fósforo en el cual ninguna de las variedades cubre con los requerimientos, el cobre solamente en *O. lindheimeri* var. *subarmata* y *O. cantabrigiensis* pueden cubrir con esos requerimientos, así como también con el manganeso ya que solo *O. lindheimeri* var. *subarmata* cubre con el requerimiento.

Basándose en la literatura se conoce que el nopal no puede constituir la dieta completa del ganado debido a su alto contenido de humedad y a su bajo nivel de proteína. Por lo tanto, se puede considerar como un alimento complementario. Sin embargo, debido a su amplia distribución en los pastizales del norte de México y a que durante la mayor parte del año contiene nutrientes disponibles para el ganado, puede ser considerado como una importante alternativa para sostener la productividad de los animales.

El contenido mineral en nopal forrajero en las diferentes especies y variedades se comporta de manera muy distinta en las estaciones del año por lo tanto no se puede determinar cual es la especie de nopal con mayor contenido de mineral ya que algunas poseen mayor contenido en algunos minerales y otras especies en otros minerales pero en general las cinco especies de nopal pueden cubrir con los requerimientos de los animales excepto para el caso de fósforo, cobre y manganeso, por lo tanto los animales que sean alimentados con estas variedades deben ser complementados con cobre, fósforo y manganeso.

## RESUMEN

En el Noreste de México, *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* y *tricolor*, *Opuntia cantabriguiensis*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia ficus-indica* se encuentran dentro de las principales especies de *Opuntia* utilizados como forraje para el ganado y la fauna silvestre. Sin embargo, existe poca información acerca de su contenido mineral.

Los cladodios de nopal fueron colectados estacionalmente para determinar su contenido mineral. Las colectas se llevaron a cabo en el Municipio de Saltillo, Coahuila.

El contenido mineral en nopal forrajero en las diferentes especies y variedades se comporta de manera muy distinta en las estaciones del año por lo tanto no se puede determinar cual es la especie de nopal con mayor contenido de nopal ya que algunas poseen mayor contenido en algunos minerales y otras especies en otros minerales pero en general las cinco especies de nopal pueden cubrir con los requerimientos de los animales excepto para el caso de fósforo, cobre y manganeso, por lo tanto los animales que sean alimentados con estas variedades deben ser complementados con cobre, fósforo y manganeso.

Estas variaciones en el contenido mineral pudo haber sido influido por el suelo, la temperatura, la precipitación pluvial, intensidad de la misma y las características propias de la planta.

Debido a la amplia distribución y contenido de minerales y otros nutrientes que presentan las Opuntias, altamente disponibles para el ganado durante la mayor parte del año, puede ser considerado como una importante fuente de forraje durante la sequía y durante todo el año.

## LITERATURA CITADA

- Ayala, N. E., 1976. Como mejorar la alimentación animal. Primera edición. Ediciones Sertebi, México D. F. p 85
- Benavides, T. 1985. Integrating resources for profitable ranching in: White, L D., D. Guynn and T. Trowl (Eds. ) Proceedings of the International Ranchers Roundup. Laredo, Texas. Pp 201-210.***
- Borrego E., F., N. Burgos V. 1986. El nopal. Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. Pp. 6 - 14
- Bravo H, 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad universitaria. México D. F. Pp. 67-99-334.***
- Brom R. 1970. El nopal, el campo. Comisión nacional de fruticultura. México. Pp. 12-37.
- CODAGEM, 1979. Cultivo explotación y aprovechamiento del nopal, folleto Informativo. No. 158. México.
- Flores., V. C. 1977. El nopal como forraje; tesis profesional Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo México. Pp 12 - 20.**
- Flores V. C. A. y Aguirre R. J. 1992. El nopal como forraje Universidad Autónoma De Chapingo. Dirección de patronato universitario, Centro de investigación Económicos, sociales y tecnológicos de la Agroindustria y la agricultura mundial. Chapingo, Estado de México. Pp 71-75
- Fuentes, R. J. 1991. A. Survey of the Feeding Practices, Costs and production of Dairy and Beef Cattle in Northern. México, Proceedings 2<sup>nd</sup> Texas Prickly Pear Council Mc. Allen, Texas, U. S. A. pp. 118 – 128.
- Georgievskii, V. I., B. N. Annankov, and V. T. Sammokhin. 1982. Mineral Nutrition of minerals. Ed. Butter Worths London. P. 463.

- Gomide, J. A. y A. T. Zometa. 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. En simposio Latinoamericano sobre investigaciones en Nutrición Mineral de los rumiantes en pastoreo. (Ed. J. H. Conrad y L. R. McDowell). Universidad de Florida Gainesville, Florida. p 39.*
- Granados. D. S y A. D. Castañeda P. 1996. El nopal, historia, fisiología, genética e Importancia frutícola. Ed. Trillas. México D. F. Pp. 65-80.
- Hanselka, C. W. And Paschal, J. C. 1991. Prickly Paer cactus: An Important rangeland resource. Beef Cattle Research in Texaas. Pp. 141-143. Texas Agricultural Experimental Station.
- Hatzmann, S., G. Ebert y P. Ludders, 1999. Influence of NaCl salinity on growth ion uptake, and gas exchange of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller Angewand te Bot. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO. 65: 161-168 pp.
- Hoffman, G. D. and R. A. Darrow. 1964. Prickly pear, good or Bad. Texas Agricultural Extension Service, Collee Station Texas Bull. 8-806 U. S. A.
- López G., J. y J. Elizondo E. 1990. El conocimiento y aprovechamiento del nopal En México. El nopal programa y resúmenes de 3ª. Reunión nacional y 1ª. Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Pp. 95-121.
- Maldonado, L. J. Y M. Zapien B. 1977. El nopal en México Ciencia Forestal México. Pp. 36-53.
- Marroquin J. S., G. Borja L., R. Velázquez C. y J. A. de la Cruz C. 1964. Estudio dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Inst. Nac. Invest. For., Publicación especial México. p 116.
- Mc Dowell L. R., J. H. Conrad, C. L. Ellis and J. K. Loosli. 1979. Resultados de investigaciones minerales en Latinoamérica. Décima tercera conferencia Anual sobre ganadería y avicultura en América latina. Universidad de Florida. Gainesville Florida. Estados unidos de América. p 31.
- Mendoza H., J. M 1983. Boletín meteorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.
- Murray, P.G. 1999. El poder curativo del nopal. Ed. Selector. Tercera reimpresión. México D. F. Pp 45- 73.

- National Academy of Sciences. 1972. Atlas of Nutritional Data on United States and Canadian feeds. Washington, D. C.
- Nobel S. P. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Editorial trillas. México D.F. Pp. 187-195.
- Nobel, P. S., 1999. A nutrient index quantifying productivity of agaves and cacti. J. Appl. Ecol. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO. 26: 635-645 pp.
- NRC 1975. Nutrient Requirements of Sheep and goat. Primera edición. Editorial hemisferio Sur Pasteur 743 Buenos Aires Argentina. Pp 10- 18.
- NRC. 1975. Tabla de composición de alimentos de Estados Unidos y Canadá. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Requirements for Beef Cattle (sixth edition). Academic of Science, Washington, DC.
- Palomo G., D. 1968. Datos sobre los nopales *Opuntia spp* utilizados como forraje en el Sureste de México. Tesis Profesional. ITESM. Monterrey, N.L.. México. 83p.
- Ramírez L. R. G., A. F: Glafiro F. y Ma. A. N. G. 2000. Dinámica estacional de la Digestión ruminal de la materia seca del nopal. Revista periódica ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León. Volumen III. No. 3. México. Pp 267-273.
- Retamal, N., J. N. Duran y J. Fernández, 1999. Seasonal variations of chemical composition and quality of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) J. Sci. Fd. Agric. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO. 38: 303-311 pp.
- Ríos, L. A. 1954. El nopal y la oveja. Una esperanza para la zona desértica Mexicana. Secretaria de Recursos Hidráulicos (memorandum técnico No. 96.)
- Rodríguez G. A. 1990. Amplitud ecológica de *O. Lindheimeri engelmann*. Tesis de Maestría en ciencias y manejo de pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila. México. Pp. 6-14.
- Shirley, R. L. Y J. L. Montesinos 1978. El agua fuente de minerales en Simposio Latinoamericano sobre investigaciones de nutrición mineral de los Rumiantes en pastoreo. (Ed. J. H. Conrad y L. R. McDowell). Universidad de Florida Gainesville, Florida. 47-54 Pp.
- Teles F. F. F., J. W. H. Brow y F. M. Whiting, 1999. Amino and organic acids of The prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) J. Sci. Fd- Agric.



Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO. 35: 421-425 pp.

- Underwood, E. J. 1969. Los minerales en la alimentación del ganado. Segunda Ed. Editorial Acribia Barcelona, España. P. 325.
- Villareal, A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer congreso de Investigación Agrícola en México. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Volkwerss, S. J. y N. M. Rodríguez. 1978. Propiedades de los suelos que Influencian las deficiencias minerales o toxicidad en los animales y las plantas. En Simposio latinoamericano Sobre investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en pastoreo. . (Ed. J. H. Conrad y L. R. McDowell). Universidad de Florida Gainesville, Florida. P. 22.

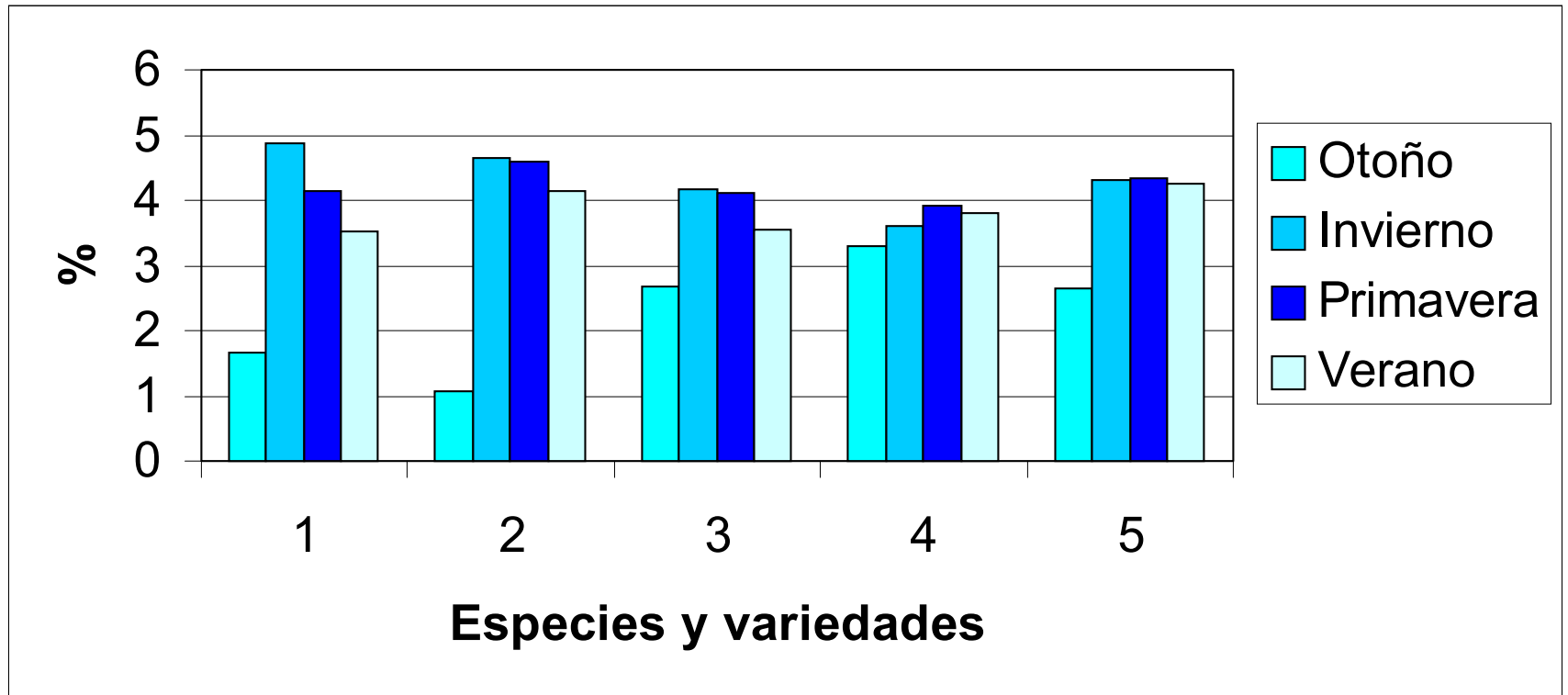


Figura 9.1: Concentración de calcio en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

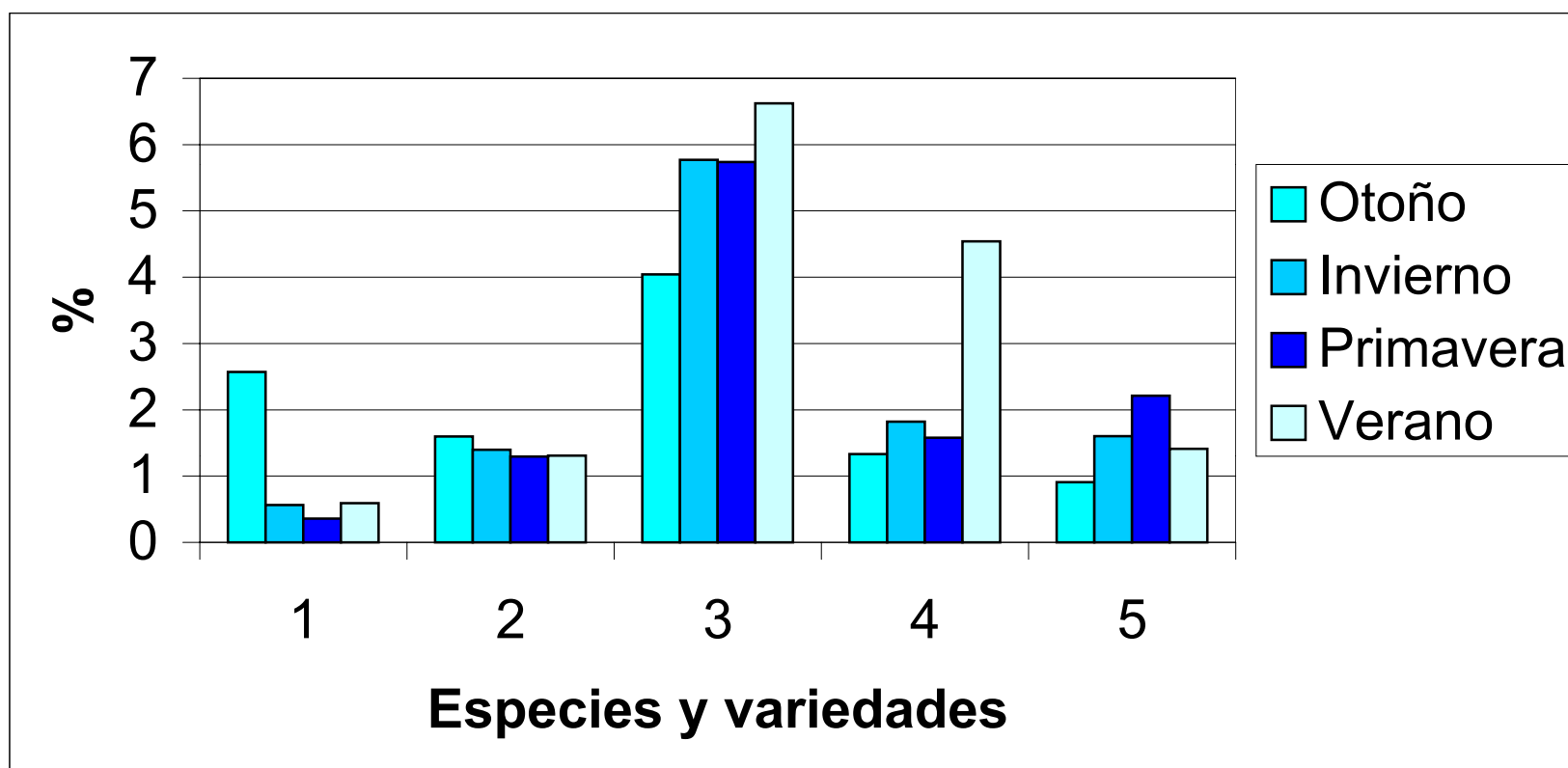


Figura 9.3: Concentración de potasio en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

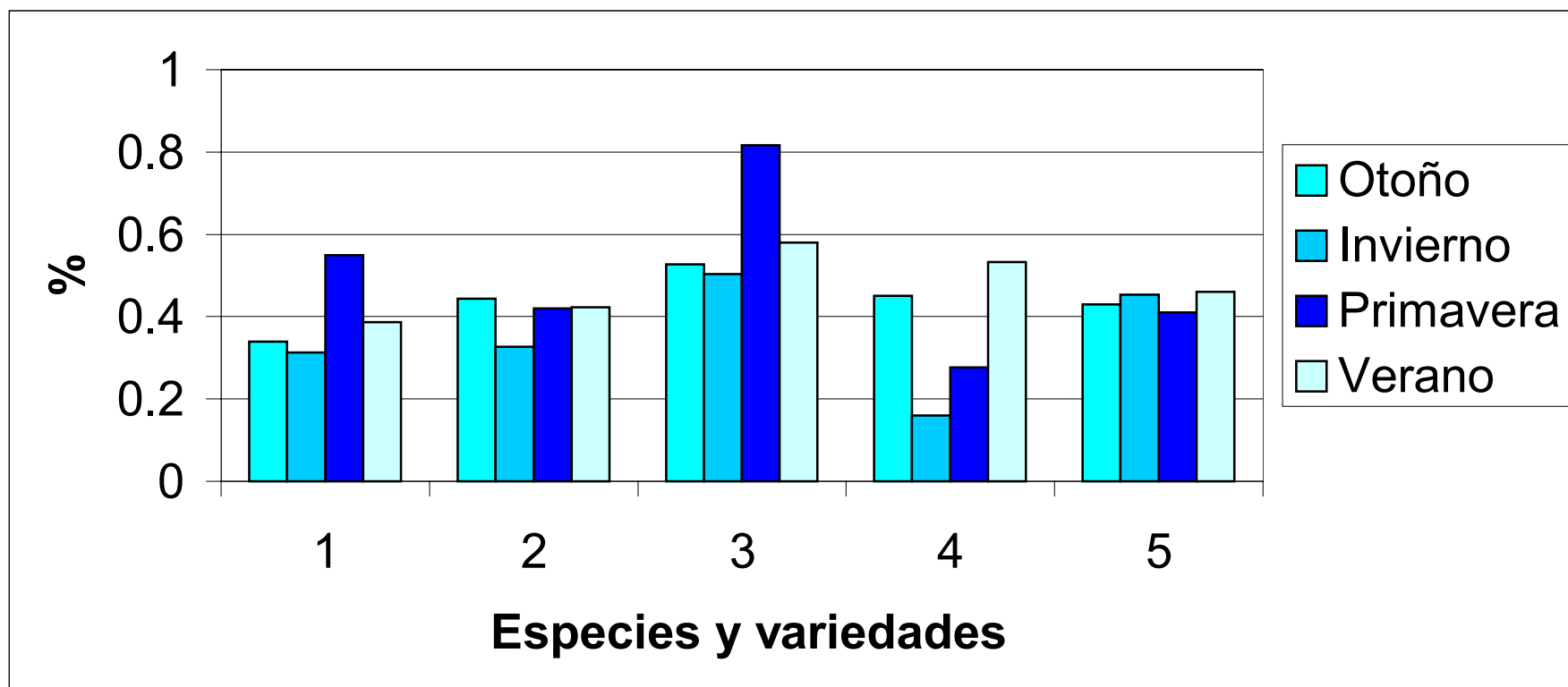


Figura 9.2: Concentración de sodio en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

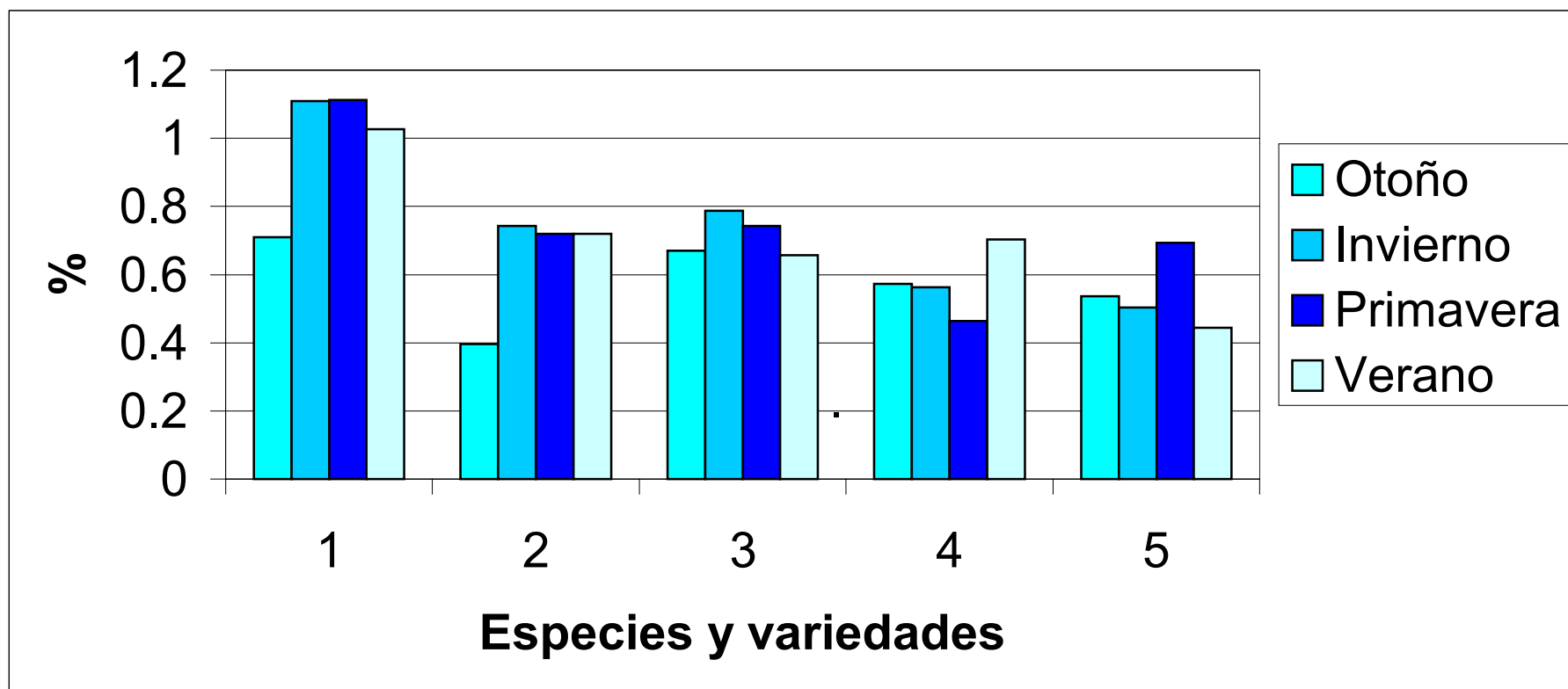


Figura 9.4: Concentración de magnesio en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

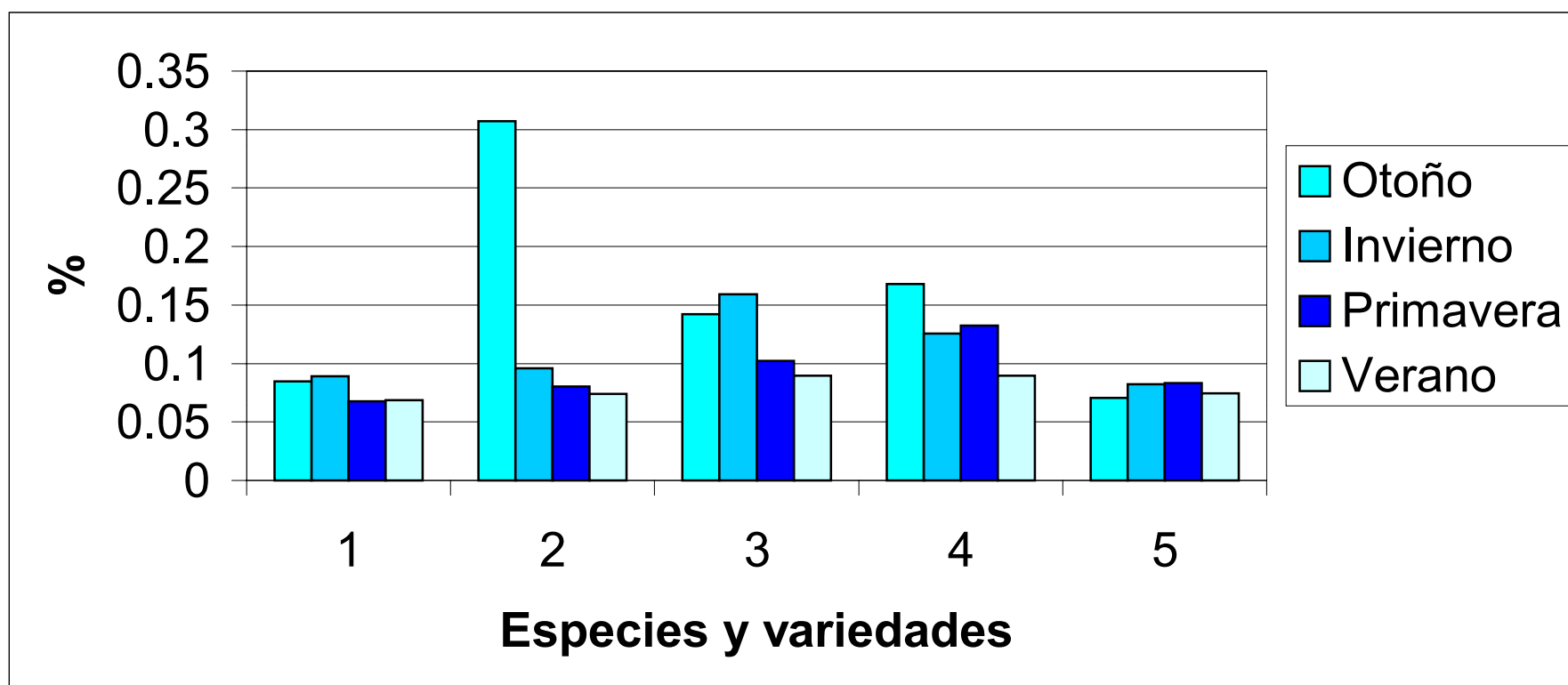


Figura 9.5: Concentración de fósforo en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

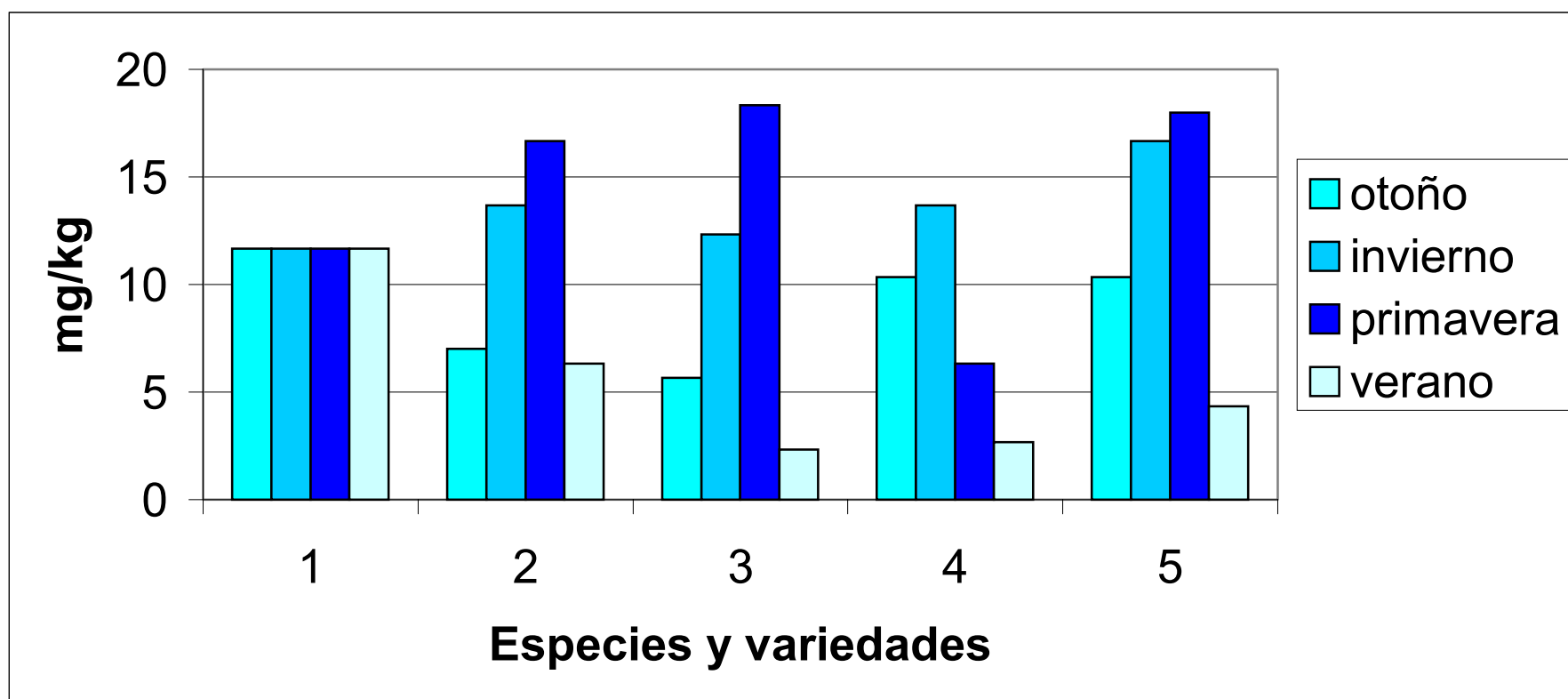


Figura 9.6: Concentración de cobre en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

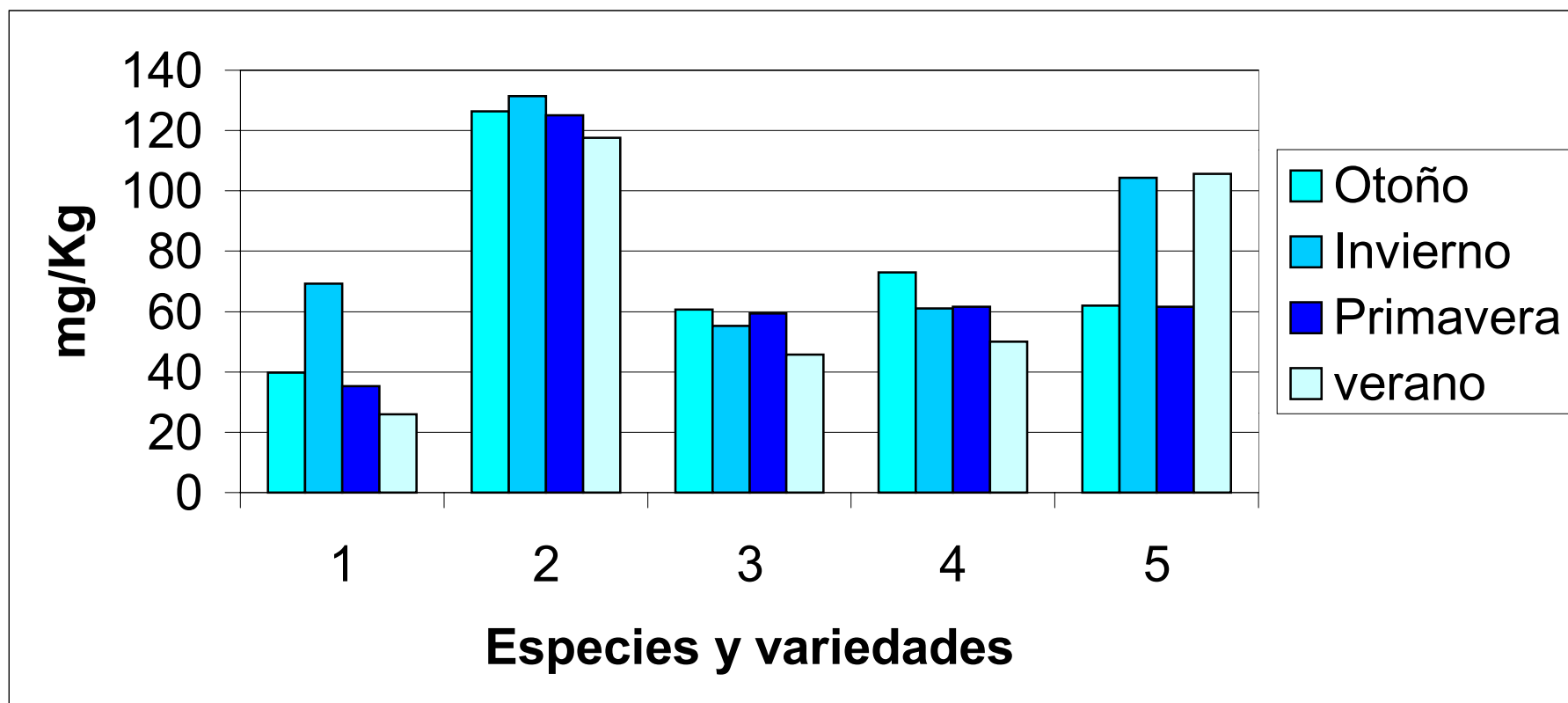


Figura 9.7: Concentración de zinc en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.



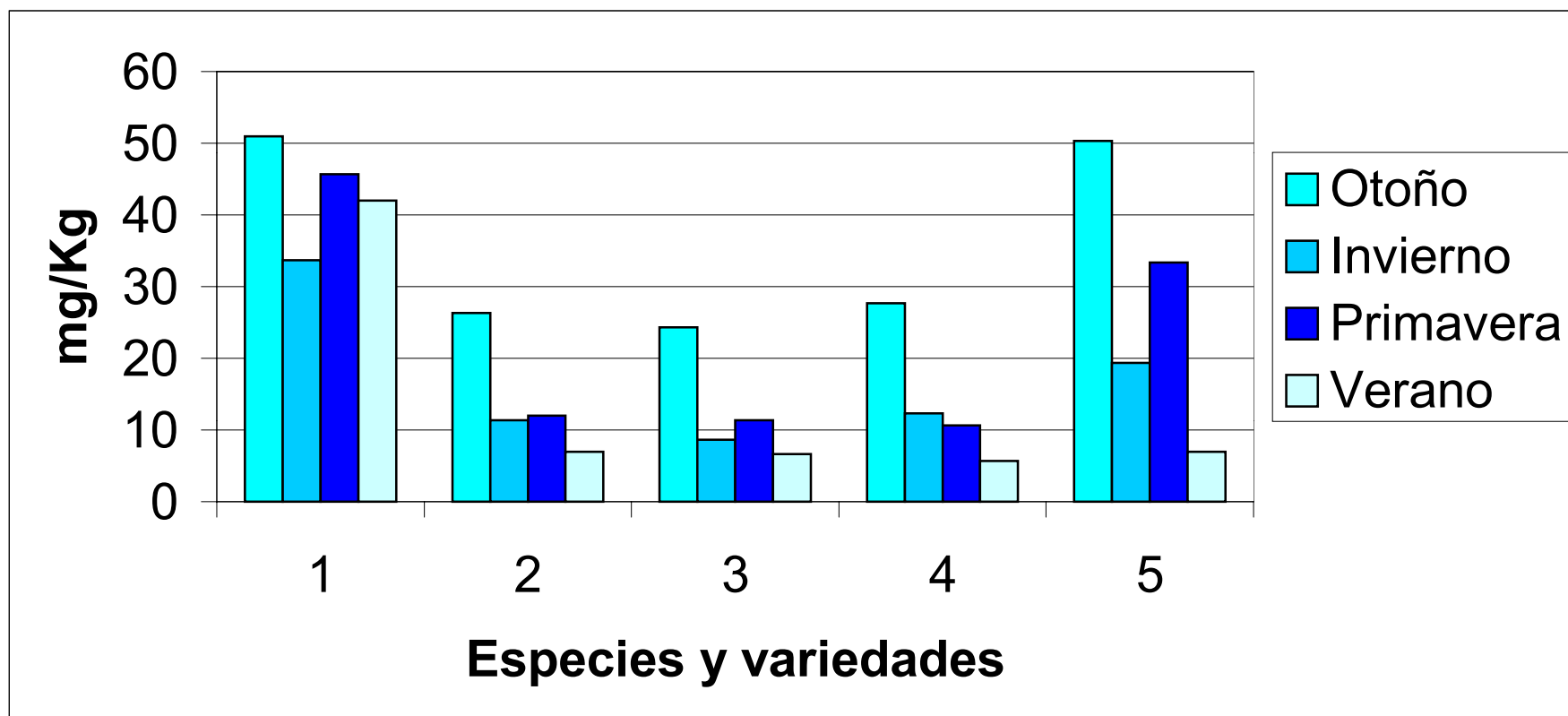


Figura 9.8: Concentración de manganeso en las especies y variedades de *Opuntia spp* durante las cuatro estaciones del año.

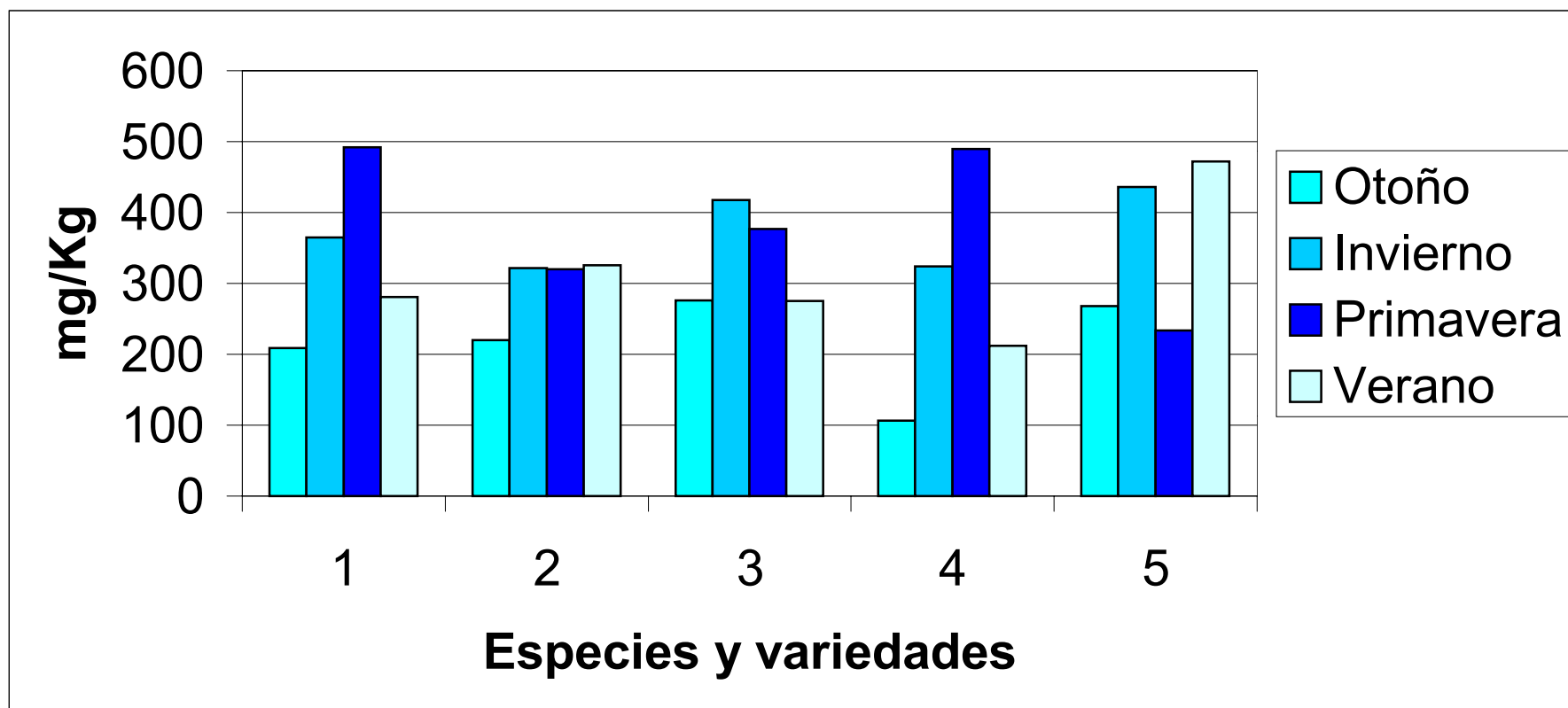


Figura 9.9: Concentración de fierro en las especies y variedades de *Opuntia* spp durante las cuatro estaciones del año.