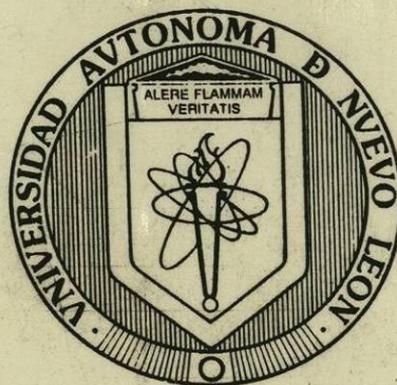


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“CARACTERIZACION DE CINCO CULTIVARES DE NOPAL
FORRAJERO *Opuntia ficus indica*, MARIN, N. L.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

RUBEN JESUS DE LA GARZA VAZQUEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE 1999.

TL
SB207
.F8
G3
1999
c.1



1080111670

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“CARACTERIZACION DE CINCO CULTIVARES DE NOPAL
FORRAJERO *Opuntia ficus indica*, MARIN, N. L.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

RUBEN JESUS DE LA GARZA VAZQUEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE 1999.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

T E S I S

**“CARACTERIZACION DE CINCO CULTIVARES DE NOPAL FORRAJERO
Opuntia ficus indica, MARIN N.L.”**

ELABORADA POR:

RUBEN JESUS DE LA GARZA VAZQUEZ

**ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

CÓMITE SUPERVISOR DE TESIS



**Ph. D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
PRESIDENTE**



**PH. DR., SERGIO PUENTE TRISTAN
SECRETARIO**



**M. C. MA DE LA LIZ GONZÁLEZ LÓPEZ
VOCAL**

TL

SB 267

.P8

63

1999

MENSAJE

Cosechar en el verano es de sabios; dormirse en la cosecha es de descarados (Proverbios 10.5).

La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre

Cicerón.

¿Por qué contentarnos con vivir a rastras, cuando sentimos el anhelo de volar?

Helen Keller.

Si te desanimas cuando estás en aprietos, no son muchas las fuerzas que tienes (Proverbios 24.24).

DEDICATORIAS

A DIOS

Por estar siempre conmigo en el caminar de la vida, por guiar mis pasos y darme fuerza y fe.

Te doy gracias Señor por haberme permitido terminar mis estudios profesionales y sobre todo por darme una familia y un hogar.

A MIS PADRES

SR. RUBEN JESUS DE LA GARZA ELIZONDO
SRA. MIRCAYA VAZQUEZ ALVARADO

Por haber confiado siempre en mi, darme sus bendiciones, sus buenos consejos, su apoyo económico y moral.

Muchas Gracias.

A MIS HERMANAS:

EMILIA
MIRCAYA
MARINA

Con quienes he pasado tantos momentos agradables, gracias por darme su apoyo para seguir siempre hasta el final.

A mi novia:

ERIKA GARCIA MORALES

**Quien siempre me alentó a seguir adelante en los momentos mas dificiles y
que siempre ha estado conmigo en cuerpo y alma.**

Gracias Chiquita

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

AL PH.D. RIGOBERTO E. VÁZQUEZ ALVARADO

Por su amistad, su asesoría y motivación para la culminación de este trabajo de tesis, por todos los consejos que para mi siempre serán útiles y sobre todo por ser sangre de mi sangre.

“Gracias.”

AL PH.D. SERGIO PUENTE TRISTAN

Por su amistad y por su motivación que siempre me ha brindado, por su colaboración en la revisión de esta tesis.

“Gracias.”

A LA M.C. MA. DE LA LUZ GONZALEZ LOPEZ

Por todo su apoyo, sus buenos consejos, por la ayuda brindada en la interpretación de los resultados en el presente trabajo de tesis.

“Gracias”.

A MI ESCUELA

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., que me permitió realizar mis estudios a nivel Licenciatura, especialmente al proyecto Producción y Aprovechamiento del Nopal, al Laboratorio de Bromatología, y al Laboratorio de Análisis de Agua y Suelos.

A MIS MAESTROS

A ustedes que me brindaron su enseñanza para superarme día con día.

“Gracias.”

AL C. DIRECTOR

Un fraternal agradecimiento al Ing. Cesáreo Guzmán Flores por su respaldo en todos los tramites para mi titulación y en la impresión de esta tesis.

“Gracias.”

AL CONACYT

Deseo efectuar un publico reconocimiento a esta benemérita Institución por el respaldo recibido para la realización de este trabajo.

“Gracias.”

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Con quienes compartí los momentos difíciles y de alegría durante toda mi formación académica en especial mi agradecimiento a mis inolvidables compañeros Martín Chapa Garza (Martincillo), Olivo González Díaz (Oli-Oli), Ricardo Leal Garza (Cadereyta), Alfredo Cano López (Allende), Gabriel Leyva Gonzalez (Boreli), Nora Hilda Cortez Liñan (Nora), Lauro Antonio Castillo Villareal (Guaguis), Alfonso (Poncha).

“Gracias.”

A TODA MI GRAN FAMILIA

Que por ellos y para ellos el día de hoy les dedico este titulo con sabor a triunfo en mi vida

“Gracias.”

A todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a culminar mis estudios de Licenciatura.

¡Muchas Gracias!

RESUMEN

El presente trabajo se realizo en el campo de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., Donde los objetivos que se plantearon fueron: A) La caracterización fenológica de cinco cultivares de nopal forrajero, B) La evaluación de las fibras ácido y neutro detergentes de los cinco cultivares de nopal forrajero. Los cultivares que se probaron fueron: COPENA CE-1, COPENA CE-2, LISO FORRAJERO, PABELLON y COPENA F-1.

En este experimento se evaluaron las variables número de cladodios por planta, número de brotes por planta, peso fresco de cladodio, grosor de cladodio, rendimiento en kilogramos por hectárea, número de tunas por planta, largo de cladodio, ancho de cladodio, materia seca en kilogramos por hectárea, porcentaje de materia seca, porcentaje de fibra ácido detergente (ADF) y porcentaje de fibra neutro detergente (NDF).

En cuanto a los resultados del primer objetivo se puede comentar lo siguiente: Con respecto al numero de cladodios por planta el cultivar COPENA CE-2 obtuvo el mayor numero con 19 cladodios por planta y en contraste el menor fue el COPENA CE-1 con 8 cladodios.

Con respecto a la variable número de brotes por planta el cultivar COPENA CE-2 mostró el mayor numero de brotes con 27.3 brotes por planta, mientras el cultivar LISO FORRAJERO mostró el menor numero de brotes con 14.3 por planta. Con respecto al peso fresco de los cultivares cabe hacer la observación que el cultivar LISO FORRAJERO y

PABELLON mostraron los mayores pesos frescos con 1,282.4 gr y 1,172.8 gr respectivamente

Con respecto al segundo objetivo podemos comentar lo siguiente: En los resultados de las determinaciones de las fibras ácido y neutro detergentes, el cultivar que mostró el mayor valor de (ADF) fue el Copena FI con un valor de 17.08% siguiendo el Copena CE-2 con 16.35 y posteriormente Copena CE-1, Liso Forrajero y Pabellón. Los resultados de la determinación de la fibra neutro detergente (NDF), se observó que el cultivar Pabellón, obtuvo el valor más alto con un valor de 36.06, siguiéndole el cultivar Copena CE-1 con un valor de 35.37 y posteriormente fueron el Copena CE-2, Copena F-1 y el Liso Forrajero,

SUMMARY

The present research was carried out at the experimental field of the Agronomy's Collage from the U.A.N.L. where the planned objectives were: A) Phenologic characterization of the 5 growings of forage prickly pear. B) Evaluation of the acid fiber and neutral fiber detergent of the forage prickly pear growings. The tested growings were: COPENA CE-1, COPENA CE-2, LISO FORRAJERO, PABELLON y COPENA F-1.

In this experiment were evaluated the variables number of cladodes per plant, number of bloomings per plant, weight of fresh cladodes, thickness of cladode, output per hectare in kilograms, number of prickly pears per plant, length of cladode, width of cladode, dry matter per hectare in kilograms, dry matter percentage, acid detergent fiber percentage (ADF), and neutral detergent fiber percentage (NDF).

About the first objective results we may say the next: Concerning the number of cladodes per plant the COPENA CE-2 growing got the highest score with 19 cladodes per plant and in contrast the lowest was gotten by the COPENA CE-1 with 8 cladodes.

About the number of bloomings per plant variable the COPENA CE-2 growing showed the highest number of bloomings with 27.3 per plant. While the LISO FORRAJERO growing showed the lowest number of bloomings with 14.3 per plant. About the fresh weight of

growings is important to mention that the LISO FORRAJERO and PABELLON growings showed the highest fresh weights with 1,282.4 and 1,172.8 grams respectively.

About the second objective we may say the next: In the results of the researches of the acid detergent and neuter detergent fibers the growing that showed the higeat (ADF) value was the COPENA F-1 with 17.08% followed by COPENA CE-2 with 16.35% and continued with COPENA CE-1, LISO FORRAJERO and PABELLON. This results of the neuter detergent fiber (NDF) research showed that the PABELLON growing got the highes value with 36.06% followed by the COPENA CE-1 grownig with 35.37% and continued COPENA CE-2, COPENA F-1 and the Liso Forrajero

INDICE

| | |
|---|-------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| RESUMEN | vii |
| SUMMARY | ix |
| INDICE | xi |
| INDICE DE CUADROS | xv |
| INDICE DE CUADROS APENDICE | xviii |
| INDICE DE FIGURAS | xx |
| | |
| I. NTRODUCCION | 1 |
| 1.1. Objetivos..... | 5 |
| 1.2. Hipótesis de trabajo..... | 5 |
| | |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 6 |
| 2.1. Características taxonómicas del nopal..... | 6 |
| 2.2. Abundancia del nopal silvestre..... | 8 |
| 2.3. Abundancia del nopal cultivado..... | 9 |
| 2.4. Variedades de nopal usadas como forraje..... | 10 |
| 2.5. Ventajas y desventajas del nopal forrajero..... | 11 |
| 2.6. Zonas nopaleras del país..... | 13 |
| 2.7. Condiciones climáticas..... | 14 |
| 2.8. Condiciones edáficas..... | 16 |
| 2.9. Características morfológicas del nopal de Castilla (<i>Opuntia ficus indica</i>)..... | 17 |
| 2.10. Eficiencia de la planta de nopal..... | 18 |
| 2.11. Descripción del fruto..... | 18 |
| 2.11.1. Componentes químicos del fruto..... | 22 |
| 2.11.1.1. Agua..... | 22 |

| | |
|---|----|
| 2.11.1.2. Minerales..... | 22 |
| 2.11.1.3. Carbohidratos..... | 23 |
| 2.11.1.4. Componentes nitrogenados..... | 23 |
| 2.11.1.5. Vitaminas..... | 23 |
| 2.11.2. Características deseables del fruto..... | 24 |
| 2.11.3. Utilización del fruto..... | 24 |
| 2.12. Valor nutritivo del nopal..... | 26 |
| 2.12.1. Fibra Acido Detergente..... | 26 |
| 2.12.2. Fibra Neutro Detergente..... | 27 |
| 2.13. Consumo y digestibilidad..... | 30 |
| 2.14. Formas de reproducción..... | 32 |
| 2.14.1. Reproducción sexual o por semilla..... | 32 |
| 2.14.2. Reproducción asexual o vegetativa..... | 32 |
| 2.15. Selección de pencas para hacer una buena plantación..... | 33 |
| 2.15.1. Epoca de plantación..... | 33 |
| 2.15.2. Plantación..... | 34 |
| 2.16. Densidad de población..... | 35 |
| 2.17. Aplicación de abono orgánico..... | 37 |
| 2.18. Fertilización..... | 39 |
| 2.19. Componentes de fibras..... | 41 |
| 2.19.1. Celulosa..... | 41 |
| 2.19.2. Hemicelulosa..... | 42 |
| 2.19.3. Pectina..... | 42 |
| 2.19.4. Lignina..... | 43 |
| 2.19.5. Mucilago..... | 44 |
| 2.20. Desarrollo de la pared celular de las plantas..... | 44 |
| 2.21. Determinación de carbohidratos para propósitos nutricionales..... | 46 |
| 2.22. Plagas de nopal..... | 48 |
| 2.23. Enfermedades del nopal..... | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 2.24. Raciones de alimentación..... | 52 |
| 2.25. Costos de producción..... | 54 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 59 |
| 3.1. Ubicación de experimento..... | 59 |
| 3.2. Diseño experimental..... | 62 |
| 3.3. Hipótesis estadística..... | 62 |
| 3.4. Modelo experimental..... | 62 |
| 3.5. Analisis de datos..... | 63 |
| 3.6. Programa computacional..... | 63 |
| 3.7. Material vegetativo utilizado..... | 64 |
| 3.8. Tratamientos..... | 65 |
| 3.9. Prácticas de manejo..... | 66 |
| 3.10. Variables analizadas..... | 66 |
| 3.10.1. Muestreo de material vegetativo..... | 67 |
| 3.10.2. Determinaciones de laboratorio..... | 68 |
| 3.10.2.1. Determinación de materia seca..... | 68 |
| 3.10.2.2. Determinación de Fibra Neutro Detergente (NDF)..... | 69 |
| 3.10.2.3. Determinación de Fibra Acido Detergente (ADF):..... | 71 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 75 |
| 4.1. Número de cladodio por planta..... | 75 |
| 4.2. Número de brotes por planta..... | 76 |
| 4.3. Peso fresco por cladodio..... | 76 |
| 4.4. Grosor de cladodio por planta..... | 77 |
| 4.5. Rendimiento por planta..... | 77 |
| 4.6. Número de tunas por planta..... | 78 |

| | |
|--|------------|
| 4.7. Largo de cladodio..... | 79 |
| 4.8. Ancho de cladodio..... | 79 |
| 4.9. Kilogramos por hectárea de materia seca..... | 79 |
| 4.10. Porcentaje de materia seca..... | 80 |
| 4.11. Porcentaje de Fibras ácido y neutro detergente (ADF) y (NDF)..... | 80 |
| V. CONCLUSIONES..... | 84 |
| 5.1. Características fenológicas de acuerdo al primer objetivo..... | 84 |
| 5.2. Fibras detergentes con respecto al segundo objetivo..... | 85 |
| 5.3. Conclusiones de la hipótesis del primer objetivo sobre la respuesta fenológica del nopal a los cambios ambientales..... | 85 |
| 5.4. Conclusiones de la hipótesis del segundo objetivo de trabajo sobre el efecto y el contenido de la fibra en la digestibilidad de los animales..... | 86 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 88 |
| VII. BIBLIOGRAFIA..... | 89 |
| VIII. GLOSARIO..... | 97 |
| IX. APENDICE..... | 102 |

INDICE DE CUADROS

| CUADRO | PAGINA |
|--|---------------|
| 1.- Resultados de análisis bromatológico de <i>Opuntia ficus indica</i> en base a materia seca..... | 28 |
| 2.- Análisis bromatológico de diferentes especies de nopal (Porcentajes en base a materia seca)..... | 29 |
| 3.- Porcentaje de digestibilidad de nopal <i>Opuntia ficus indica</i> en bovinos y ovinos..... | 32 |
| 4.- Densidad de plantas por hectárea de nopal forrajero y su rendimiento..... | 37 |
| 5.- Número de cladodios, frutos por planta y producción estimada durante 1988 y 1989, en función de los tratamientos de fertilización..... | 38 |
| 6.- Componentes celulares y su grado de disponibilidad en la alimentación de los animales..... | 39 |
| 7.- Productos recomendados para el control de las principales plagas del nopal..... | 49 |
| 8.- Productos recomendados para el control de las principales enfermedades del nopal..... | 51 |
| 9.- Consumo de nopal en kilogramos por día y ganancia diaria en kilogramos de peso vivo en promedio por cabeza..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 10.- Consumos del nopal según el nivel de melaza en kilogramos por día y ganancias diarias en kilogramos de peso vivo en promedio por cabeza..... | 53 |
| 11.- Costos de producción de nopal forrajero en condiciones de temporal..... | 55 |
| 12.- Estimación del rendimiento por planta y por hectárea bajo condiciones de temporal..... | 56 |
| 13.- Costos de producción de nopal forrajero en condiciones de riego..... | 57 |
| 14.- Estimación del rendimiento por planta y por hectárea bajo condiciones de riego..... | 58 |
| 15.- Datos climatológicos de la zona donde se realizó el experimento. Marín Nuevo León..... | 60 |
| 16.- Propiedades físico químicas del suelo donde se realizó el experimento. Marín, Nuevo León..... | 61 |
| 17.- Cultivares utilizados en el experimento..... | 64 |
| 18.- Resultados estadísticos de las medias de las variables del experimento de nopal forrajero..... | 75 |
| 19.- Variables evaluadas de los cultivares forrajeros estudiados en Marín, Nuevo León..... | 78 |

20.- Medias de tratamientos de ADF y NDF para el cultivo de nopal en 5 cultivares..... 81

21.- Correlación de las variedades estudiadas con valores arriba del 50% en el experimento de nopal forrajero..... 82

22.- Estadísticos de variables agronómicas estudiadas del experimento de los cultivares de nopal forrajero (Datos de medias generales a través de medias). Marín, Nuevo León..... 83

CUADROS DEL APENDICE

| CUADRO | PAGINA |
|--|---------------|
| 1A.- Análisis de varianza de la variable Fibra Acido Detergente (ADF)..... | 102 |
| 2A.- Análisis de varianza de la variable Fibra Neutro Detergente (NDF)..... | 102 |
| 3A.- Análisis de varianza de la variable número de cladodios por planta..... | 103 |
| 4A.- Análisis de varianza de la variable número de brotes por planta..... | 103 |
| 5A.- Análisis de varianza de la variable peso fresco de cladodio en gramos..... | 104 |
| 6A.- Análisis de varianza de la variable grosor de cladodio en centímetros..... | 104 |
| 7A.- Análisis de varianza de la variable rendimiento por planta en kilogramos... | 105 |
| 8A.- Análisis de varianza de la variable número de tunas por planta..... | 105 |
| 9A.- Análisis de varianza de la variable largo de cladodio en centímetros..... | 106 |
| 10A.- Análisis de varianza de la variable ancho de cladodio en centímetros..... | 106 |
| 11A.- Análisis de varianza de la variable materia seca en kilogramos por hectárea..... | 107 |

| | |
|---|-----|
| 12A.- Análisis de varianza de la variable porcentaje de materia seca..... | 107 |
| 13A.- Base de datos de las determinaciones de fibra neutro detergente (NDF)..... | 108 |
| 14A.- Base de datos de las determinaciones de Fibra Acido Detergente (ADF)..... | 109 |
| 15A.- Concentracion de datos de materia seca de cinco cultivares de nopal forrajero, en base a materia fresca y seca. Marín, Nuevo León..... | 110 |
| 16A.- Datos fenológicos de cinco cultivares de nopal forrajero. Marín, Nuevo León..... | 111 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PAGUINA |
|---|----------------|
| 1.- Esquema diagramatico de las estructuras y componentes del fruto del nopal..... | 21 |
| 2.- Estructura morfológica del cladodio..... | 21 |
| 3.- Diagrama de flujo del Procedimiento para la determinación de fibra Neutro Detergente (NDF) (Diagrama de flujo)..... | 40 |
| 4.- Croquis del experimento..... | 65 |

I. INTRODUCCION

México es el onceavo país más extenso y el decimocuarto más poblado del mundo y sus poblaciones ganaderas no son despreciables sin embargo, el análisis de la cantidad de carne que proporcionan estos hatos, arroja un panorama desalentador y aún pésimo si se compara la eficiencia productiva de las diferentes especies

Según De Alba (1971) la causa principal de ésta baja productividad es la alimentación deficiente del ganado en México, debido a esto es importante recomendar hacer un análisis nutricional en donde se tomen en cuenta los datos de las fibras ácida y neutro detergente. Es también importante hacer un estudio fenológico de las especies de nopal forrajero, que de acuerdo a la zona donde se desee explotar este cultivo podremos darnos una idea del ancho, grueso y largo de los cladodios de las especies que se adapten a las condiciones de clima, suelo y agua de la región donde se deseen explotar para la alimentación de nuestro ganado y así poder obtener el máximo provecho de este cultivo con el mínimo de inversión, lo anterior se agrava en las regiones áridas y semiáridas que representan mas del 50% del territorio nacional (Blanco M. y Ramírez C., 1966) En estas zonas la producción de forraje es pobre e irregular durante todo el año y muy variable de uno a otro, debido a la escasa y errática precipitación pluvial que las caracteriza. Sin embargo, existen otras causas de sub-alimentación, una de ellas es el limitado conocimiento de la vegetación nativa como productora de forraje y de los métodos para utilizarla racionalmente, tal es el caso de los nopales (*Opuntia spp.*) forrajeros, los cuales presentan

una perfecta adaptación a condiciones de aridez y constituyen un forraje aceptado por los rumiantes de importancia pecuaria, tanto en condiciones de estabulación como de pastoreo, actualmente, gran parte de la industria pecuaria de las zonas áridas del Norte y Centro de México tienen en el nopal un recurso forrajero de primer orden. Se sabe, que para 1966 se utilizaban 600 toneladas diarias en la alimentación del ganado lechero estabulado en Monterrey, N.L. y 100 toneladas en Saltillo, Coahuila.

El nopal forrajero *Opuntia spp.* es un recurso que se encuentra ampliamente distribuido en México, se le conoce desde tiempos inmemoriales, originaria de este país donde prevalece principalmente en las zonas áridas y semiáridas que ocupan el 52.2% del territorio nacional, en donde el 18.8% son zonas áridas y el 34.4% de zonas semiáridas y donde el nopal *Opuntia spp.* ocupa aproximadamente 324,000 Km² (Marroquín 1964) existiendo una superficie mucho mayor donde potencialmente puede establecerse este género.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el nopal es la falta de orientación adecuada sobre su manejo, ya que los hombres de campo lo han venido sustituyendo por cultivos anuales que generalmente les producen pérdidas debido a una escasa y frecuentemente nula producción, ocasionando graves daños a la ecología del lugar y propiciando la exposición de los suelos a la erosión.

En los ambientes favorables, donde las precipitaciones son elevadas y los suelos son

profundos y con buenos atributos físicos y químicos, se logra a menudo, un mayor éxito al transformar el ecosistema natural en uno de cultivo.

En ambientes adversos, caracterizados por suelos delgados, mayor pendiente y de inferior calidad, unidos a precipitaciones reducidas, la mayor alternativa puede ser el manejo ecológico del ecosistema natural, especialmente donde existen buenas poblaciones naturales de la *Opuntia ficus indica*.

Los nopales tienen varias ventajas para las áreas en las cuales se desarrollan, ya que reducen los costos de alimentación como forrajes de emergencia durante los períodos de sequía y en el invierno, reducen la pérdida de suelo por erosión en sitios deteriorados por falta de cubierta vegetal, protegen a las gramíneas y otras herbáceas del apacentamiento y aportan alimento y hábitat a la fauna silvestre.

Los ecosistemas naturales de *Opuntia ficus indica* han sido explorados intensivamente por períodos muy largos, con el objeto de maximizar la cosecha sin aplicar ninguna práctica de manejo conservacionista ni realizar actividades tendientes a un mejoramiento del recurso. Es factible suponer; que un manejo ecológico de éstos recursos naturales tendientes a transformárseles en un ecocultivo, permita elevar considerablemente la productividad, hasta el punto de lograrse que en algunas condiciones ambientales se presente como una actividad, que tanto desde el punto de vista ecológico como económico, sea superior a los cultivos tradicionales de la zona.

Las transformaciones realizadas, no han sido las mejores debido a la deficiente información y al funcionamiento actual del ecosistema. Es de gran importancia discutir las alternativas y las necesidades de la zona donde se efectúan dichas transformaciones.

Por tratarse de un recurso de gran valor para la nación, tanto por su calidad como por el trabajo que da a la población y por la superficie que ocupa, es necesario tener una respuesta que, en forma cuantitativa, permita comparársele con otras alternativas.

1.1. Objetivos

1.-Caracterización fenológica de cinco cultivares de nopal forrajero bajo las condiciones de la región.

2.-Efectuar un análisis de Fibra Acido y Neutro Detergente (ADF y NDF) en cinco cultivares de nopal forrajero.

I.2.Hipótesis de trabajo

1.-Las plantas responden fenologicamente a los cambios ambientales, por lo tanto su productividad es consecuencia del grado de adaptación.

2.-El contenido de fibra tiene un efecto directo en la digestibilidad de los animales, por lo tanto las Fibras Acido y Neutro Detergente (ADF y NDF) dan una idea del valor nutricional de los alimentos.

II REVISION DE LITERATURA

2.1. Características taxonómicas del género *Opuntia*.

En México se le llama nopal a varias especies del genero *Opuntia* de la familia *cactaceae*, toda ésta familia es endémica de América y de acuerdo con Bravo (1978) la mayoría de sus géneros en alguno de los dos centros de diversificación, situados al Norte y Sur del Continente, una de las excepciones a ésta situación se da con el género *Opuntia*, cuyas especies se presentan en ambos centros y así vemos que de sus 258 especies reconocidas se encuentran 100 en México.

A continuación se presenta la ubicación taxonómica del género *Opuntia* (Cronquist, 1977), para taxones superiores y de acuerdo a Buxbaun (1978), citado por Bravo (1978).

| | |
|------------|---------------------------------|
| División | - <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | - <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden | - <i>Caryophyllales</i> |
| Familia | - <i>Cactaceae</i> lindley |
| Subfamilia | - <i>Opuntioideae</i> schuman |
| Tribu | - <i>Opunieae</i> (Brrill el R) |
| Género | - <i>Opuntia</i> Tourn) mill |
| Subgénero | - <i>Platyopunti</i> |

Tomando en cuenta las reglas para clasificación taxonómicas (Britton y Rose, 1963)

hicieron su propia clasificación.

| | |
|------------|----------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Angiospermae |
| Clase | Dicotiledoneae |
| Orden | Opuntiales |
| Familia | Cactaceae |
| Subfamilia | Opuntioideae |
| Tribu | Opuntiae |
| Género | Opuntia |
| Subgénero | Platyopuntia |
| Especie | Opuntia spp. |

Por otra parte es ampliamente conocida la dificultad que se tiene para identificar al nivel de especies a estas plantas, por eso Bravo (1978) reconoce aproximadamente unas 60 especies mexicanas de este género; este número, da una idea de su gran diversidad y al mismo tiempo de su dificultad para separarlas y ordenarlas taxonómicamente.

El subgénero *Platyopuntia* representa los nopales con tallo aplanado, incluye las especies silvestres, cuya fruta tiene amplia aceptación entre la población y constituyen la materia prima la industria. Así mismo, este subgénero abarca las especies forrajeras de

mayor significación, aunque comprende otras que no tienen importancia para estos propósitos (Borrego y Burgos, 1986).

Actualmente existe participación de las áreas biológicas, genéticas, fisiológicas y bioquímica que colaboran para su ubicación correcta (Acuña, 1989)

2.2. Abundancia del nopal silvestre

Un punto primordial es el hacer conciencia por los ganaderos de que el nopal no es una planta nociva, sino al contrario debido a todas sus bondades, es importante tomar en cuenta el poder llevar a cabo su explotación a conciencia, ya que podemos alimentar a nuestro ganado todo el año combinándolo con forraje abaratando costos.

Debido a la falta de conciencia, hemos relegado al nopal tan solo como una planta de emergencia en épocas críticas, sin importar que podemos aprovechar y obtener beneficios de sus características durante todo el año, debido a sus características de resistencia a épocas adversas, el nopal es una opción adecuada para las necesidades de nuestra zona, con base a todo lo mencionado hasta ahora, se hará un recuento general de aquellos aspectos que hacen del nopal un importante recurso forrajero, el nopal sigue utilizándose en el invierno por muchos ganaderos que pastoreaban su ganado bovino y ovino en las nopaleras, para evitar pérdidas inevitables en los años secos si no dispusieran de este recurso.

En el Norte del país las condiciones climatológicas son extremosas y en prolongados períodos no llueve, al secarse la humedad limita el desarrollo de las plantas consumidas por el ganado, por eso el nopal forrajero es muy utilizado, proporcionando un poco de alimento y agua en épocas críticas (Villarreal, 1958).

El nopal no solo tiene importancia en los aspectos económicos, sino también en la conservación del suelo, pues protege la capa fértil de éste contra la erosión debido al tipo de sistema radicular que posee, asimismo, los cladodios retienen partículas orgánicas que mueve el aire, las cuales resbalan por su superficie hasta el suelo, o bien quedan en las conjugaciones de las ramificaciones, donde el agua de lluvia las arrastra para depositarlas en el pie de las plantas para formar así una capa de materia orgánica que aumenta constantemente el espesor y mejora la calidad del suelo. (CODAGEM, 1981).

Una hectárea de riego o temporal bien manejada con *Opuntia* spp puede llegar a producir hasta 200 toneladas de cladodios en buen estado, mientras que de maíz forrajero bajo condiciones de riego produce 49 toneladas, y el temporal 36 toneladas/ha (Flores, 1977).

2.3. Abundancia del nopal cultivado

Desafortunadamente el nopal cultivado tiene poca importancia porque falta conocimiento de todas sus características y beneficios, uno de los más importantes es que

no hay necesidad de chamuscar, porque estas variedades cultivadas se han mejorado para reducir el tamaño de sus espinas.

Como forraje sus cladodios constituyen un valioso auxiliar en la alimentación del ganado, especialmente en las épocas de estío ya que su contenido hídrico disminuye en el ganado la necesidad de beber agua, a la vez que satisface su apetito (Solis, 1990).

2.4. Variedades de nopal usadas como forraje

NOMBRE COMUN

NOMBRE CIENTIFICO

Nopal rastrero

O. rastrera

Nopal cacanapo

O. lindheimeri

Nopal cuijo

O. cantabrigiensis

Nopal duraznillo

O. leucotricha

Nopal coyotillo

O. azurera

Nopal tapón

O. robusta

Nopal cardon

O. streptacantha

Nopal cardenche

O. imbricata

Nopal de Castilla

O. ficus indica

Nopal penca redonda

O. lucens

Nopal chivero

O. macrocentra

2.5. Ventajas y desventajas del nopal forrajero

Ventajas: A continuación Hoffman y Darrow (1964) enlistan las siguientes ventajas.

- El nopal proporciona agua e hidratos de carbono en las épocas de intensa sequía.
- Un animal puede sobrevivir largo tiempo sin otro alimento ni agua que la que proporciona el nopal.
- El desembolso por heno es menor durante el invierno en ranchos sobrepastoreados.
- El costo por transportar heno se reduce si el ganado utiliza el nopal chamuscado en el campo.
- El nopal ofrece protección a zacates deseables que pueden así sobrevivir y producir semillas en agostaderos de la condición sobrepastoreada.
- La fauna silvestre resulta beneficiada, pues pequeños animales y pájaros encuentran protección.
- El nopal puede prevenir la erosión del suelo en pastizales de condición pobre.

Por otra parte Reyna (1943), Revuelta (1963), Lozano (1958) enlistan las siguientes ventajas:

- La semilla del fruto del nopal (tuna) es utilizada para la engorda de cerdos.
- Complementar el nopal en la dieta de ovinos, mejora el rendimiento de la lana de buena calidad.

- **Bovinos de trabajo (bueyes) 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 buen trabajo.**
- **Proporcionar nopal en la dieta a ganado lechero mantiene la producción a la vez que incrementa la calidad de ésta y reduce los costos en alimentación.**
- **Resulta más barato producir leche (Monterrey, N.L.) con nopal como forraje que con alfalfa (posiblemente para vacas de alta producción si sea económico alimentar con alfalfa).**

Desventajas: a continuación Hoffman y Darrow (1964) enlistan las siguientes desventajas:

- **Para llenar los requerimientos del animal 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 nopal con alimentos proteicos, heno y zacates 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 forrajes 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.**

2.6. Zonas nopaleras del país

Marroquín, 1964; modificado por López y Elizondo (1990) Los nopales se encuentran ampliamente distribuidos, por su abundancia, por sus características fisiológicas y por diferentes tipos de suelo, se pueden reconocer cuatro grandes zonas nopaleras:

A) **La Zona Centro-Sur**, que comprende los Estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca, caracterizados por nopales de porte alto y productores de verdura y fruta, forraje en segundo término, actualmente las especies más exploradas son *Opuntia ficus-indica* (Tuna de Castilla) *Opuntia megacantha* (Tuna amarilla) *Opuntia amyclaea* (Alfajayuca) y sus múltiples variedades.

B) **La Zona del Altiplano**, que corresponde a los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí, y en menor proporción, Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco. Durango, presentando plantas de porte arbóreo con la *Opuntia streprachantha* (Nopal cardón) y la *Opuntia leucotricha* (Nopal duraznillo), así como especies de porte arbustivo como la *Opuntia rastrera* (Nopal rastrero), siendo la *Opuntia robusta* (Nopal tapón), *Opuntia cantabrigiensis* (Nopal cuijo), y en menor densidad las rastreras como la *Opuntia rastrera* (Nopal rastrero), siendo la *Opuntia streptachantha* la especie silvestre de mayor importancia económica para esta región.

C) **En la Zona del Norte**, (Desierto chihuahuense), comprende la región más extensa

donde se desarrolla en forma natural el nopal forrajero, de porte arbustivo y rastroso; y en áreas muy protegidas (pequeños huertos, corrales, cercos, etc.) formando microclimas, se encuentran plantas de porte arbustivo arbóreo como la *Opuntia streptachantha*, *Opuntia robusta*, *Opuntia ficus indica* y *Opuntia amyclaea* las cuales producen frutos de mala calidad comercial cuando hay fuertes heladas. El tamaño de las plantas en estas áreas, son de porte arbustivo bajo, como la *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia phaeacantha* y sus variedades, así como *Opuntia lindheimeri* aunque en menor proporción.

D) **Zona de la Planicie Costera del Golfo**, comprende el Norte de México, el Noreste del Estado de Coahuila, parte de Nuevo León y Tamaulipas. Son especies de porte arbustivas

2.7. Condiciones climáticas

A) **Precipitación:** El nopal prospera bien en lugares con una precipitación media anual entre los 116-1805 mm. De acuerdo con Rojas (1961). Por otra parte, Ramírez (1972) reporta un buen desarrollo de varias especies de nopal, con precipitación media anual de 280-560 mm. En la mesa del Norte y en Oaxaca y Puebla, también en la región semidesértica, con 340-680 mm. anuales.

B) **Humedad:** El nopal crece en la mayor parte de los terrenos, con tal de que contenga humedad aunque sea profunda. La humedad relativa es el factor más importante que afecta al nopal, si esta humedad aumenta, la planta se encuentra en las condiciones menos

propicias para su desarrollo y fructificación; cuando es demasiado baja, influye desfavorablemente al deshidratar los tejidos de las plantas (Inst. de Inv. de Zonas Desérticas. 1971).

C) Temperatura: En Saltillo Coah., Martínez (1968) reporta que se evaluaron 15 especies de nopal en 1961, de las cuales 45 plantas soportaron temperaturas hasta de 16°C bajo cero y de ellas se continuaron propagando 31 que conservan las mismas características. Narro (1970), reporta que la temperatura media para el cultivo del nopal es de 18-26°C, con una temperatura mínima de 6°C, sin embargo de la Rosa y Santamaría (1998), mencionan una temperatura media anual de 15 a 16 grados centígrados, temperatura máxima de 36 grados centígrados, temperatura mínima de 6 grados centígrados y una precipitación media anual de 116 a 1800 mm; Por su parte Vázquez (1997) reporta en cultivares de tipo forrajero temperaturas de -6 y 7 grados centígrados; reportando, como los cultivares más sobresalientes al liso forrajero y al pabellón sin sufrir daño alguno.

D) Latitud: De acuerdo con Lozano (1958), esto no deberá exceder de los 40°C de latitud Norte.

E) Altitud: El nopal prospera mejor en alturas de 800-2,500 msnm según Rojas (1961) y Narro (1970), pero se le puede encontrar hacia abajo y hacia arriba de estas alturas, el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (1971) menciona que las mejores alturas para establecer huertos comerciales en México van desde los 1,000-2,500 msnm.

F) Vientos: Debido a la debilidad del sistema radicular de la planta, Borrego y Burgos (1986), especifican que le afectan mucho los vientos intensos y fuertes, esto debido a la disposición y forma de las pencas, ya que le permiten recibir en forma directa la fuerza del viento,

Se ha determinado que el tipo de clima Bw (seco desértico) se asocia a producciones altas y que el tipo de clima Bs. (Seco estepario) a producciones medias y altas (Torres, 1979); Desierto y Ciencia (1983).

2.8. Condiciones edáficas

En forma general podemos encontrar nopales en la mayoría de los suelos y se ha demostrado que los mejores rendimientos de estas plantas son en suelos ígneos y calcáreos, dependiendo de las especies, pero con textura arenosa de profundidad media y de preferencia poco alcalinos, pero nunca ácidos.

Por su parte Brom (1976), señala que los suelos adecuados para el desarrollo del nopal, son aquellos que registran características de tipo arenoso-calcareo, poco profundo y con un pH que va desde 6 hasta 8.5 ligeramente ácido o alcalino respectivamente.

2.9. Características morfológicas de nopal de Castilla (*Opuntia ficus indica*)

Según Bravo, (1978), las características de esta especie son las siguientes:

Arborescentes de 3 a 5 m de alto o más. Tronco leñoso, bien definidos de 60 cm a 1.50 m de alto y de 20 a 30 cm de diámetro. Artículos oblongos hasta largamente obovados de 30 a 60 cm de largo y 20 a 40 cm de ancho y 1.9 a 2.8 cm de grueso, color verde opaco; integran ramas de varios artículos que forman una copa muy ramosa. Areolas distantes separadas entre sí como 2 a 5 cm pequeñas, angostamente elípticas de 2 a 4.5 mm de largo, 3 mm de ancho, espinas casi siempre ausentes; cuando existen son escasas y pequeñas; gloquídias más o menos numerosas, amarillas, caducas. Flores de 7 a 10 cm de diámetro y como de 6 a 8 cm de largo; segmentos exteriores del perianto ovados hasta ampliamente cuneados, obovados, agudos hasta truncados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos con la porción media rojiza o verdosa; segmentos interiores del perianto angostamente obovados hasta angostamente cuneados, hasta redondeados enteros, mucronados o denticulados, amarillos hasta anaranjados; pericarpio con algunas espinas pequeñas caducas. Fruto oval, de 5 a 10 cm de largo y 4 a 8 cm de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, con abundante pulpa carnosa algo umbilicado (Ver figura 1).

2.10. Eficiencia de la planta de nopal

Las cactáceas pertenecen al ciclo C3, pero con metabolismo ácido crasulaceo, estas plantas abren sus estomas en la noche cuando las condiciones son menos propicias para la transpiración y absorben CO₂ del aire, convirtiéndolo en ácidos orgánicos, del grupo carboxílico, en especial en los ácidos málico e isocítrico. Durante el día las estomas se cierran y son descompuestos los ácidos orgánicos para liberar CO₂ que las células de inmediato utilizan para la fotosíntesis. Como resultado de este comportamiento la transpiración de estas plantas es mayor en la noche que en el día y en general es mayor que en otras plantas. Esta condición permite que efectúen fotosíntesis conservando agua en sus tejidos y tallos que almacenan cuando esta disponible (Ranson y Thomas 1960).

2.11. Descripción del fruto

En las especies de *Opuntia* el pericarpio puede ser carnoso como el de las “tunas” y xoconoxtle, o seco como el de algunas especies de cylindropuntias; su color varía desde el verde, amarillo o anaranjado, hasta el rojo o púrpura, conservando las areolas, algunas espinas y abundantes gloquídias. La pulpa en numerosas especies está integrada por los funículos que, cuando se llenan de azúcar es comestible como en las “tunas y pitahayas”, el pericarpio carnoso de otras especies es también comestible (xoconoxtle). El fruto es una baya, jugosa, espinosa o desnuda, globosa, ovoide hasta elíptica, a menudo comestible. Semillas provistas de un arilo grueso, duro, blanco, que rodea la semilla; embrión curvo,

cotiledones grandes con respecto a los otros géneros Bravo (1978).

Villalpando, (1984) señala que el fruto es una baya carnosa, con abundantes ahuates, rica en azúcares, agua, pectina y otras sustancias, presenta también un gran número de semillas, siendo de color variable según su especie (Villarreal, 1959) afirma que el fruto es una baya globosa, de forma cilíndrica, oval, circular aplanada, de color verde cuando tierna y amarillenta hasta roja cuando madura, según la variedad, Termina en una depresión en el ápice en donde estuvo la flor. En el fruto aparecen en su superficie areolas, donde nacen espinas. En el se encuentran semillas en número variable, de forma arriñonada y de color blanquecino al negro, en distintos tonos y con un alto contenido de aceite.

Villarreal (1959) asegura que la reproducción por semilla tiene mucho valor en la producción de nuevas variedades y en la producción de individuos más vigorosos con tendencias a producir más frutos y de mejor calidad, especialmente y para el propósito forrajero de mucha semilla y alto de aceite, solamente que se necesitan más años para que se inicie la producción.

Villalpando, (1984), dicen que cuando la tuna madura en seco, crece menos y la maduración es más rápida, resiste menos al transporte, almacenamiento y como consecuencia hay un gran desperdicio bajando el rendimiento.

El fruto del nopal, la “tuna”, está compuesto de cáscara (pericarpio), pulpa

(mesocarpio) y semilla (Ver figura 1). Dependiendo de la especie de la tuna, la relación de sus tres componentes varía, pero en forma general indica que la cáscara representa de 40 a 50% del fruto, la pulpa también del 40 al 50% y la semilla del 5 al 10% (Villarreal, 1964; Paredes, 1967; citados por la Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1981) .

Por su parte la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agrícola y Ganadero del Estado de México, (CODAGEM, 1981) afirma que la cáscara de la tuna representa el 35% del peso total del fruto, con un 83% de humedad y contenido proteico de 4.3%

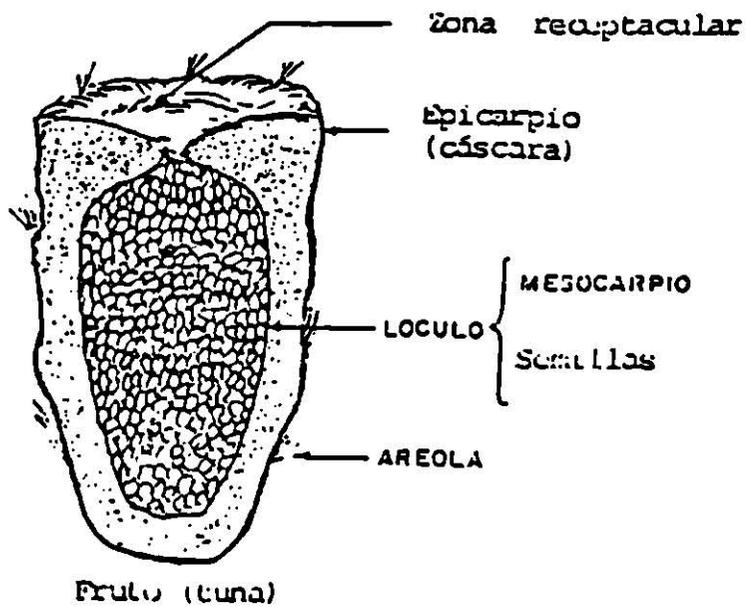


Figura 1.-Esquema diagramatico de las estructuras componentes del fruto del nopal
FUENTE: SALDAÑA Y ONTIVEROS

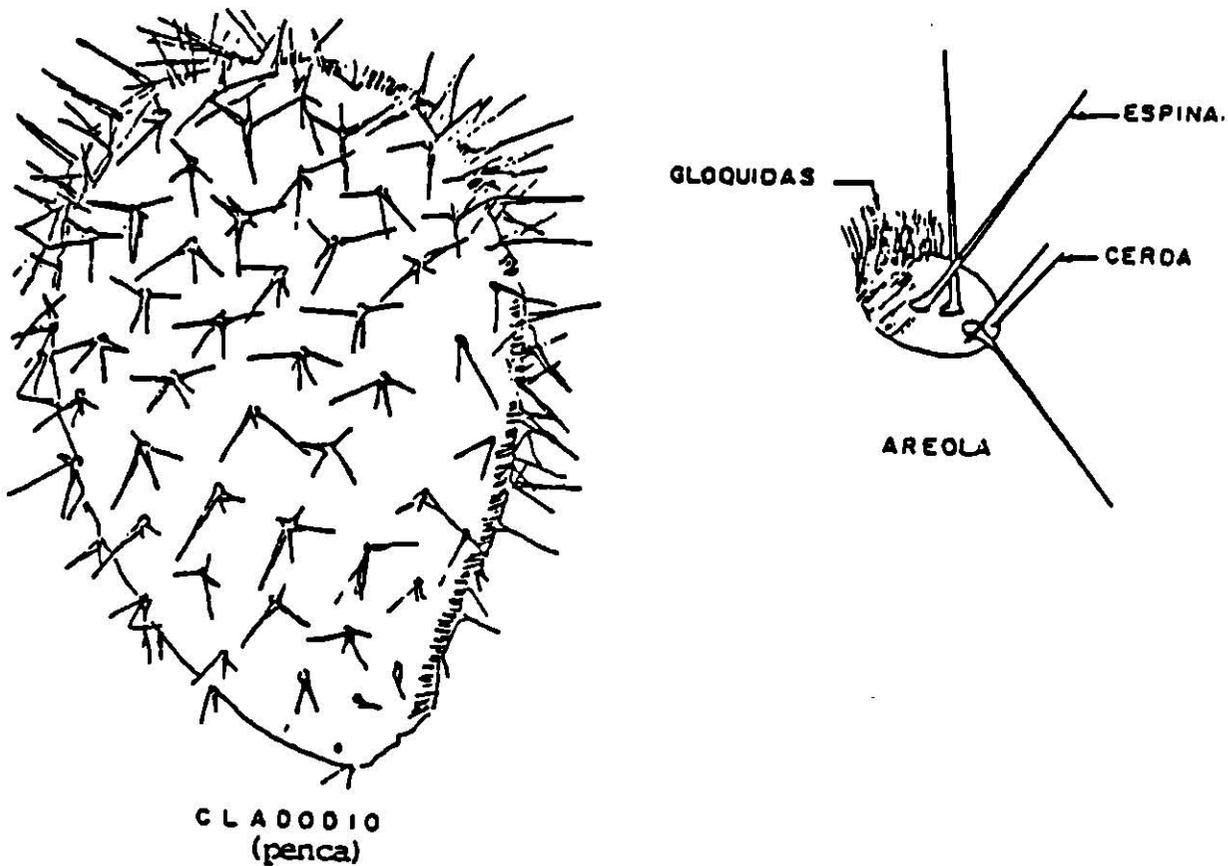


Figura 2.-Estructura morfológica del cladodio
FUENTE: SALDAÑA Y ONTIVEROS

2.11.1. Componentes químicos del fruto

Las tunas poseen un 85% de humedad, son ricas en carbohidratos y su contenido vitamínico es fácilmente asimilable, ya que se consumen frescas. Por su parte, las semillas tienen alto contenido de grasas y proteínas, pero éstas desgraciadamente solo son asimilables cuando se trituran, como sucede en algunos casos para alimentar el ganado porcino. El resto de los animales y el hombre mismo no mastican la semilla.

2.11.1.1. 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, alcanzan valores mayores al 90% en tallos, pencas y frutos; es el compuesto que proporciona a los nopales y otras plantas el aspecto de succulencia. El porcentaje de ésta es diferente según las funciones fisiológicas y edad de los tejidos, (Ontiveros y Saldaña 1986).

2.11.1.2. Minerales:

La cantidad y calidad de minerales que se localizan formando parte de los órganos y tejidos del nopal son muy variables, no solo en diferentes especies, sino también dentro de una misma, dicha heterogeneidad se basa en las diferencias determinadas genéticamente por sus necesidades, variación climática y composición química del suelo.

2.11.1.3. Carbohidratos:

Son los componentes más abundantes de las sustancias orgánicas que representa la energía capturada de la luz solar por el proceso fotosintético y base fundamental, compuestos orgánicos que constituyen la planta, (Ontiveros y Saldaña 1986).

2.11.1.4. Componentes nitrogenados

La importancia de los componentes nitrogenados se debe a su intervención en muchas, si no en todas las reacciones bioquímicas que integran la vida; estos elementos se encuentran en compuestos tan esenciales como proteínas, ácidos nucleicos, algunos de los reguladores del crecimiento de las plantas y en muchas de las vitaminas, (Ontiveros y Saldaña 1986).

2.11.1.5. Vitaminas

Son necesarias para el adecuado funcionamiento y crecimiento de los organismos y considerando que los frutos del nopal forman parte de la dieta alimenticia del pueblo mexicano es importante conocer la concentración vitamínica de estos (Marroquín *et. al.*, 1964).

2.11.2. Características deseables del fruto

Las características deseables del fruto son: cáscara delgada, poco número de semillas normales, buena concentración de azúcares, pocas espinas, buen tamaño y consistencia, etc. Por ejemplo, la variedad de San Martín de las Pirámides. Blanca de Alfajayuca, en sus dos tipos de tuna: redonda y alargada, cuentan con una alta aceptación de los mercados de la ciudad de México y del Centro del país, en atención a su muy agradable sabor, cáscara delgada, soporta el transporte a largas distancias durando de 5 a 8 días sin descomponerse, tiene poca semilla y sus espinas se caen con facilidad. Por tales características, los dos tipos de esa variedad se cotizan a los mejores precios en los mercados (CODAGEM, 1981), por su parte, Villalpando *et. al.* , (1984), afirman que las tunas de embarque son las siguientes: Amarillas, Alfajayuca, blanca regional, naranjona, cascarona, cristalina italiana, charola, mansa y sangre de toro, para el consumo fresco: Cardona, silvestre, jarrilla, blanca burrona, blanca calabaza, hawaiana, vendefia, chapeada, colorada y apastillada, para los mercados de Monterrey, Nuevo Laredo, Torreón, Matamoros, Guadalajara, Reynosa, Tampico, etc., la mejor tuna es la amarilla.

2.11.3. Utilización del fruto

Para el aprovechamiento del fruto debe pensarse en la finalidad perseguida, si se obtendrá para uso industrial, haciendo queso de tuna, jalea, miel de tuna, buscando para este caso variedades que sus frutos contengan suficientes azúcares, coloides y pectinas, con bajo

contenido de agua; en caso de que sean ricos en agua, azúcares, y de buen sabor, como la tuna amarilla y la blanca Alfajayuca, tomar en cuenta también si la producción será destinada para embarque o consumo local, escogiendo variedades de cáscara gruesa y maciza para que resistan al transporte (Villalpando, 1984); la cubierta del fruto que representa aproximadamente el 52% del peso del fruto total, se puede utilizar como forraje para el ganado mayor como material de lastre Lozano, (1958), Piña, (1979), citados por Gastón, (1981). Otra de las partes importantes del fruto es la semilla, ya que una vez molida y mezclada con la cáscara constituye un forraje rico en grasas y carbohidratos. La semilla, por su alto contenido de aceite de alta calidad puede ser otra alternativa González, (1974), Zertuche, (1966), Villarreal, (1964), citadas por Gastón, (1981).

Colín (1976), citado por Bravo (1979), elabora técnicas para el aprovechamiento integral de la tuna, de ésta se obtuvieron a partir de la cáscara y pulpa. jugos y jaleas enlatadas y triturando la semilla se obtuvo aceite de una calidad semejante a la del cártamo, todo para consumo humano; así como una pasta cuyo contenido protéico la hace muy apropiada para forraje. Igualmente se obtuvieron bebidas alcohólicas, tanto fermentadas como destiladas, así como dulces escarchados, a partir de pencas y tunas, de la tuna cardona y de otras tunas de color rojo, se extraen colorantes, que por ser naturales son aptos para numerosas industrias, principalmente alimenticias y cosmetológicas (Bravo, 1979).

Marroquín S.J., L: Borja, R. Velázquez C. Y J.A. de la Cruz C. (1964), citados por Bravo (1979), indican que la más importante por su abundancia y utilidad es el nopal

cardón, cuya tuna en la porción Sureste del estado de Zacatecas y noroeste de San Luis Potosí, es motivo de comercio, tanto para consumirse como tuna fresca, como para la elaboración de queso de tuna, melcocha, colonche (es una bebida fermentada) y como frutas secas llamadas frutas apasadas.

2.12. Valor nutritivo del nopal

Aunque el nopal no constituye en sí un alimento rico en proteínas para el ganado, sí representa un alimento que puede mantenerlo vivo durante las épocas de sequía. Sin embargo, se le ha considerado como un forraje pobre, por su bajo contenido de nutrientes. (Ver Cuadro 1 y 2.).

Barrientos (1969), dice que las propiedades nutritivas del nopal son muy variables, dependiendo del género, especie y variedad, así como de la precipitación, edad y posición de los artículos en la planta.

2.12.1. Fibra ácido detergente (ADF)

Determina la fracción lignocelulósica de los alimentos. En esta fracción aparecen la celulosa, lignina cutina y el sílice. La diferencia entre las paredes celulares (NDF) y la fibra ácido detergente, da una idea de la hemicelulosa. El método de la fibra ácido detergente también se emplea como paso preliminar en la determinación de lignina, el (ADF) es el

componente de los alimentos que mas limita la digestibilidad.(Ver Cuadro 6 y 13A)

2.12.2. Fibra neutro detergente (NDF)

El procedimiento detergente neutro, separa los carbohidratos de los alimentos basándose en su disposición nutricional. Esencialmente, divide los componentes de los alimentos en dos fracciones: (1) Contenido celular de las plantas, una fracción altamente digestible, la cual consiste de azúcares, almidones, proteína soluble, pectina y lípidos; y (2) Las paredes celulares de las plantas, una fracción de digestibilidad variable que incluye la fibra insoluble de los alimentos que incluye la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílice como los componentes mayores. La fracción de la fibra considerada como NDF mide los constituyentes de las paredes celulares y es el componente de los alimentos que más limita el consumo. (Van Soest, 1982). (Ver Cuadro 6 y 12A).

Cuadro 1.- Resultados del análisis bromatológico en porcentaje de *Opuntia ficus indica* en base a materia seca.

| VARIEDAD | MATERIA SECA | MATERIA ORGANICA | PROTEIA CRUDA | GRASA CRUDA | FIBRA | CENIZA | E.L.N. |
|--|---------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------|---------------|---------------|
| O.ficus-indica var. Amarillo rojo | 11.29 | 83.93 | 3.80 | 1.38 | 7.62 | 13.07 | 74.13 |
| O.ficus indica var Oaxaca | 10.86 | 84.60 | 3.11 | 1.24 | 8.00 | 15.40 | 72.25 |
| O.ficus-indica var. No. 1 | 8.07 | 77.96 | 5.24 | 1.52 | 7.82 | 22.04 | 63.28 |
| O.ficus-indica var. Forrajera | 7.96 | 80.08 | 4.04 | 1.43 | 8.94 | 19.92 | 65.67 |
| O.ficus-indica var. Tapona | 8.00 | 91.12 | 6.88 | 1.00 | ----- | 8.88 | 81.25 |

Fuente: Flores, Valdéz C. A. 1977.

Cuadro 2.- Análisis bromatológico de diferentes especies de nopal (Porcentajes en base en materia seca).

| Genotipo | Materia seca | Materia orgánica | Proteína cruda | Grasa cruda | Fibra | Ceniza | Extracto libre de nitrógeno | Griffiths y Hare |
|---|--------------|------------------|----------------|-------------|-------|--------|-----------------------------|----------------------|
| <i>Napalea ssp</i> | 10.69 | 73.79 | 8.92 | 1.50 | 17.21 | 26.21 | 50.70 | 1906 |
| <i>O. chrysacantha</i> | 15.52 | 73.45 | 3.54 | 1.10 | 4.32 | 26.55 | 64.43 | Palomo 1963 |
| <i>O. tenuispina</i> | 12.45 | 70.20 | 4.42 | 1.04 | 5.14 | 29.80 | 59.52 | Palomo 1963 |
| <i>O. megacantha</i> | 10.12 | 74.51 | 7.71 | 1.38 | 3.75 | 25.49 | 68.87 | Palomo 1963 |
| <i>O. rastrera</i> | 14.41 | 59.89 | 2.78 | 0.76 | 6.18 | 40.11 | 43.23 | Palomo 1963 |
| <i>O. azurea</i> | 12.55 | 68.88 | 4.54 | 1.35 | 3.98 | 30.12 | 59.84 | Palomo 1963 |
| <i>O. cantabrigensis</i> | 11.89 | 68.46 | 4.79 | 1.09 | 3.70 | 31.54 | 58.87 | Palomo 1963 |
| <i>O. engelmannii</i> | 15.07 | 64.41 | 3.32 | 1.19 | 3.58 | 31.59 | 60.32 | Palomo 1963 |
| <i>O. lucens</i> | 17.45 | 69.59 | 3.67 | 0.57 | 2.58 | 30.43 | 62.75 | Palomo 1963 |
| <i>O. lindehimeri</i> | 11.57 | 74.50 | 4.15 | 1.03 | 3.02 | 25.50 | 66.25 | Palomo 1963 |
| <i>O. robusta</i> | 10.38 | 81.41 | 4.43 | 1.73 | 17.63 | 18.59 | 57.61 | Griffiths y Hare |
| <i>O. streptacantha</i> | 16.10 | 79.38 | 3.17 | 1.99 | 18.88 | 20.62 | 55.34 | " 1906 |
| <i>O. leucoiricha</i> | 4.50 | 74.00 | 7.56 | 2.66 | 14.00 | 26.00 | 49.78 | " " |
| <i>O. imbricata</i> | 17.71 | 84.25 | 7.11 | 1.75 | 11.51 | 15.75 | 63.86 | " " |
| <i>O. cacanopo</i> | 16.95 | 72.51 | 5.19 | 2.06 | 11.20 | 27.49 | 54.04 | " " |
| <i>O. stenopetala</i> | 13.24 | 77.87 | 8.84 | 1.74 | 9.14 | 22.13 | 58.16 | " " |
| <i>O. duranguensis</i> | 10.34 | 82.94 | 4.51 | 1.29 | 8.23 | 17.06 | 68.91 | Bahuer y Flores 1969 |
| <i>O. ficus-indica</i> <i>var amarillo</i> <i>oro</i> | 11.29 | 86.93* | 3.80 | 1.38 | 7.62 | 13.07 | 74.13 | " " |

Fuente: Flores Valdéz, C.A. (1977).

2.13. Consumo y digestibilidad

Digestibilidad es un concepto que indica la cantidad o porcentaje que de un alimento aprovecha un animal. Digestibilidad aparente es la forma más común de medir la digestibilidad y consiste en restarle la cantidad de nutrientes que aparecen en las heces a la cantidad de nutrientes ingeridos (De Alba, 1971).

Conocer la digestibilidad de un forraje es importante, porque no es proporcional al contenido de nutrientes y, en consecuencia, no se puede predecir con el análisis químico. La cantidad de los nutrimentos digestibles del nopal es variable con relación a la época del año. Esta relación es indirecta pues los factores ambientales (precipitación, temperatura, duración del día, etc.) determinan el diferente crecimiento y desarrollo de las plantas a través del año; esto es lo que realmente afecta el valor nutritivo.

El nopal es un forraje con un gran contenido de agua, pobre en materia seca como se puede apreciar en el Cuadro 1 en donde el porcentaje mas alto para esta variable es de 11.29 y la mas baja de 7.96, también se le considera un forraje tosco; debido al nivel de energía metabolizable por cada Kilogramo de materia seca. A pesar de esto, resulta un alimento de volumen y de emergencia durante las épocas críticas, por su alto contenido de agua. Por consiguiente, se recomienda que el nopal vaya suplementado con un concentrado ya que se ha determinado que la mezcla con otros alimentos incrementan su porcentaje de digestibilidad. (Ver Cuadro 3). Respecto a la digestibilidad, se reportan: 64.7% para nopal

fresco; 62.1% nopal marchito y 58.5% nopal deshidratado. Flores (1977).

En el Cuadro 2 se hace una comparación de algunas especies de *Opuntia* contra *ficus indica* en donde se resalta que en la mayoría de los otros géneros el porcentaje de materia seca es mayor que para *ficus indica* esto quiere decir que contienen menos agua, por lo tanto tienen más materia seca y los valores de proteína cruda, grasa cruda, fibra, y cenizas serán más altos que en *ficus indica*, por lo tanto se les consideran un poco menos toscos y por consiguiente mejora la energía metabolizable por kilogramo de materia seca.

Revuelta (1963) encontró que existe variación en la digestibilidad de los nutrientes según la edad de la penca, ya que la digestibilidad de la proteína y del extracto libre de nitrógeno disminuyen conforme avanza la edad, pero la digestibilidad de la grasa y de la fibra aumentan. Sin embargo, si se mezcla el nopal con otros productos, su digestibilidad puede aumentar; así, el coeficiente de digestibilidad, cuando el nopal se combina con un 15%, 3.0% o 0.5% de sorgo, aumenta en forma proporcional al aumento del sorgo.

En el Cuadro 3 se hace una comparación de digestibilidad entre ovinos y bovinos, observándose la gran diferencia de aprovechamiento en cuanto a la variable de grasa cruda, en donde el ganado ovino supera por más del doble al ganado bovino, esto no sucede con la fibra ya que el ganado bovino puede digerir más la fibra que los ovinos por su aparato digestivo de cuatro estómagos, cosa que en los ovinos no sucede así ya que solo tienen uno y sus necesidades nutricionales son diferentes.

**Cuadro 3.- Porcentaje de digestibilidad de nopal *Opuntia ficus indica*
en bovinos y ovinos**

| ESPECIE | MATERIA ORGANICA | PROTEINA CRUDA | GRASA CRUDA | FIBRA | E.L.N. |
|----------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|--------------|---------------|
| Bovino | 71.0 | 55.00 | 70.00 | 46.00 | 78.00 |
| Ovino | 68.6 | 68.00 | 31.00 | 53.20 | 73.00 |

Fuente: Flores Valdéz, C.A. (1977).

2.14. Formas de Reproducción

2.14.1. Reproducción sexual o por semilla

Las plantas obtenidas por reproducción sexual tardan más tiempo en iniciar la producción de frutos y además resultan heterogéneas en muchas de sus características, por proceder de polinización cruzada, lo cual tiene importancia para trabajos de mejoramiento genético.

2.14.2. Reproducción asexual o vegetativa

Esta forma resulta más ventajosa desde el punto de vista comercial, debido a que se conservan las características fenológicas de la planta madre. Las plantas obtenidas por este método producen más rápidamente. Esta forma de reproducción puede realizarse mediante dos sistemas, uno que consiste en sembrar pencas enteras y/o sembrar fracciones mínimas.

2.15. Selección de pencas para hacer una buena plantación

Villalpando, (1984) recomiendan:

- Que la penca sea nueva, nacida del año anterior.
- Que sea la variedad de su preferencia.
- El corte de la penca se hará en el punto de unión penca con penca.
- El corte se hace preferentemente en la parte central de arriba de la planta y no de los lados.
- Que sea una planta sana y vigorosa.
- Una vez cortada la penca, debe colocarse en un lugar sombreado o debe cubrirse con paja para que la penca no se deshidrate.
- Esperar un tiempo máximo de 10-15 días una vez cortada la penca y puesta a secar la herida del corte, hasta que cicatrice o bien tratarlos con pasta bordelesa al 2% (2,2,100, sulfato de cobre tribásico, cal y agua) y se deja a la sombra por 20 días.
- No plantar una penca si no ha cicatrizado completamente la herida que se le hizo al cortar.

2.15.1. Época de plantación

La mejor época de plantación comprende los meses de febrero, marzo, abril y mayo, ya que después de iniciadas las lluvias pueden haber problemas de pudrición, debido al

exceso de humedad en el suelo, sobre todo si no existe un buen manejo del material vegetativo. Algunos autores recomiendan plantar durante los meses de agosto y septiembre (sequía intraestival), pero se corre el riesgo de que la planta sufra por sequía los primeros meses del siguiente año y no emita brotes sino que solo desarrolle su sistema radicular

2.15.2. Plantación

Una vez determinando el lugar donde se va a realizar la plantación, se cortan las pencas para que cicatrice la herida, se deja a la intemperie (Según Vázquez A.,R.E. 1998). La orientación Norte-Sur de los cladodios (con sus caras hacia el Este-Oeste), es ventajosa respecto a la orientación Este-Oeste, ya que son más eficientes en la captación de luz. Producen mayor número de frutos y con mayor contenido de sólidos solubles, tienen mayor producción de materia seca y puestos a enraizar emiten mayor número de raíces (CONAZA, 1981).

Gastón (1981), afirman que el crecimiento del fruto debe lograrse en nopaleras ordenadas de tal manera que permitan optimizar la productividad en lo que respecta a cantidad producida, características del fruto y distribución espacial en la nopalera. La descarga o cosecha del fruto es un proceso lento, que requiere gran inversión de mano de obra, la cual a menudo, es difícil de conseguir. Es por ello, que usualmente se observa un alto porcentaje de la producción que permanece en la nopalera sin ser cosechada.

Se debe acondicionar el suelo procurando adaptarlo en la mejor forma posible con terrazas, bordos o curvas a nivel según la pendiente. Los terrenos con una pendiente de 0 a 5% son los terrenos llamados planos, los que tienen una pendiente de 6 a 15% son los terrenos llamados con pendiente ligera y por último están los que tienen 16% o más, a éstos se les llama delgados o con pendiente fuerte.

Hacer líneas de 5 m de distancia entre surcos y 3 m entre plantas, con el objeto de intervenir en forma mecánica en todos los aspectos del cultivo y darle la asistencia que sea necesaria. La distancia de plantación es variable según la especie de nopal que se desee. Depende del tamaño y hábito de crecimiento de las plantas, así como de la riqueza del suelo, pues entre menos elementos nutritivos contenga éste, la distancia debe ser mayor.

2.16. Densidad de población

Por lo que respecta a la densidad de población en nopal forrajero, para su mejor aprovechamiento bajo cultivo existen diversos criterios. Aquí se mencionarán algunos de los experimentos que se han realizado con la finalidad de obtener un mayor rendimiento, dependiendo de la densidad.

Barrientos P., F. (1965). Reporta que bajo densidades de 40,000 plantas por hectárea, realizando dos cortes por año, se obtuvieron a partir del tercer semestre de establecida la plantación, alrededor de 400 toneladas por hectárea por año. (Ver Cuadro 4).

Rojas (1961). Reporta que poblando una densidad de 2,500 plantas por hectárea, obtuvo rendimientos de 113, 132 y 165 toneladas de forraje verde al 5,6 y 7 año respectivamente.

En un estudio sobre densidad de población en nopal para forraje, Bucio (1963), citado por Barrientos, (1964). Encontró que en poblaciones de 866 a 1700 plantas por hectárea, al aumentar la densidad, aumenta el número de brotes por hectárea.

Actualmente se prueban altas densidades y se ha encontrado que con 20,000 plantas por hectárea, al año y medio de plantación, se producen en promedio 260 toneladas por hectárea con la variedad (CPE 3) de la especie *Opuntia ficus indica*.

En otro experimento sobre densidad de población con *Opuntia. ficus indica*, realizado sobre terrenos tepetatosos y de temporal, con pencas de 6 meses de edad (la plantación fue establecida en 1967 y se cosechó en 1969) y densidades de 5,000 a 8,000 plantas por hectárea, Barrientos obtuvo los resultados que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4.- Densidad de plantas por hectárea de nopal forrajero y su rendimiento.

| DISTANCIA ENTRE | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Surcos (M) | Plantas (M) | Densidad Plantas/Ha | No. de pencas/ha | Peso medio de penca (gr) | Ton/Ha |
| 2.0 | 1.0 | 5,000 | 43,500 | 630 | 27,405 |
| 2.0 | 0.5 | 10,000 | 65,500 | 554 | 36,180 |
| 2.0 | 0.25 | 20,000 | 104,330 | 510 | 53,865 |
| 1.0 | 1.0 | 10,000 | 79,625 | 511 | 40,690 |
| 1.0 | 0.5 | 20,000 | 115,500 | 424 | 49,005 |
| 1.0 | 0.25 | 40,000 | 167,000 | 350 | 58,000 |
| 0.5 | 1.00 | 20,000 | 131,000 | 454 | 59,505 |
| 0.5 | 0.5 | 40,000 | 181,000 | 345 | 62,725 |
| 0.5 | 0.25 | 80,000 | 245,250 | 264 | 64,790 |

Fuente: Barrientos (1964).

2.17. Aplicación de abono orgánico

Una vez enraizada la planta, generalmente en los primeros meses después de la plantación, se procede a aplicar de 8 a 10kg de abono orgánico por planta (estiércol semiseco de bovino, caprino o gallina, etc.), en un cajete de 80cm de diámetro, como mínimo, para incrementar la captación de agua y acelerar la descomposición del abono y así lograr un mejor aprovechamiento de estos recursos. Así mismo, se recomienda aplicar el

abono lo más desmenuzado posible, incorporándolo perfectamente al suelo, para optimizar su aprovechamiento. De igual manera, es recomendable evitar el contacto directo del estiércol con las raíces y partes bajas de la planta, ya que, de presentarse una sequía prolongada, puede causarles quemaduras. (Ver Cuadro 5). Vázquez (1997) reporta que con dosis de 600t/ha de estiércol vacuno se producen mayores pesos en los cladodios y los valores mas altos en cuanto al largo se refiere, el ancho y peso de cladodio no se modifican aun aplicando dosis inferiores a esta.

Cuadro 5.- Números de cladodios, frutos por planta y producción estimada durante 1988 y 1989, en función de los tratamientos de fertilización.

| Tratamiento | Número de cladodios por planta | | Número de frutos por planta | | Producción total (Ton/ha) | |
|-----------------------------|--------------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|-------|
| | 1988 | 1989 | 1988 | 1989 | 1988 | 1989 |
| Testigo | 33a | 28a | 193a | 111a | 12.9a | 7.4a |
| Estiércol bovino | 36a | 36a | 249a | 134a | 16.7a | 9.4a |
| Estiércol ovino | 45a | 43a | 393a | 210a | 26.1a | 14.1a |
| Gallinaza | 44a | 36a | 345a | 163a | 23.1a | 10.9a |
| Fertilizante mineral | 52a | 34a | 463a | 216a | 31.0a | 14.5a |

²Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey 5%)

2.18. Fertilización

Se recomienda fertilizar al segundo año de la plantación, una vez que el sistema radicular se encuentra desarrollado y cuando exista humedad. Igual que en el caso del abono orgánico, el fertilizante debe incorporarse en el suelo mediante un cajete, nunca debe aplicarse pegado a la planta.

Se ha observado que el cultivo del nopal responde a la aplicación de 200g de sulfato de amonio por planta ó 100 g de urea según de la Rosa y Santamaría (1998).

Cuadro 6.- Componentes celulares y su grado de disponibilidad en la alimentación de los animales.

| Componente celular | Grado de disponibilidad |
|---------------------------|--|
| NDF | |
| Hemicelulosa | Variable dependiendo de la lignificación |
| Celulosa | Variable dependiendo de la lignificación |
| Lignina | No disponible |
| ADF | |
| Celulosa | Variable dependiendo de la lignificación |
| Lignina | No disponible |

Fuente: Van Soest, P.J. (1982).

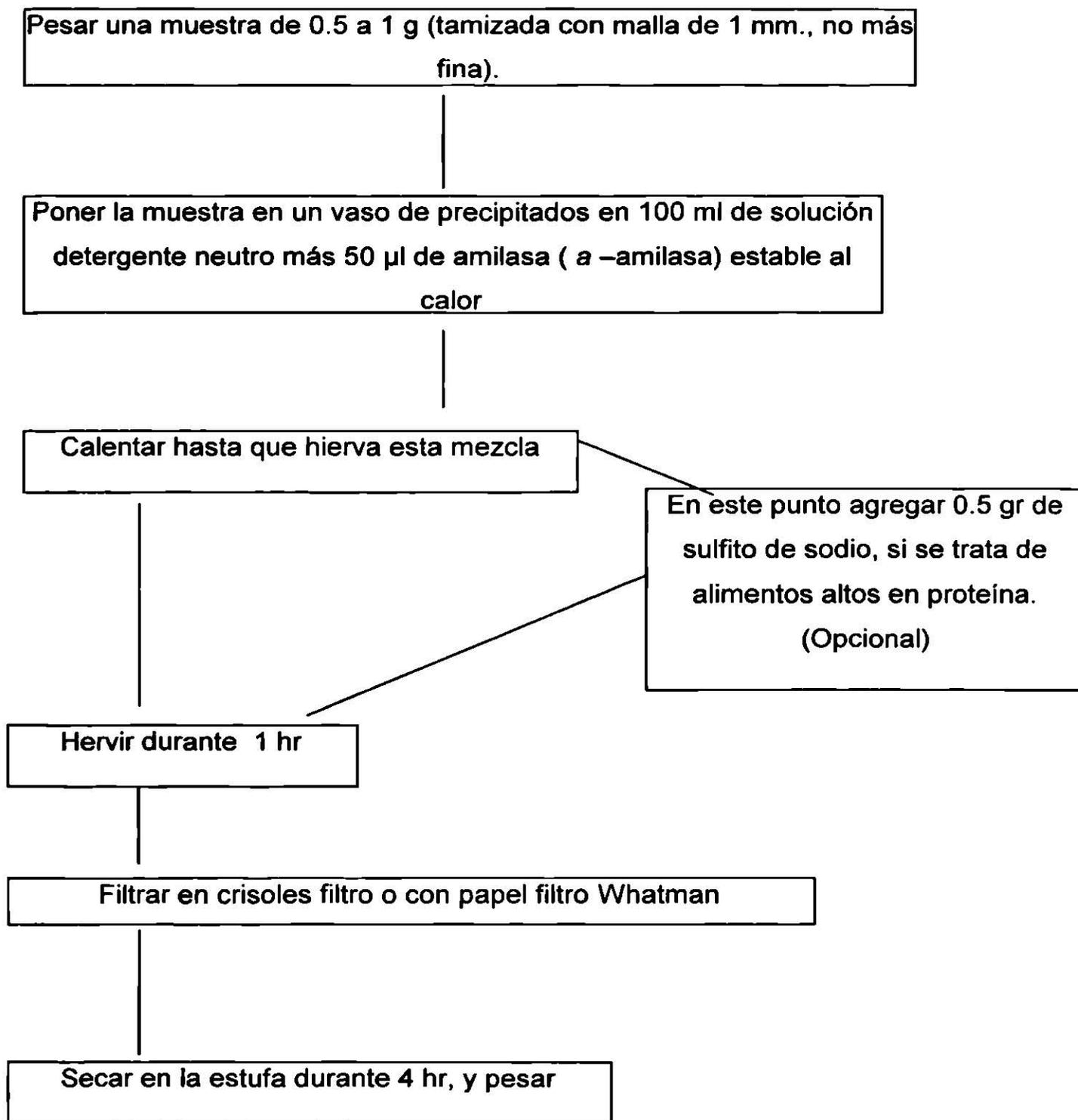


Figura 3.- Diagrama de flujo del procedimiento para la determinación de fibra detergente neutro. Fuente Van Soest.

2.19. Componentes de fibras

2.19.1. Celulosa:

Las células son la sustancia más abundante en el reino vegetal y es el mayor componente estructural de las paredes celulares de las plantas. Desde el punto de vista químico, es un polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces del tipo β -1,4. Como tal, sus 6 átomos de carbono están en la posición trans, lo que confiere a la celulosa una estructura plana y fibrilar. Hay que recordar que el almidón tiene el carbono número 6 en la posición cis, lo que le da la forma helicoidal. Debido a la celulosa, las unidades de glucosa existen en una configuración del tipo sillas y están unidas por eslabones de tipo β , tiene una gran estabilidad interna y más aún, las microfibrillas están sujetas firmemente una a la otra por medio de uniones de hidrógeno. Esta configuración hace que la celulosa sea esencialmente insoluble y extremadamente resistente a la degradación enzimática. Puede ser hidrolizada a glucosa por ácidos fuertes. Puede o no estar combinada con lignina. Si bien, ninguna de las enzimas de los mamíferos la desdobla, si puede serlo por hongos y bacterias. Si se agrega un grupo hidroximetil al carbono 6, se forma un compuesto más soluble e hidrolizable (carboximetil celulosa). Existen diferentes formas de celulosa, dependiendo de la especie de vegetal. El número de moléculas de glucosa polimerizadas puede variar de 900 a 2000. El algodón es una de las formas más puras, Van Soest (1982) (Ver Cuadro 6).

2.19.2. Hemicelulosa:

La hemicelulosa no es como su nombre lo sugiere, la mitad de la celulosa. Es una mezcla compleja y heterogénea de un gran número de diferentes cosas. Es el principal componente de las paredes celulares de las plantas. La molécula hemicelulosa predominante es el xiloglucano, que como su nombre lo indica, está formado de una cadena de unidades de D-glucosa con enlaces del tipo β -1,4 con ramificaciones terminales de unidades de xilosa con enlaces del tipo α -1,6. Esta molécula está unida en forma covalente a la fracción péctica de la pared celular y por uniones de hidrógeno a las microfibrillas de la celulosa, lo que aumenta significativamente la resistencia de las células vegetales. La hemicelulosa también contiene xilanos, *glucomananos* y galactoglucomananos, La hemicelulosa es menos resistente a la degradación química que la celulosa y se define como un carbohidrato soluble en álcalis diluidos. También puede ser hidrolizada por tratamientos de relativa baja acidez. Es la fracción de la pared celular más asociada a la lignina (Ver Cuadro 6).

2.19.3. Pectina:

La pectina se encuentra principalmente en los espacios que están entre las paredes celulares de la planta (laminilla media), aunque también se infiltra en la pared celular. Su estructura básica es un polímero de unidades de ácido D-galacturónico, unidas por los enlaces de tipo α -4 espaciadas con unidades de ramnosa en enlaces del tipo 1,2. Se puede

extraer con agua caliente o fría y se forma un gel, como le podría atestiguar un experto en jalea. Si bien las ligaduras son del tipo α , no existen enzimas de mamíferos capaces de hidrolizar las pectinas y su digestibilidad descansa por completo en la acción microbiana. A pesar de este hecho, es de una alta digestibilidad para la mayoría de las especies, incluyendo al hombre. Debido a su capacidad higroscópica (gel), con frecuencia se emplea para reducir la diarrea en niños pequeños y en becerros, Van Soest (1982)

2.19.4. Lignina:

La lignina es un compuesto no-carbohidrato, que da soporte estructural a las paredes celulares de las plantas y se trata en forma extensiva con los carbohidratos. Es una estructura compleja formada por ligaduras de carbono-a-carbono y de éter, resistente al ácido y al álcali. La lignina se encuentra en las plantas leñosas, tales como mazorcas, cáscaras y las porciones fibrosas de raíces, tallos y hojas. Las maderas duras contienen mas lignina que cualquier otra planta. Su contenido aumenta conforme la planta madura y sus ligaduras químicas, en especial con hemicelulosa y celulosa, reducen la digestibilidad de esta última. En el forraje de gramíneas, esta ligadura es un éster, mientras que en los forrajes de leguminosas es un éter, ninguno de ellos puede ser atacado por las enzimas de mamíferos o microbianas, elaboradas por organismos anaeróbicos. Los organismos aeróbicos y los hongos, pueden romper las ligaduras, lo que produce la putrefacción del forraje y la madera que observamos en la naturaleza. El tratamiento con álcali de los pastos o gramíneas con alto contenido de lignina, como las pajas, permite el desdoblamiento de la

ligadura de hemicelulosa-lignina, ello mejora la digestibilidad de la hemicelulosa pero no destruye la lignina (Ver Cuadro 6).

2.19.5. Mucílagos:

Los mucílagos se encuentran en semillas y cortezas y parecen actuar como un compuesto higroscópico que protege contra la deshidratación. Son muy variables en su composición. El mucílago de la semilla de alfalfa, por ejemplo, está formado predominantemente por un D-galacto-D manano, otros contienen D-gluco-D-manano y también L-arabino-D-xilano. Van Soest (1982).

2.20. Desarrollo de la pared celular de las plantas

Desde el punto de vista tecnológico, las paredes celulares de las plantas se desarrollan para proveerlas de una estructura suficientemente estable para obtener luz y nutrición y proteger sus partes reproductoras y semillas de una destrucción prematura. También le provee de una barrera contra la invasión de enfermedades e insectos, estas características aseguran la supervivencia y propagación de la planta, pero impiden su utilización por los animales que la consumen. Se puede decir pragmáticamente que es más benéfico, sin duda, que las células tengan paredes rígidas, a que éstas fueran más maleables. Van Soest (1982).

Las células vegetales en forma tradicional se han dividido en 3 componentes, la laminilla media, la pared primaria y la pared secundaria. La laminilla media es el espacio existente entre las paredes de dos células adjuntas. La pared primaria se forma en la planta en desarrollo, es la más dinámica de las estructuras. Es la pared exterior de la célula que le da forma y se alarga conforme la planta crece. La pared secundaria de la célula se forma dentro de la pared primaria, provee de rigidez a la célula y es sintetizada después de que se ha terminado la elongación celular. El lumen de la célula está ubicado centralmente, rodeado por la pared secundaria y contiene el protoplasma celular activo. En general, se cree que también existe en la pared celular, una proteína estructural con alto contenido del aminoácido hidroxiprolina. La diferenciación física entre las paredes celulares no es muy abrupta, es más bien una transición gradual entre una y la otra. La laminilla media está formada principalmente por pectina que también se infiltra a la pared primaria y está ligada a la celulosa y hemicelulosa; está compuesta por fibrillas celulósicas que ubican sin ningún orden, en cambio la pared secundaria está integrada por fibrillas de celulosa organizadas en capas que descansan en diversas direcciones. La hemicelulosa existe en mayor cantidad en la pared, pero infiltra a la primaria e incluso a la laminilla media. Cuando el crecimiento de la planta se completa, la lignina se deposita en la pared secundaria, combinándose con la hemicelulosa y celulosa para dar la rigidez final a la célula. Las células vegetales mueren cuando la lignificación se ha completado.

2.21. Determinación de carbohidratos para propósitos nutricionales

El análisis de los alimentos para determinar todos los carbohidratos, sería una labor tremenda, ya que algunos de estos procedimientos son difíciles y llevan mucho tiempo. No obstante, ha habido intentos para determinar los carbohidratos en grupos: Aquellos que se digieren bien y aquellos que son menos digestibles. Un método fue propuesto hace 100 años por Henneberg en Alemania y se conoce como el método de Weende, nombre de la estación experimental donde fue desarrollado. Este método separa los carbohidratos en dos grupos: Fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN). El primero fue determinado por la ebullición alternada de una muestra en ácido débil y después en una álcali. El residuo quedó libre de componentes solubles como grasas, proteína, azúcares, hemicelulosa y almidón y contenían la fracción de carbohidratos que representa la fibra cruda. El ELN se determina por diferencia, esto es lo que queda después de restar todos los valores determinados, por ejemplo Fibra cruda, proteína, extracto etéreo y materia mineral (ceniza). Este método ha sido de utilidad a los nutriólogos por más de un siglo, debido a que hace posible la separación de los alimentos en categorías amplias; por eje., los forrajes con un gran contenido de fibra cruda y los concentrados con una menor concentración de este elemento. Es probable que más que ningún otro análisis, éste estableció las bases para la comercialización de los alimentos para animales, ya que el productor podía estar seguro de que éstos contenían ingredientes de calidad y no proporcionaban cantidades indebidas de alimentos toscos, con gran contenido de fibras no digestibles, Van Soest (1982).

Sin embargo, ese sistema de análisis para la determinación de fibra cruda y de ELN tiene fallas muy serias. Debido a que ELN se determina por diferencia, acumula todos los errores de los otros análisis. Además el ELN no es el resultado de ninguna determinación en si, sino que su valor se refiere solo “a lo que quedó”. La fibra cruda es también un término descriptivo de poco valor, y se ha demostrado en muchos casos que la digestibilidad de ésta es mayor que la del ELN en el mismo alimento. En consecuencia, la fibra cruda no separa los carbohidratos en fracciones de mayor o menor digestibilidad.

Al reconocer este problema, Van Soest y sus asociados idearon un método rápido para dividir los carbohidratos de los alimentos en fracciones relacionadas con su disponibilidad nutricional. Por medio de este método se fraccionan los alimentos en componentes que son a) muy disponibles, b) disponibilidad incompleta, y c) frecuentemente no disponibles (Ver Cuadro 6). En el método se utilizan detergentes que combinan con la proteína para hacerla soluble y se utiliza también un agente quelante (EDTA) para remover los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes. Al hervir la muestra con un detergente neutro se solubiliza el contenido de la célula y la pectina, dejando un residuo que es la pared celular que contiene la celulosa, hemicelulosa y lignina (fibra detergente neutra, NDF). Por ebullición posterior con un detergente ácido, se hidroliza la hemicelulosa que se encuentra libre y aquella que está combinada con lignina, dejando la celulosa y la lignina como fibra detergente ácida (ADF). La oxidación de la lignina con KmnO_4 , deja sólo la celulosa y ceniza como residuo, las que al ser incineradas nos da el valor de la celulosa. Van Soest (1982).

2.22. Plagas del nopal

Todas las plantas cultivadas enfrentan problemas de tipo fitosanitario, causados por diferentes organismos, tales como insectos, ácaros, nemátodos, roedores, hongos, bacterias, virus, etc. El cultivo del nopal también es susceptible al ataque de diversos Fitoparasitos.

Los insecticidas son la primera línea de defensa contra plagas de insectos; pero se debe considerar que no están exentos de limitaciones, sobre todo por resistencia que los insectos pueden desarrollar a esos productos. De la Rosa y Santamaría (1998).

El término “resistencia” se aplica a especies de insectos que anteriormente fueron susceptibles, cuyas poblaciones ya no se pueden controlar mediante un insecticida dado en las dosis que por lo general se recomiendan. En los Estados Unidos el primer ejemplo de resistencia se presentó en 1908, cuando la escama de San José *Aspidiotus perniciosus* resistió los rocíos del cal-azufre en el estado de Washington.

La resistencia continúa siendo un problema, su avance ha sido firme, ya que existen en los insectos mecanismos bioquímicos, fisiológicos y genéticos que la favorecen, aunque generalmente se nos concede tiempo suficiente para idear medidas apropiadas y aprender a convivir con ellos. Por tales razones, se ha establecido una clasificación de los insecticidas y acaricidas, que los ubican en grupos toxicológicos, cuya característica más sobresaliente es que dentro de cada grupo sus elementos poseen una fuerte afinidad respecto a los mecanismos de resistencia de los insectos. (Ver. Cuadro 7).

Cuadro 7.- Productos recomendados para el control de las principales plagas del nopal.

| | PLAGAS | PRODUCTO | DOSIS | INTERVALO DE SEGURIDAD EN DIAS | PERIODO DE APLICACIÓN |
|-----|--|---|--|--------------------------------|---|
| 1. | Picudo barrenador: <i>Cactophagus spinolae</i> , Gyll | Azinfol metílico C.E. 25% Endosulfán C.E. 35% Malatión C.E. 84% Folífol C.E. 50% | 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-2.0 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua | 7 3 1 15 | Mayo-Septiembre |
| 2. | Picudo de las espinas: <i>Cylindrocophurus Biradialis</i> , Champs. | Folífol CE. 50% | 1.0-1.5 l/200 l de agua | 15 | Abril-Mayo |
| 3. | Gusano blanco del nopal: <i>Lanifera cyclades</i> , Druce | Azinfol metílico C.E. 25% Malatión C.E. 84% Folífol C.E. 50% | 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua | 7 1 15 | Mayo-Junio |
| 4. | Gusano cebra: <i>Olycella nephelepsa</i> , Dyar | Carbanil C.E., 80% Endrin C.E. 19.5% Malatión C.E. 84% | 200-400 ml/200 l de agua 250-300 ml/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua | 7 45 1 | Enero-Mayo |
| 5. | Cochinilla o grana <i>Dactylopus indicus</i> , Green | Folífol C.E. 50% Malatión C.E. 84% | 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua | 15 1 | Cuando esté presente |
| 6. | Chinche gris <i>Chelinidea tabulata</i> , Burn | Folífol C.E. 50% Malatión C.E. 84% | 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua | 15 1 | Julio-Agosto |
| 7. | Chinche roja: <i>Hesperolabops gelastops</i> Kick | Malatión C.E. 84% Folífol C.E. 50% Paratión etílico C.E. 50% | 1.0-1.5 l/200 l de agua 1.0-1.5 l/200 l de agua 300-500 ml/200 l de agua | 1 15 14 | Julio-Agosto |
| 8. | Gallina ciega: <i>Phyllophaga</i> spp. | Carbofurán granulado Diazinón granulado Difonate granulado Heptacloro polvo | 20-25 gr./cepa 15-20 gr./cepa 30 gr./cepa 50-60 gr./cepa | | Al momento de abonar o antes de la plantación |
| 9. | Gusano de alambre <i>Diabrotica</i> sp. | Triclorfón polvo Paratión etílico Malatión C.E. 84% | 60-70 gr./cepa | | Febrero-junio |
| 10. | Trips del nopal <i>Sericothrips opuntiae</i> , Hodd | Paratión etílico Malatión C.E. 84% | 300-500 ml/200 l de agua 400-600 ml/200 l de agua | 14 1 | Febrero-junio |

Fuente: De La Rosa y Santamaría (1998). Nota: La columna intervalo de seguridad se refiere al plazo que debe darse entre la última aplicación y la cosecha

2.23. Enfermedades del nopal

Las plantas se mantienen sanas cuando llevan a cabo sus funciones hasta donde les permita normalmente su potencial genético, comprendiendo la división celular, diferenciación, absorción de agua, fotosíntesis, reproducción, etc.

Los vegetales se encuentran enfermos cuando una o varias de sus funciones son alteradas por patógenos, condiciones del medio ambiente o bien por la combinación de ambos. De la Rosa y Santamaría (1998).

A continuación se describen las enfermedades del nopal reportadas hasta la fecha en nuestro país. (Ver. Cuadro 8).

Cuadro 8.- Productos recomendados para el control de las principales enfermedades del nopal

| | ENFERMEDAD | PRODUCTO | DOSIS | PERIODO DE APLICACION |
|---|---|--|--|---|
| 1 | Mancha bacteriana <i>Bacterium</i> sp. | Caldo bordelés Agrymicin 100 | 2% (2 Kg. de sulfato de Cu Tribásico + 100 lts. de agua 1 kg/300 lts. de agua | Para prevenir la enfermedad; de preferencia 2 ó 3 aplicaciones, 1 cada 18 ó 20 días. 2 ó 3 aplicaciones, 1 cada 18 ó 20 días. |
| 2 | Mancha o secamiento de la penca <i>Bacterium</i> spp. | Caldo bordelés Captán | 2% (2 Kg de sulfato de Cu Tribásico + 100 lts. de agua 1 kg/300 lts. de agua | Para prevenir la enfermedad 3 aplicaciones (1 cada 20 días). |
| 3 | Antracnosis <i>Colletotrichum</i> sp. | Caldo bordelés Captán Cupravit | 2% (2 Kg de sulfato de Cu Tribásico + 100 lts. de agua 1 kg/300 lts. de agua 1kg/200 lts. de agua | Para prevenir la enfermedad. 3 aplicaciones (1 cada 20 días). 3 aplicaciones (1 cada 20 días). |
| 4 | Negrilla o fumagina <i>Capnodium</i> sp. | Caldo bordelés | 2% (2 Kg de sulfato de Cu Tribásico + 100 lts. de agua | Para prevenir la enfermedad. |
| 5 | Oro del nopal <i>Alternaria</i> sp. (Argon y Tafoya 78) | Caldo bordelés Captán | 2% (2 Kg de sulfato de Cu Tribásico + 100 lts. de agua 1 kg/300 lts. de agua | Para prevenir la enfermedad. 3 aplicaciones (1 cada 20 días). |
| 6 | <i>Erwinia carotovora</i> | agimicin 500 | 1 kg/300 lts. de agua. | 3 aplicaciones (1 cada 20 días). |
| 7 | Engrosamiento de cladodios (Agente causal no identificado) | No se recomienda ningún producto, ya que según algunas investigaciones, el agente causal puede ser un virus o un micoplasma. Para prevenir la propagación de esta enfermedad, se recomienda destruir completamente y quemar las plantas infectadas, evitar el uso de herramientas utilizadas en la poda o destrucción de plantas enfermas y en la poda de plantas sanas, ya que de esta manera se puede transmitir el agente causal. Las herramientas usadas para podar o destruir plantas enfermas, deben desinfectarse 15 min. A hipoclorito de sodio al 6% y/o fuego directo. | | |

FUENTE: De la Rosa y Santamaría (1998).

2.24. Raciones de alimentación

Es importante considerar que la producción de forraje en áreas de temporal en un ecocultivo pobre puede llegar a 25 t/ha, mientras que en un ecocultivo regular puede producir entre 50 y 75 t/ha y en nopaleras muy bien manejadas la producción de forraje puede ser de 125 t/ha anuales, es claro que en una hectárea se pueden mantener 5 unidades animal.

Algunos autores indican que las vacas Jersey suplementadas con harinolina consumían 50.6 kilogramos de nopal por vaca al día, mientras que las vacas Holstein consumían hasta 75 kilogramos por día.

Es muy importante la determinación de las cantidades a los niveles de consumo porque el ganado prospera debido a la cantidad de nutrientes que consume por unidad de tiempo y no solo por la calidad o el contenido de los forrajes.

Aunque económicamente el nopal disminuye la producción de leche o el peso del animal, se sigue ocupando como forraje debido a dos aspectos: Su costo de producción y la calidad del ganado que se origina con su consumo. (Ver Cuadro 9 y 10).

Cuadro 9.- Consumo de nopal en kilogramos por día y ganancia diaria en kilogramos de peso vivo en promedio por cabeza. (Viana. 1965)

| Período en días | Consumo de nopal | Ganancia de peso según el nivel complementario | |
|-----------------|------------------|--|--------|
| | | 1.0 Kg | 1.5 Kg |
| 0 - 84 | 34.2 | 0.683 | 0.688 |
| 85 - 126 | 33.5 | 0.580 | 0.688 |
| 127 - 196 | 31.8 | 0.623 | 0.688 |

Cuadro 10.- Consumos del nopal según el nivel de melaza en kilogramos por día y ganancias diarias en kilogramos de peso vivo en promedio por cabeza. (Viana. 1965)

| Período en días | Consumo de nopal según el nivel de melaza | | Ganancia de peso según el nivel de melaza | |
|-----------------|---|--------|---|---------|
| | 1.0 Kg | 1.5 Kg | 1.0 Kg | 1.5 Kg. |
| | 1 - 56 | 30.55 | 30.24 | 0.925 |
| 57 - 84 | 30.30 | 30.10 | 0.841 | 0.816 |
| 85 - 168 | 30.34 | 30.00 | 0.839 | 0.812 |

2.25. Costos de producción

Es indudable que el nopal forrajero es un recurso mucho muy importante en el aspecto comercial, ya que la producción que podemos obtener de una plantación es muy importante, tomando en cuenta que supera los costos de producción muy por arriba de la inversión inicial. Esto es considerando que la inversión fuerte es el primer año y los otros años que dure la explotación solo se dará mantenimiento. Se sabe que el nopal forrajero no nos da ganancias reales si no hasta el tercer año, esto puede verse como un mal negocio pero si lo comparamos con el maíz forrajero, en lo que el nopal se tarda tres años en producir, el maíz forrajero produce 48 t/ha por 3 años que es los que se tarda el nopal en producir 144 Toneladas en tres años, mientras el nopal no se cosecha en el primero y segundo año, el primer corte se realiza a los 3 años, produciendo 200 t/ha por año, siendo ésta una producción no muy alta, mientras que el productor de maíz tiene que invertir año tras año semilla, maquinaria, mano de obra, etc. para obtener poca producción. (Ver Cuadros 11,12,13 y 14).

Fuente: Vázquez A.,R.E. (1999).

Cuadro 11.- Costos de producción de nopal forrajero en condiciones de temporal.

| Labores | 1er Año | 2 Año | 3er Año | 4 Año | 5 Año |
|---|-------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Preparación del suelo | | | | | |
| Barbecho /Ha | | | | | |
| Rastreo/Ha | | | | | |
| Bordeo/Ha | \$200.00 | \$200.00 | | | |
| Siembra | | | | | |
| # Plantas | 2,500 | | | | |
| Tratamiento de cladodios | | | | | |
| Caldo Bordelés | \$400.00 | \$40.00 | | | |
| Cladodio (\$2.00) C/U | \$5,000 | | | | |
| Replantación 10 % | | 250 Cladodios \$500.00 | | | |
| Labores de cultivo | | | | | |
| Establecimiento | 10 Jornales \$320.00 | 2 Jornales \$64.00 | | | |
| Fertilización \$100/Ton Orgánica | \$1,250.00 | | | \$1,250.00 | |
| Control de Malezas 2/Año | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales |
| Control de Plagas Según su Presencia | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales |
| Flete | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 |
| Total | \$8,170.00 | \$1,804.00 | \$1,000.00 | \$2,250.00 | \$1,000.00 |

Fuente: Vázquez A.,R.E. (1999).

Nota: Dos personas siembran 250 raquetas en promedio

Densidad de población 2,500 raquetas.

Un camión de 6m³ cuesta \$1,200.00 aproximadamente con 4.5 toneladas de nopal

La siembra se hace con las primeras lluvias.

Cuadro 12.- Estimación del rendimiento por planta y por hectárea bajo condiciones de temporal.

| Año | Producción por Planta (Kg). | Producción por Ha. (Kg) | Número /Camiones/Ha/año de 6m³ | Valor Estimado Producción |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 00.00 |
| 2 | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 00.00 |
| 3 | 15.00 | 75,000.00 | 16.66 | \$ 20,000.00 |
| 4 | 20.00 | 100,000.00 | 22.22 | \$ 26,666.00 |
| 5 | 22.00 | 110,000.00 | 24.44 | \$ 29,000.00 |
| TOTAL | ----- | ----- | ----- | \$ 76,000.00 |

Fuente: Vázquez A.,R.E. (1999).

Nota: se cosecha de abril 1º a agosto 1º, con su programación de corte.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Gran total de costos producción | \$ 14,224.00 |
| Gran total del valor de la producción | \$ 76,000.00 |
| Diferencia | \$ 61,776.00 |

Cuadro 13.- Costos de producción de nopal forrajero en condiciones de riego.

| Labores | 1er Año | 2 Año | 3er Año | 4 Año | 5 Año |
|---|---------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Preparación del suelo | | | | | |
| Barbecho /Ha | | | | | |
| Rastreo/Ha | \$300.00 | | | | |
| Bordeo/Ha | \$200.00 | \$200.00 | | | |
| Siembra | | | | | |
| # Plantas | 10,000 | | | | |
| Tratamiento de cladodios | | | | | |
| Caldo Bordelés | \$1,000.00 | \$100.00 | | | |
| Cladodio (\$2.00) C/U | \$20,000 | | | | |
| Replantación 10 % | | 1,000 Cladodios \$2,000.00 | | | |
| Establecimiento | 40 Jornales \$1,280.00 | 4 Jornales \$128.00 | | | |
| Labores de cultivo | | | | | |
| Riegos | \$600.00 8 jornales | \$600.00 8 jornales | \$600.00 8 jornales | \$600.00 8 jornales | \$600.00 jornales |
| Fertilización \$100/Ton Orgánica | \$5,000.00 | | | \$5,000.00 | |
| Control de Malezas 2/Año | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales | \$400.00 2 Jornales |
| Control de Plagas Según su Presencia | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales | \$400.00 2 jornales |
| Flete | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 | \$200.00 |
| Total | \$29,380.00 | \$4,028.00 | \$1,600.00 | \$6,600.00 | \$1,600.00 |

Fuente: Vázquez A., R.E. (1999).

Nota: Dos personas siembran 250 raquetas en promedio

Densidad de población 10,000 raquetas.

Un camión de 6m³ cuesta \$1,200.00 aproximadamente con 4.5 toneladas de nopal

Riego por gravedad \$50.00/Ha.

Cuadro 14.- Estimación del rendimiento por planta y por hectárea bajo condiciones de riego.

| Año | Producción por Planta (Kg). | Producción por Ha. (Kg.). | Número /Camiones/Ha/año de 6m³ | Valor Estimado Producción |
|--------------|------------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 00.00 |
| 2 | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 00.00 |
| 3 | 19.00 | 380,000.00 | 84.44 | \$ 101,333.00 |
| 4 | 25.00 | 500,000.00 | 111.11 | \$ 133,333.00 |
| 5 | 30.00 | 600,000.00 | 133.33 | \$ 160,000.00 |
| TOTAL | ----- | ----- | ----- | \$ 394,666.00 |

Fuente: Vázquez A.,R.E. (1999)

Nota: se cosecha de abril 1º a agosto 1º, con su programación de corte.

| | |
|---------------------------------------|----------------------|
| Gran total de costos producción | \$ 43,208.00 |
| Gran total del valor de la producción | \$ 394,666.00 |
| Diferencia | \$ 351,458.00 |

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de Nuevo León (CAE-FAUANL), durante el periodo de febrero-junio de 1997 localizado en el municipio de Marín N.L., carretera Zuazua - Marín Kilómetro 17.5, cuyas coordenadas geográficas del lugar son 25° 23' Latitud norte y 100° 03' Longitud oeste, teniendo una altitud de 367.3 msnm (INEGI, 1978).

La temperatura promedio de esta región es de 21°C, una media anual máxima de 28.4°C. y una media mínima de 16.6°C. La precipitación pluvial promedio anual es de 466 mm y con una humedad relativa de 70%, datos de la estación climatológica de la FAUANL.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Koppen, modificado por García (1973), se encuentra clasificada como BS' (h') hx' (e'). De donde los términos significan:

BS' :Clima seco a árido con regimen de lluvias en verano siendo el menos seco de los clasificados en BS'.

(h') :Temperatura anual sobre los 22° C y bajo los 18° C en el mes más frío.

x' :El régimen de lluvias se presenta con intermedias entre el verano y el invierno, con un porcentaje de lluvias invernales mayor de 18 mm.

(e') : Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de los 10°C siendo éstas las más extremosas.

Las condiciones climáticas que se presentaron durante el desarrollo del experimento, se describen en el Cuadro 15

Cuadro 15.- Datos climáticos de la zona donde se realizó el experimento. Marín, Nuevo León.

| | | Feb. | Mar | Abr. | May. | Jun. |
|--------------------------------|------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Temperatura media máxima | °C | 22.3 | 27.6 | 26.5 | 31.6 | 35.2 |
| Temperatura media mínima | °C | 8.6 | 13.1 | 13.4 | 18.3 | 22.7 |
| Temperatura media mensual | °C | 15.5 | 20.4 | 20 | 25 | 28.9 |
| Oscilación media mensual | °C | 13.7 | 14.4 | 13.1 | 13.2 | 12.5 |
| Temperatura extrema media | °C | 34 | 38 | 38 | 41 | 40. |
| Temperatura extrema mínima | °C | 3 | 6 | 7 | 15 | 21 |
| Humedad relativa prom. Diaria. | % | 75.87 | 70.8 | 65.71 | 65.7 | 64.6 |
| Evaporación total | mm | 76.62 | 135.17 | 88.48 | 159.1 | 196.99 |
| Evaporación promedio diaria | mm | 2.7 | 4.36 | 2.94 | 5.1 | 6.5 |
| Precipitación total | mm | 28 | 121 | 80 | 72 | 28 |
| Días de precipitación | días | 5 | 6 | 8 | 7 | 1 |
| Precipitación máxima | mm | 12 | 56 | 24 | 24 | 28 |
| Radiación solar mensual | Cal. | 2,101.8 | | 3,130.44 | 3,500.59 | 3,022.21 |
| Promedio diario de radiación | Cal. | 75.6 | | 103.44 | 112.92 | 100.74 |
| Insolación mensual | Hrs. | 90:15 | 155:1 | 111:35 | 147:2 | 129:5 |
| Promedio diario de insolación | Hrs. | 3:21 | 5:0 | 3.71 | 4:74 | 4:31 |

Fuente: Estación climatológica de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

En general los suelos de esta región son de color amarillento, de textura arcillosa, son pobres en materia orgánica, con un pH medianamente alcalino de 7.5 y ligeramente salinos.

Las características específicas de los suelos del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., donde se realizó el experimento se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16.- Propiedades físico químicas del suelo donde se realizó el experimento.

Marín, N.L. (1997)

| Determinación | 0-30 cm. | 0-60 cm. |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Color seco | Gris cafésáceo claro | Café pálido |
| Color húmedo | Café oscuro | Café amarillento |
| Ph | 7.6 | 7.2 |
| Textura | Arena 12 Limo 38 Arcilla 50 | Arena 12 Limo 42 Arcilla 42 |
| Materia orgánica | 2.05 | 1.64 |
| Nitrógeno total | 0.17% | 0.17 |
| Fósforo aprovechable kg./ha | 84 | 168 |
| Potasio aprovechable Kg./ha | 291 | 246 |
| Sales solubles totales | 1.36 mmhos/cm a 25°C | 1.12 mmhs/cm a 25°C |

Antes de efectuarse el trabajo donde se hizo el experimento, se hicieron muestreos en el suelo de 0-30 cm. y subsuelo 30-60 cm. Con el fin de determinar sus características físico químicas, éstas fueron secadas al aire libre, tamizadas y analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

3.2. Diseño experimental

Para la realización de este trabajo se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando tres plantas como unidad experimental.

3.3. Hipótesis estadística.

Hipótesis nula (Ho) No existe diferencia entre tratamientos

$$T1=T2=T3=T4=T5$$

Hipótesis alternativa (Ha) Al menos un tratamiento es diferente

3.4. Modelo Experimental

El modelo experimental que se utilizó para el presente trabajo fue el siguiente

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

$$i = 1,2,\dots,t$$

$$j = 1,2,\dots,r$$

De donde:

Y_{ij} = Es la observación del tratamiento i en el bloque j .

μ = Es el efecto verdadero de la media general.

T_i = Es el efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Es el efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Es el error experimental.

3.5. Análisis de datos

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete SAS (Statistical Analysis System) donde se usó el programa con los comandos de correlación y de análisis de varianza, en bloques al azar, donde cada planta se consideró como una unidad experimental, osea factor de bloqueo, de las variables estudiadas del experimento de nopal forrajero.

3.6. Programa computacional

```
OPTIONS PS=60 LS=80 NODATE;
```

```
DATA forraje;
```

```
INFILE 'c:\forraj98.dat';
```

```
INPUT T R x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9;
```

```
x10=(x9)/x8)*100;
```

```
PROC PRINT;
```

```
PROC MEANS;
```

PROC ANOVA;

CLASS T R;

MODEL x1-x10 = T R;

MEANS T/TUKEY LINES;

RUN

3.7. Material vegetativo utilizado

Los cultivares que se utilizaron en este trabajo fueron 5 materiales escogidos del Banco de Germoplasma del Proyecto Nopal, los cuales mostraron tener posibilidades de adaptación a la región. Los cultivares analizados son los siguientes. (Ver. Cuadro 17).

Cuadro 17.- Cultivares utilizados en el experimento

| Cultivares | Origen | Uso |
|-----------------------|---|------------------------|
| Copena CE-1 | Escuela Nacional de Agricultura Chapingo | Tuna verdura y forraje |
| Copena CE-2 | Escuela Nacional de Agricultura Chapingo | Tuna verdura y forraje |
| Pabellón | Zacatecas | Forrajero |
| Liso Forrajero | Zacatecas | Forrajero |
| Copena F-1 | Escuela Nacional de Agricultura Chapingo | Tuna verdura y forraje |

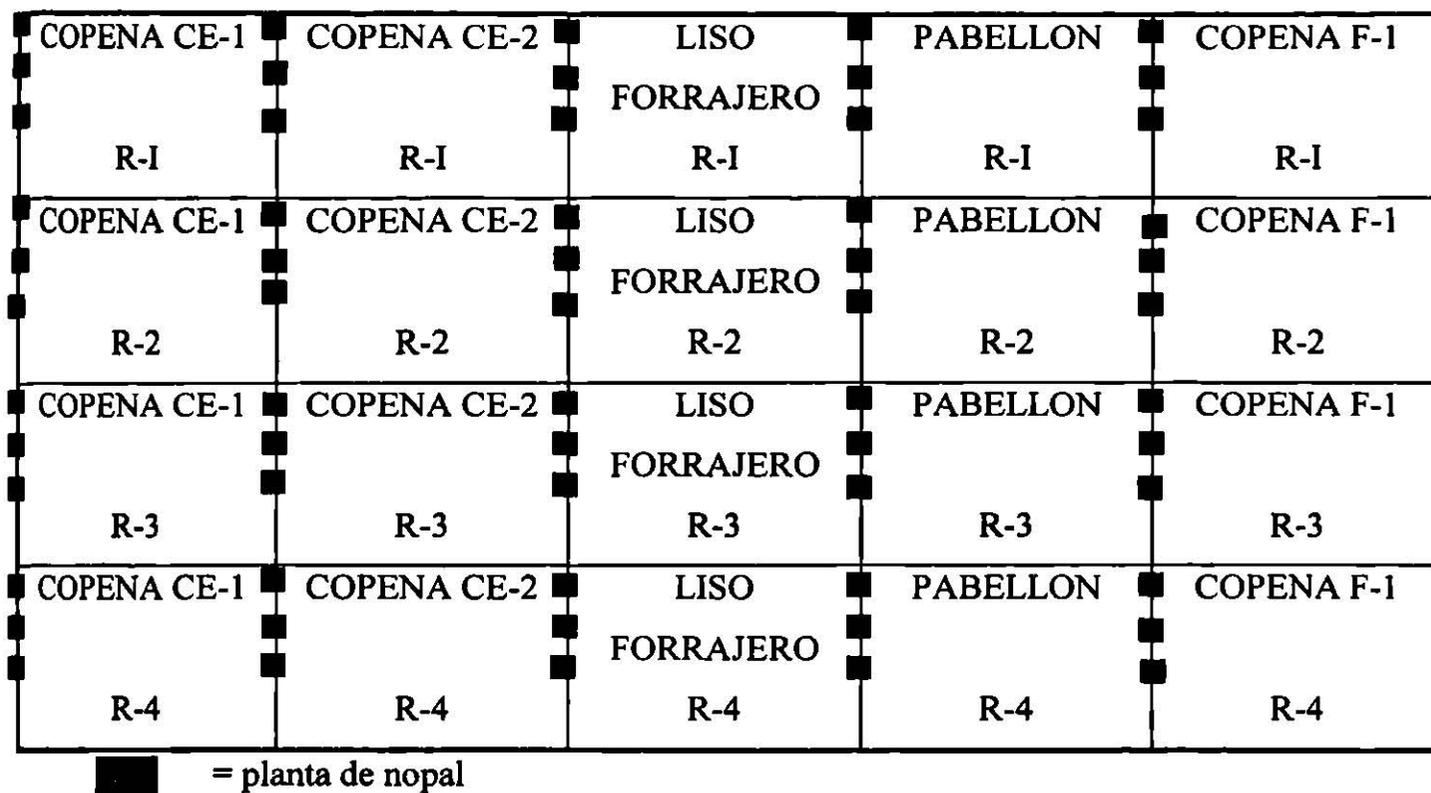


Figura 4.- Croquis del experimento de nopal forrajero.

3.8. Tratamientos

A los tratamientos se les aplicaron manualmente estiércol vacuno a razón de 5 Kg./punto, haciendo un total de 6250 kilogramos de estiércol para el establecimiento del experimento; distribuidos en un total de 1250 plantas colocadas a razón de 4 m. entre surcos y 2 m. entre plantas, esparciendo dicho estiércol en todo el cajete de la planta mezclándolo bien en el suelo a una profundidad de 15 cm. Dichas prácticas se realizaron al establecimiento de este experimento y posteriormente se dio un riego de 10 cm. de lámina, posteriormente se estuvo regando de 3 a 4 meses, dependiendo de la disponibilidad de agua.

3.9. Prácticas de manejo

A)Control de plagas: Entre las cuales se encuentran el grillo negro, chapulín verde, trips, chinche gris, gusano cebra, minador de la hoja, etc. Los productos químicos se aplican con bomba de mochila cada vez que se presentaron infestaciones.

B)Control de malezas: Se hizo en forma manual, manteniendo limpio el huerto siempre que así lo requiriera. Entre las diferentes malezas encontramos correhuela, zacate johnson, hierba amargosa, zacate cynodon, cadillo, zacate navajita, etc.

C)Poda de mantenimiento: La cual se llevo acabo, cada que se requiriera y consistió en cortar los cladodios mal colocados, sembrados y dañados, así como los cladodios muy alejados del tallo principal, esto con la finalidad de evitar crecimientos excesivos que obstaculizaran el paso de las personas o la realización de las labores y la cosecha. Además, el material podado, fue sacado del huerto para evitar la proliferación de plagas.

3.10. Variables Analizadas

| | |
|-----------|---|
| X1 | Número de cladodios por planta |
| X2 | Número de brotes por planta |
| X3 | Peso fresco por cladodio |
| X4 | Grosor de cladodio |
| X5 | Rendimiento por planta en kilogramos |

| | |
|------------|--|
| X6 | Número de tunas por planta |
| X7 | Largo de cladodio en centímetros |
| X8 | Ancho de cladodio en centímetros. |
| X9 | Peso de la materia seca en kilogramos por hectárea. |
| X10 | Porcentaje de materia seca |

3.10.1. Muestreo de material vegetativo

El muestreo de cladodios se realizó al azar obteniendo una muestra de 2 cladodios por planta, tratando de que las muestras fueran lo más homogéneas posibles, después se marcaron las muestras para saber que variedades tenían los cladodios que posteriormente, por medio de cortes transversales se pusieron a secar durante un período aproximado de una semana, una vez obtenido el material seco a temperatura ambiente, se procedió a llevar las muestras a la estufa a 70°C durante una semana para obtener un secado total, después de este secado se pulverizaron totalmente las muestras, se identificaron cada una de ellas para después realizar los análisis de ADF, NDF, se obtuvieron los datos de las muestras frescas de largo, ancho, grosor, número de cladodios tiernos y maduros por planta y rendimiento total, número de tunas por planta, se obtuvo el peso seco de cada una de las muestras y el porcentaje de materia seca de todas.

3.10.2. Determinaciones de laboratorio

3.10.2.1. Determinación de materia seca

Material y equipo

- Crisoles de porcelana
- Balanza
- Estufa

Principio

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. La cantidad de material residual constituye la materia seca. Van Soest (1982).

Procedimiento

- 1.- Secar los crisoles en la estufa de secado de material hasta peso constante.
- 2.- Enfriar los crisoles en el desecador (20-30 min.) y pesarlos. Los crisoles se manipulan con las pinzas.
- 3.- Añadir al crisol 2 gramos de muestra y registrar el peso del crisol mas la muestra.
- 4.- Colocar los crisoles en la estufa a temperatura de 100-110°C durante 6 horas.
- 5.- Enfriar los crisoles en el desecador y pesarlos. La pérdida de peso representa la pérdida de agua (humedad).

Cálculos

$$\text{MATERIA SECA (\%)} = \frac{[\text{PESO DEL CRISOL} + \text{LA MUESTRA (DESPUES DE SECAR)}] - \text{PESO DEL CRISOL}}{[\text{PESO DEL CRISOL} + \text{LA MUESTRA (ANTES DE SECAR)}] - \text{PESO DEL CRISOL}} \times 100$$

3.10.2.2. Determinación de Fibra Neutro Netergente (NDF)

Aparatos

- Aparato de reflujo para la determinación de fibra cruda.
- Equipo de vacío.
- Estufa con termostato automático.
- Papel filtro Whatman 54 ó 541.
- Matraz kitasato para filtrar.
- Balanza analítica.

Reactivos

- 100 ml. de solución detergente neutro.
- 0.5 gr. de sulfito de sodio anhidro, grado reactivo
- 50 µl de α amilasa estable al calor (Sigma A03306).
- 20 ml. de acetona.

Preparación de solución detergente neutro.

Pesar 30 gr de sulfato lauril sódico U.S.P.; 18.61 gr de etilendiamino tetra- acetato disodico deshidratado; 6.81 gr de tetraborato de sodio decahidrato ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$); 4.56 gr de fosfato disódico anhidro; 10 ml de etilen glicol. Aforar a 1 gr. de agua. Agitar hasta disolución completa y controlar el pH para que se mantenga entre 6.9 a 7.1.

Principio

El procedimiento detergente neutro, separa los carbohidratos de los alimentos basándose en su disposición nutricional. Esencialmente, divide los componentes de los alimentos en dos fracciones: (1) Contenido celular de las plantas, una fracción altamente digestible, la cual consiste de azúcares, almidones, proteína soluble, pectina y lípidos; y (2) Las paredes celulares de las plantas, una fracción de digestibilidad variable que incluye la fibra insoluble de los alimentos que incluye la celulosa, hemicelulosa y lignina como los componentes mayores. La fracción de la fibra considerada como NDF mide los constituyentes de las paredes celulares. Van Soest (1982).

Procedimiento

1.- Poner 0.5 g de muestra molida en un vaso de berzelius de 600 ml. El molido debe hacerse con malla de 1 mm. , pero no más fina, pues el molido más fino puede dificultar la filtración.

- 2.- Agregar 50 µl de amilasa y 0.5 gr de sulfito de sodio
- 3.-Poner a calentar la muestra, dejar en ebullición suave durante 1 hora.
- 4.- Filtrar a vacío suave en papel filtro Whatman 54 o 541. Lavar con agua caliente (< 80°C) para eliminar la solución detergente.
- 5.- Lave dos veces con acetona (10 ml), y seque con el vacío.
- 6.- Seque el papel con el residuo en la estufa a 105°C (por 30 minutos aproximadamente), enfríe en el desecador durante 20 minutos y pese.
- 7.- Determine el % de NDF (paredes celulares) como sigue:

Base “tal como ofrecido”

$$\% \text{ NDF} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{Paredes celulares}) - \text{peso de crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Conversión a base seca:

$$\frac{\% \text{ FDN en muestra "tal como ofrecido"}}{\% \text{ materia seca de la muestra "tal como ofrecido"}} \times 100$$

3.10.2.3. Determinación de la Fibra Acido Detergente (ADF)

Este principio permite una rápida determinación de la fracción lignocelulósica de los alimentos. En esta fracción también aparece el sílice. La diferencia entre el valor de la fracción

de las paredes celulares (NDF) y la fibra ácido detergente, da una estimación de la hemicelulosa. Van Soest (1982).

Material y equipo

- Aparato Labconco para la determinación de fibra cruda.
- Vaso de Berzelius de 600 ml, sin vertedera
- Crisoles con filtro de vidrio de tipo alto, con porosidad gruesa o papel filtro Whatman, No. 541.
- Matraz Kitasato para filtrar y equipo para succión al vacío
- Horno de secado a 105°C.
- Balanza analítica.

Reactivos

- Solución ácido detergente (ADF): H_2SO_4 , grado reactivo, estandarizado a 1 N.
Este se prepara agregando 27.14 ml H_2SO_4 , de concentrado (97-98%), aforando con agua destilada para preparar un litro de solución.
- Agregar 20 g. de cetyl trimetil-bromuro de amonio (CTAB), grado técnico, por litro de solución 1 N de H_2SO_4 .
- Acetona grado reactivo.
- Hexano, grado reactivo.

Procedimiento

- 1.- Pesar por diferencia 1 g de muestra y depositarla en un vaso de Berzelius de 600 ml. sin vertedera.
- 2.- Agregar 100 ml de solución ADF a temperatura ambiente.
- 3.- Colocar los vasos en las parrillas del aparato para determinación de fibra. Abrir la llave del agua del aparato. Calentar la solución girando el control hasta el No. 2 para que hierva en un término de 5 a 10 minutos. Cuando se inicie la ebullición bajar el calor para evitar formación de espuma y mantener en reflujo durante 60 minutos contados a partir del inicio de la ebullición, la cual debe ser lenta durante todo el procedimiento.
- 4.- Filtrar la solución a través de un crisol de vidrio de poro grueso, previamente tarado a través del papel filtro Whatman 541. Con una varilla de vidrio aflojar la capa de muestra que se ha compactado en el fondo del crisol y lavarlo dos veces con agua caliente (90-100°C).
- 5.- Repetir igualmente el lavado con acetona hasta que desaparezca totalmente el color en el filtrado. Deshacer cualquier grumo que se haya formado para que el solvente entre en contacto con todas las partículas de fibra.
- 6.- Solo en caso de formación de grumos, lavar la muestra con hexano mientras aún contenga acetona. Mantener la muestra bajo solución hasta que se libere todo el hexano.
- 7.- Secar la muestra a 100-105°C por 8 horas, o durante toda la noche y pasar a enfriarla en un desecador. Conservar este residuo para utilizarlo en la determinación de la fracción lignina ácido-detergente (ADL). Van Soest (1982).

Cálculos

Determine el contenido (%) de fibra ácido-detergente de la forma siguiente:

$$\text{Contenido de fibra ácido-detergente} = \frac{(\text{peso de crisol con fibra} - \text{peso del crisol})}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

ADF (%)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 18.- Resultados estadísticos de las medias de las variables del experimento de nopal forrajero.

| Cultivares | No. De Cladodios /Planta | No. Brotes /Planta | Peso Fresco /Cladodio/gr. | Grosor de Cladodio/cm. | Rend/en Kg./ha |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Copena CE-1 | 8.0 c | 19.3 ab | 583.1 b | 1.27 b | 5,875 c |
| Copena CE-2 | 19.0 a | 27.3 a | 760.2 b | 1.79 b | 18,000 ab |
| Pabellón | 14.5 ab | 17.5 ab | 1282.4 a | 3.57 a | 23,250 a |
| Liso Forrajero | 17.0 a | 14.3 b | 1172.8 a | 3.7 ba | 24,875 a |
| Copena F-1 | 10.3 bc | 16.0 ab | 735.9 b | 1.86 b | 9,500 bc |
| Significancia | Altamente Significativo | Significativo | Altamente Significativo | Altamente Significativo | Altamente Significativo |

Nota: Las comparaciones se hicieron por el método estudentizado de Tukey.

Las variables con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.1. Número de cladodios por planta

El análisis de esta variable, resulto altamente significativa y que el cultivar con el número de cladodios por planta estadísticamente mas alto fue el Copena CE-2 con 19.0 cladodios por planta y el menos sobresaliente en este renglón fue el Copena CE-1 con 8.0

cladodios por planta lo que nos indica que esta variedad nos arroja un rendimiento/Ha. muy bajo comparándolo con el Copena CE-2; y encontrándose en un punto intermedio, el Liso Forrajero con 17.0 cladodios por planta que es muy buena producción, siguiéndole el Pabellón con 14.5 cladodios por planta y posteriormente el Copena F-1 (Ver Cuadro 18) cabe mencionar que el C.V. fue de 19.78 que se sale del rango aceptable, que es de 15 según literatura El análisis estadístico de las variables número de brotes por planta y número de cladodios por planta se efectuó después de comprobar la distribución normal de las variables, usando para tal efecto el paquete SAS (Statistical Analysis System) (Ver Cuadro 3A).

4.2. Número de brotes por planta.

El cultivar altamente significativo fue el Copena CE-2 con 27.3 brotes por planta, siguiéndole en forma descendente el Copena CE-1 con 19.3, Pabellón 17.5, Copena F-1 con 16 cladodios y por último el Liso forrajero con 14.3 cladodios por planta, (Ver Cuadro 18) teniendo un C.V. de 29.56 siendo este dato el doble de lo permitido, según la literatura y resultando significativo el análisis de varianza para la variable número de brotes por planta. (Ver Cuadro 4A).

4.3. Peso fresco por cladodio.

Los cultivares Liso Forrajero y Pabellón fueron los más sobresalientes en este renglón con 1,282.4 gr. y 1,172.8 gr. respectivamente, siguiéndole hacia abajo los cultivares Copena CE-2, Copena F-1 y finalmente el Copena CE-1 con 583.1 gramos por cladodio, (Ver Cuadro

18) teniendo un C.V. de 19.42 que se sale del rango permitido y altamente significativo. (Ver Cuadro 5A).

4.4. Grosor de cladodio por planta

En esta variable, el cultivar más sobresaliente fue el Liso Forrajero con 3.76 cm. por planta y en orden descendente le siguen, el Pabellón con 3.57 y más abajo el Copena F-1, Copena CE-2 y por último el Copena CE-1 (Ver Cuadro 18) con un C.V. de 23.39, bastante alto para el rango permitido y resulta altamente significativo (Ver Cuadro 6A), cabe mencionar que dependiendo del grosor que tengamos en el cladodio podremos aproximarnos a predecir su porcentaje de materia seca.

4.5. Rendimiento por planta.

En este renglón está ligado íntimamente el número de cladodios por planta y el peso fresco por cladodio, que al multiplicarlo nos da el rendimiento por planta, y en este caso los cultivares más sobresalientes fueron el Liso Forrajero con 24,875 kg/ha y Pabellón con 23,250 kg/ha. respectivamente, siguiéndoles el Copena CE-2, Copena F-1 y por último el Copena CE-1 con 5,875 kg/ha (Ver Cuadro 18). Teniendo un C.V. de 30.24 siendo este un valor muy por encima del rango permitido de 15 y su media general de 12941.03, siendo altamente significativo. (Ver Cuadro 7A).

Cuadro 19.- Variables evaluadas de los cultivares forrajeros estudiados en Marín, Nuevo

León.

| Cultivares | Número Tunas/Planta | Largo/cm cladodio | Ancho/cm Cladodio | Materia seca Kg./ha | % Materia Seca |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Copena CE-1 | 2.5 | 21.23 | 11.74 | 40.34 | 5.55 |
| Copena CE-2 | 0 | 22.2 | 13.69 | 47.35 | 5.14 |
| Pabellón | 1.5 | 21.98 | 12.75 | 78.27 | 4.97 |
| Liso forrajero | 0 | 21.98 | 12.11 | 65.55 | 4.47 |
| Copena F-1 | 9 | 27.02 | 10.74 | 51.07 | 5.46 |
| Significancia | No Significativo | No Significativo | No Significativo | No Significativo | No Significativo |

4.6. Número de tunas por planta

Un comentario importante es el relacionado con el número de tunas por planta (Ver Cuadro 19), que para estos cultivares es muy bajo, tomando en cuenta que la floración empieza en marzo y estos datos se estuvieron tomando desde junio, es importante resaltar que estos cultivares son de temporal y según los datos climáticos del mes de mayo de 1997 (Ver Cuadro 12) hubo el doble de evaporación comparado con los datos de precipitación, por eso, se presume la escasa floración. En el análisis de varianza se obtuvo un C.V. de 231.08 y su media general de 2.60 siendo no significativo. (Ver Cuadro 8A).

4.7. Largo de cladodio

Un dato un tanto curioso lo tenemos en el renglón del largo de cladodio, en donde los cultivares Liso Forrajero y Pabellón dieron un largo de 21.98, siendo el valor más pequeño y el valor más alto de esta variable el del cultivar Copena CE-1 con 21.23 cm. y el de Copena F-1 con 27.02 cm., respectivamente (Ver Cuadro 19) y su C.V. se sale de lo permitido con 19.81, no hay significancia. (Ver Cuadro 9A).

4.8. Ancho de cladodio

El cultivar que más sobresalió en cuanto al ancho de cladodio fue el Copena CE-2 con 13.69 cm siguiéndole muy de cerca con cantidades similares el Pabellón y Liso Forrajero con 12.75 y 12.11 cm de ancho de cladodio, (Ver Cuadro 19) al hacer el ANVA se observó un C.V. de 12.66 cm que si es aceptable dentro del rango permitido, no habiendo significancia entre cultivares. (Ver Cuadro 10A).

4.9. Kilogramos por hectárea de materia seca

El cultivar Pabellón produjo 78.27 kg/ha de materia seca siendo éste el más alto, siguiéndole el Liso Forrajero con 65.55 kg/ha y hacia abajo los cultivares Copena F-1, Copena CE-2 y por último Copena CE-1 con 40.34 kg/ha. de muestra (Ver Cuadro 19). El ANVA de esta variable dio un C.V. de 34.29 que es más del doble del rango permitido siendo no significativo. (Ver Cuadro 11A).

4.10. Porcentaje de materia seca

Para los cultivares Liso Forrajero y Pabellón, el porcentaje de materia seca fue el más pequeño, comparándose con, los otros cultivares, lo cual permite suponer que dichos cultivares podrán proporcionar más agua al ganado cuando se alimentan con este tipo de plantas (Ver Cuadro 12A) Cabe mencionar que éstos dos cultivares, tanto el Liso forrajero como el de Pabellón, son los más sobresalientes en las demás determinaciones, siguiéndoles el Copena CE-2 posteriormente el Copena F-1 y por último el Copena CE-1. (Ver Cuadro 19).

4.11. Porcentaje de Fibras Acido y Neutro Detergente (ADF) y (NDF)

En el Cuadro 20 se pueden observar los resultados de las determinaciones de las fibras ácido y neutro detergentes, donde la determinación de Fibra Acido Detergente (ADF) mostró diferencias estadísticas altamente significativas tanto al 1 como al 5% ($P > 1\%$). En el Cuadro 1A del apéndice, se puede observar el análisis de varianza que se practicó para la fibra ácido detergente, donde se corrobora lo antes dicho. También se puede observar que el C.V. es bastante aceptable, pues dio un valor de 5.03%. El cultivar que mostró el mayor valor de ADF fue el Copena FI con un valor de 17.08% siguiéndole en orden descendente el Copena CE-2 con 16.35 y posteriormente fueron Copena CE-1, Liso Forrajero y Pabellón. En el mismo Cuadro 20 se pueden observar los resultados que se obtuvieron para el análisis de la determinación de la Fibra Neutro Detergente (NDF) donde se puede apreciar la no diferencia entre cultivares para la determinación. Sin embargo; la tendencia que se observó fue que el cultivar Pabellón, obtuvo el valor más alto para la Fibra Neutro Detergente con un valor de

36.06, siguiéndole el cultivar Copena CE-1 con un valor de 35.37 y posteriormente fueron el Copena CE-2, Copena F-1 y el Liso forrajero. El C.V. para ésta variable fue de 9.12 el cual también es aceptable ya que se permite un rango de variación de hasta 15 según la literatura internacional (Ver Cuadro 2A).

Cuadro 20.- Medias de tratamientos de ADF y NDF para el cultivo de nopal en 5 cultivares.

| Cultivar | ADF | NDF | Proporción NDF/ADF |
|-----------------------|------------|------------|-------------------------------|
| Copena CE-1 | 16.02 ab | 35.37 a | 2.20/1 |
| Copena CE-2 | 16.35 a | 33.86 a | 2.07/1 |
| Liso forrajero | 15.54 ab | 29.78 a | 1.92/1 |
| Pabellón | 14.32 b | 36.06 a | 2.52/1 |
| Copena F-1 | 17.08 a | 32.46 a | 1.90/1 |

Con respecto a la media de los valores de ADF y NDF se puede observar en los Cuadros 1A y 2A que los valores correspondientes, fueron 15.86 para ADF y 33.51 para NDF lo cual sugiere que la mayor parte de los cultivares van a andar cerca de este rango. Es conveniente comentar que para México no se tiene mucha información al respecto, por lo tanto estos valores pueden servir de referencia para otras determinaciones en otros cultivares de nopal forrajero

Según el cuadro de correlaciones podremos deducir que la variable grosor en centímetros de cladodio y rendimiento por planta en kilogramos son las dos variables con las cuales podremos predecir el comportamiento de nuestra producción forrajera. (Ver Cuadro 21).

Cuadro 21.- Correlaciones de las variables estudiadas con valores arriba del 50% en el experimento de nopal forrajero.

| Variable | Largo/cm cladodio | Grosor/cm Cladodio | Peso Fresco Cladodio/gr. | Materia Seca/Kg./Ha | No. Cladodio /Planta |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| No. Cladodio por planta | 0.62108 | 0.5000 | | | |
| Peso Fresco Cladodio/gr. | | 0.72908 | | 0.67566 | |
| Largo/cm cladodio | | 0.61173 | | | 0.62108 |
| Grosor /cm Cladodio | 0.61173 | | 0.72908 | 0.50211 | 0.5000 |
| Materia Seca Kg./Ha | | 0.50211 | 0.67566 | | |
| Rend./Planta/ Kg. | 0.51721 | 0.76831 | 0.82211 | 0.53745 | 0.76547 |

Cuadro 22.-Estadístico de variables agronómicas estudiadas en el experimento. de los cultivares de nopal forrajero (Datos de medias generales a través de cultivares) Marín, Nuevo León.

| Clave | Variable | Media | Desviación Standard | Valores Mínimos | Valores Máximos |
|--------------|------------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| X1 | No. de cladodio /planta | 13.75 | 4.98 | 5.00 | 21.00 |
| X2 | No. de brotes /planta | 18.85 | 7.51 | 11.00 | 30.00 |
| X3 | Peso fresco de cladodio /gr | 906.87 | 323.42 | 425.00 | 1405.70 |
| X4 | Grosor de cladodio/cm | 2.44 | 1.14 | 1.07 | 4.67 |
| X5 | Rend./ha kg./m.s. | 12941.035 | 3913.26 | 2125 | 25061.4 |
| X6 | No. de tunas/planta | 2.60 | 6.53 | 00.00 | 27.00 |
| X7 | Largo de cladodio/cm | 24.87 | 5.64 | 17.15 | 43.25 |
| X8 | Ancho de cladodio /cm | 12.08 | 1.69 | 8.10 | 15.25 |
| X9 | Materia seca kg./Ha. | 45.21 | 17.86 | 23.59 | 82.46 |
| X10 | % de materia seca | 5.14 | 1.36 | 2.45 | 8.07 |

V. CONCLUSIONES

5.1. Características fenológicas de acuerdo al primer objetivo

- 1.- El cultivar COPENA CE-2 presentó los promedios mas altos en la variable número de cladodios por planta, siendo altamente significativo ($Pr > 0.0005$), el número de brotes por planta fue significativo ($Pr > 0.0492$) y ancho de cladodio resulto no significativo ($Pr > 0.1198$).
- 2.- El cultivar Pabellón fue el cultivar mas alto con las variables peso fresco y kilogramos por hectárea de materia seca, siendo altamente significativo ($Pr > 0.0005$), en la variable de peso fresco y no significativo ($Pr > 0.1003$), en la variable de kilogramos por hectárea de materia seca.
- 3.- El cultivar Liso Forrajero fue el mas sobresaliente en las variables grosor de cladodio y rendimiento por planta en kilogramos, siendo esta variable, la de grosor de cladodio por planta significativa ($Pr > 0.0001$), no siendo así ($Pr > 0.0005$), la variable de rendimiento por planta en kilogramos que resultó altamente significativa.
- 4.- El cultivar COPENA F-1 fue el que más se destacó en cuanto a las variables número de tunas por planta y largo de cladodio, en donde se observó una ($Pr > 0.2519$), para la variable de número de tunas por planta, igualmente ($Pr > 0.0724$) para la anterior variable, siendo en ambos casos altamente significativa para las variables.

5.- El cultivar COPENA CE-1 que solo se destacó en la variable porcentaje de materia seca siendo no significativo ($Pr > 0.8260$).

5.2. Fibras detergentes con respecto al segundo objetivo

a) Fibra Acido Detergente (ADF)

El cultivar más sobresaliente en esta variable fue Pabellon ($Pr > 0.0045$), siendo altamente significativa, donde se prefieren los valores mas bajos pues esto permite una mayor digestibilidad debido a los altos niveles de lignina

b) Fibra Neutro Detergente (NDF)

El cultivar más sobresaliente en esta variable fue Pabellon ($Pr > 0.0825$), siendo no significativa, donde se prefieren los valores mas altos pues esto permite una mayor digestibilidad debido a los altos niveles de hemicelulosa.

5.3. Conclusiones de la hipótesis de trabajo del primer objetivo sobre la respuesta fenologica del nopal a los cambios ambientales

1. - Los cultivares Liso Forrajero y Pabellon fueron los tratamientos que mejor se adaptaron a las condiciones ambientales de la región debido a que los cambios ambientales no fueron tan drásticos como para afectar las características fenológicas más sobresalientes, que fueron: peso fresco por cladodio, grosor de cladodio, rendimiento por planta, kilogramos por hectárea de materia seca y porcentaje de materia seca.

2. - Otras características que se analizaron en donde los tratamientos restantes salieron sobresalientes fueron: COPENA CE-2 sobresalio en el número de cladodios por planta, número de brotes y ancho de cladodio, COPENA CE-1 fue sobresaliente en el porcentaje de materia seca y el COPENA F-1 en el número de tunas por planta y largo de cladodio.

5.4. Conclusiones de la hipótesis del segundo objetivo de trabajo sobre el efecto y el contenido de la fibra en la digestibilidades de los animales

Los cultivares cuando tienen un menor ADF son mejores para la digestibilidad de los animales siendo este el caso del Liso Forrajero con 15.54 y Pabellon con 14.32, sin embargo, los cultivares que se consideran menos digestibles son COPENA F-1 COPENA CE-1 y COPENA CE-2.

Es importante resaltar que con respecto a los valores de NDF los valores más altos presumiblemente nos indican una mayor digestibilidad siendo el Pabellon el cultivar más alto en esta variable con 36.06, siguiendo el COPENA CE-1 y hacia abajo COPENA CE-2 con 33.86, COPENA F-1 con 32.46 y por último Liso Forrajero con 29.78. Sin embargo, no mostró los valores que esperábamos por algún problema de muestro o metodológico pues respecto a los valores de ADF son más sobresalientes.

Con respecto a la relación NDF/ADF se puede comentar que esta relación en forma general es de 2:1, de acuerdo a los datos observados, el ADF normalmente es la mitad del valor del NDF cuya media en esta investigación es 2.12/1. Sin embargo, esperábamos que el

Liso Forrajero se comportara así como lo hizo el Pabellon ya que los valores más pequeños de ADF están relacionados con los valores más altos de NDF, sin embargo, el Liso Forrajero no se comportó así debido presumiblemente a un error metodológico o de muestreo.

Resumiendo en forma general se puede comentar que los cultivares Liso Forrajero y Pabellón son muy parecidos en todas sus características fenológicas y en los niveles de fibra.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados antes obtenidos, se recomienda seguir con una línea de investigación para los cultivos Liso Forrajero y Pabellon ya sea en forma individual o en conjunto, para evaluar su productividad en cuanto al porcentaje de fibra ácido detergente (ADF) y el porcentaje de fibra neutro detergente (NDF) que están directamente ligados con la digestibilidad de los alimentos, también tomar en cuenta, el hacer un establecimiento y explotación de estos cultivares, ya que considerando los resultados de esta investigación, estos cultivares deben presentar el mismo comportamiento en cuanto a las variables estudiadas y así poder hacer un estudio económico para comprobar su rentabilidad, entonces de este recurso podremos obtener un sin fin de beneficios para nuestros ganaderos, ya que debido a las condiciones que imperan en nuestro país, tanto de orden climática como de índole política financiera, este recurso puede llegar a ocupar el primer lugar en cuanto al renglón de alimentación se refiere.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Acuña M; M.,E. 1989. Evaluación agroecológica de sistemas de plantación de nopal forrajero (*Opuntia* spp.) en zonas áridas. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah. México. 147p.
- Barrientos P.,F. y O. Bauer H. 1964. Multiplicación vegetativa del nopal a partir de fracciones mínimas de una planta. ENA. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México
- Barrientos P.,F. 1965. "Mejoramiento de diferentes especies de (*Opuntia*). En: Memoria del 1º Congreso de Fitogenética. Sociedad mexicana de Fitogenética. México
- Barrientos P.,F. 1969. El mejoramiento del nopal (*Opuntia* spp) en México. Simposium Internacional sobre el aumento de la producción de zonas áridas. Ed. Texas technological college. Lubbock Texas.
- Blanco M.,G. 1966. "El nopal como forraje para el ganado en zonas áridas. Aprovechamiento de la tuna". Rev. El campo 42(887) 4:16.
- Borrego E., F y V. Burgos N. 1986. El nopal. Saltillo, Coah. México. UAAAN. 202 p.
- Bravo H., y I. Piña L. 1979. Cactáceas y suculentas mexicanas. Organo de la Sociedad Mexicana de Cactología A.C. Tomo XXIV No. 2, Abril-Junio p.p. 27-30.

Mexicana de Cactología A.C. Tomo XXIV No. 2, Abril-Junio p.p. 27-30.

Bravo H., H. 1978. Las cactáceas de México. 2° Ed. Vol. 1. UNAM. México. 755 p.

Bravo M., 1966. El nopal como forraje para el ganado en las zonas áridas y aprovechamiento de la tuna. El campo 42 (887): 4-6, 1,10,12,14,16. México, D.F.

Britton, N.L. and Rose, J.N. 1963. The Cactaceas descriptions and illustrations of plants of the cactus family. New York, USA.

Brom R., 1976. El nopal, El campo. Comisión Nacional Frutícola. , Pags. 1013-1015 México.

Buxbaum, F. 1950. Morfology of cacti, section I. Roots and stems. Abrey gardean press. Pasadena, California.

Cano L., M. G. 1998. "Efecto de la irradiación en la variación fenotípica de características morfológicas del sorgo escobero" *Sorghum vulgare* Pirs. Tesis profesional En Marín, N.L.

Colín C.,B. 1976. Industrialización del nopal y sus productos, tecnología LANFI, México.

Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agrícola y Ganadero del Estado de México. (CODAGEM).1981. Perspectivas de la utilización del nopal y la tuna, folleto informativo No. 282, México.

Comisión Nacional de Zonas Áridas 1981. El nopal. Instituto nacional de investigaciones forestales. Publicaciones especiales No. 34. México. p.p. 11-17.

Cronquist, A. 1977. Introducción a la botánica. Ed. CECSA. 2° Ed. México. 848 p.

Daintith, J. y Tootill E. 1998. Diccionario de Biología. Grupo editorial Norma educativa 342 p.

De Alba J., 1971. Alimentación del ganado en América Latina. La prensa medica mexicana, México.

De la Rosa H. J., P. y D. Santamaría, A. Defino 1998. "El nopal" Usos, manejo agronómico y costos de producción en México, Saltillo, Coah. México. 182 p.

Desierto y Ciencia, (CONAZA-CIQA). 1983. Los climas de México, clima y desierto chihuahuense, las zonas semiáridas de México. Saltillo, Coah. México. 48 p.

Flores V., C.A. 1977. El nopal como forraje. Tesis Ing. Agrónomo. Departamento de Zootecnia. ENA. Chapingo, México. p.179.

García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen U.N.A.M. México.

García Q., A. 1955. Hidrología de las zonas áridas de México. En: mesas redondas sobre problemas de las zonas áridas en México. México, Instituto mexicano de recursos

naturales renovables. 43-52 p.p.

Gastón C.,J. 1981. "Proceso de carga y descarga frutal en poblaciones naturales de (*Opuntia streptacantha* lemaire) monografía técnico científica, Serie Recursos Naturales. Vol. 7, Núm. 4. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah. México.

González G., M.A. 1974. Perspectivas de la industrialización de la tuna. Ponencia en mesa redonda del IMCE. Marzo 3, 1974. Saltillo, Coah. (Inédito).

Hoffman, G.O. and Darrow, R.A. 1964. Prickly Pear, good or bad? Texas Agriculture extension service. B-806.

Instituto de investigación de zonas desérticas. 1971. La tuna y sus productos industriales en S.L.P., Aguascalientes y Zacatecas. México. 80 p.

(INEGI) Instituto nacional de estadística geométrica e informática. Carta temática topográfica 1978.

(INEGI) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1978. Carta topográfica. Escala 1:50,000 Marín, N.L.

López G., J.J. y J. Elizondo E. 1990. El conocimiento y aprovechamiento del nopal. En Memorias de la 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 359 p.

- Lozano G., M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis profesional. UAC. Escuela superior de agricultura. Saltillo, Coah. México. 65 p.
- Marroquín S., J. G. Borja L., R. Velázquez C. y J.A. De la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. México. I.N.I.F. Pub. Esp. 2. 166p.
- Martínez M., L. 1968. Estudios de nopal rastrero forrajero y de nopal frutal (*Opuntia* spp.) En: Memorias del Simposium Internacional sobre el aumento de la producción de alimentos en zonas áridas. ICASALS. Pub. No. 3 Texas Tech. College Lubbock, Texas p.p. 81-89.
- Narro F., E. 1970. Cultivo y aprovechamiento del nopal. Nota agrícola p.p. 71-73.
- Ontiveros P., J.L. A. Saldaña A. 1986. Colección, identificación y evaluación de nopal tunero (*Opuntia spp*) en el sur del estado de Nuevo León. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México
- Paredes L.,O. y Rojo, R. 1973. "Estudio para el enlatado de jugo de tuna". Tecnología de alimentos, p.p. 237-240. México.
- Piña L.,I. Principales países productores de grana fina y algunos aspectos biológicos sobre la producción de este producto, tecnología LANFI 3:14-16, (1979)

Ramírez M.,E. 1972. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. Mundo científico. J.P.N.-COFAASEDICT. No. 4: 10-14 p.

Ranson, S.L. and M. Tomas. 1960. Crassulacean acid metabolism. Annu. Rev. Plant. Physiol. 11, 81-110.

Revuelta G.,L. 1963. Bromatología zootecnica y alimentación animal. 2ª Ed. Salvat, Madrid, España. 1044 p.

Reyna T., E. 1943. Estudio fitotécnico en S.L.P. Tesis profesional. ENACH. Chapingo. Edo. de México, México.

Rojas M., P. 1961. Aprovechemos las zonas áridas cultivo de nopal tunero. México. p.p. 48-54.

Solis M., M.J. 1990. Dinámica y producción de las poblaciones naturales de *Opuntia rastrera* Weber y *Opuntia lindheimeri* var. *lindheimeri* Engelman aprovechadas en el Sureste de Coah. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 91 p.

Torres R., E. 1979. Climatología y meteorología. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 84 p.

Van Soest P., J. 1982. Nutricional ecology y of the ruminant, Durham and Downey, Inc. 300 NW 14 th Ave. Portland, OR 97209, p. 374.

Vázquez A., R.E. y C. Gallegos V., 1995. Organic fertilization for production of young tender pads of *Opuntia spp* in Nuevo Leon, Mexico. First Annual Conference. on Profesional Asociation for Cactus Development. p 49-60. San Antonio Texas. Texas A. and M. University Extension Service. Sep 14-17. 1995.

Vázquez A., R.E. Y C. Gallegos V. 1997. Efecto del estiércol vacuno en el segundo año de producción de nopal verdura. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso Nacional y 5o Internacional. p 148. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.

Vázquez A., R.E., G.E. Salinas G., C. Gallegos V., C.A. Flores V. 1997. Banco de germoplasma de nopal para las condiciones ambientales del Estado de Nuevo León. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso Nacional y 5o Internacional. p 308. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.

Vázquez A., R.E., R. Canales Z. 1997. Efecto de la orientación del cladodio madre del nopal al momento de la siembra, con respecto a la brotación y el rendimiento. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso

Nacional y So Internacional. p 306. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.

Vazquez A., R.E. 1999. Taller sobre conocimiento y aprovechamiento de nopal. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín. México. (Inedito)

Viana S.,P. 1965. El uso del nopal sin espinas en la alimentación del ganado. Congreso Internacional de Pasturas. Anales 9°. Sao Paulo, Brasil. 2:1461.

Villalpando I., J.F. 1984. Caracterización agroclimática del área de influencia de los campos experimentales de la zona centro. SARH-INIA, Zapopan, Jalisco, México

Villareal G.,A. s/f “En nopal como forraje para el ganado”. Folleto E.N.A., Chapingo, México. _____1959. “El nopal como forraje. Revista Chapingo 12 (73): 220-230.

Villarreal A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. 1° Congreso de investigación agrícola en México. Chapingo, México. p.p. 210-220.

Villarreal F., B.E. de Alba y G. Romero. 1964. Estudio químico sobre jugos de tunas enlatadas. Ciencias. 23: 75-82. México, D.F.

Zertuche R. 1966. El nopal almacén de agua y nutrientes. El Surco 71(2): 2-3. México, D.F.

VIII. GLOSARIO

- Ahuates.** Derivados epidérmicos muy delgados, pequeños, rígidos y muy numerosos. Muy semejantes a las espinas en cuanto a su estructura, pero muy sencillas.
- Acidos.** Se refiere a suelos con un pH de 0 a 6.9
- Alcalinos.** Sustancias que alteran el sistema nervioso.
- Apice.** Extremo superior o punta de una cosa.
- Areola.** Organó característico de las Cactáceas, se consideran yemas homologas a las yemas axiales de la otras dicotiledoneas. Estas dan origen a hojas reducidas, flores, nuevos tallos, gloquídeas, pelos, cerdas, lana, espinas y a veces raíces adventicias.
- Aridez.** Se refiere a suelos secos o estériles para la producción agrícola.
- Arilo.** Excrecencia que se forma de la superficie del rudimento seminal que se localizaba en muy diversos puntos del tegumento externo y también muy variable por su desarrollo.
- Apacentamiento.** Acción de mantener al ganado en los campos para su aprovechamiento.
- Artículo.** Ver Cladodio. (sinónimo de cladodio)
- Bromatológico.** Se dice de la ciencia que estudia las diversas sustancias que sirven de alimento a los animales, desde un punto de vista nutricional.
- Cactáceas.** Plantas perenes, de tallos suculentos; las hojas atrofiadas se transforman

en espinas; flores hermafroditas, fruto carnososo.

- Calcáreos.** Son los terrenos en los que el componente principal es el carbonato de calcio.
- Cajete** Espacio hecho alrededor de la planta con bordes para acumular agua al regar.
- Coloides.** Substancias incapaces de atravesar la membrana de los dializadores y que pueden encontrarse en estado líquido (sol) o en estado sólido (gel), se fijan a los fertilizantes impidiendo que sean arrastrados por las aguas a través del suelo.
- Cotiledones.** Primera hoja del embrión de las cotiledoneas, generalmente más sencilla en su estructura que las hojas formadas después, actúa como órgano de almacenamiento de la semilla.
- Cladodio.** Rama de forma comprimida o hasta laminar, generalmente con hojas rudimentarias, de color verde, en la que se localiza la función clorofílica.
- Crasuláceas.** Plantas herbáceas con hojas suculentas que almacenan agua.
- Denticulado.** Órgano que tiene dientecillos muy menudos.
- Digestibilidad.** Cantidad de alimento que un animal puede digerir evaluada en %, se toma en cuenta lo consumido contra lo excretado.
- Ecológica.** Ciencia de la biología que estudia al ser vivo y sus relaciones con el medio ambiente.
- Edáficas.** Características físicas, químicas y biológicas del suelo, sus componentes más importantes son el contenido de agua, el pH, la materia orgánica y

la textura del suelo.

- Elípticas.** Se le llama así a la forma de elipse que toman las hojas.
- Endémica.** Especie animal o vegetal exclusiva de una área determinada, de la cual se considera originaria.
- Erosión.** Rebajamiento producido en la superficie de un cuerpo por el roce de otro.
- Estabulación.** Es llamado así a la acción de confinar al ganado en corrales para controlar de cerca su progreso.
- Estío.** Se le llama así a las épocas en donde hay secases de agua.
- Felonógico.** Aspecto de un organismo determinado por la interacción del genotipo con el medio ambiente.
- Fitoparasitos.** Se refiere al control sanitario de parásitos dañinos.
- Fitosanitario.** Sinonimia de sanidad vegetal que se aplica al conjunto de servicios por la defensa de las plantas.
- Funiculos.** Filamento por el cual el óvulo se inserta en la placenta en los ovarios de las angiospermas.
- Gloquideas.** Derivados epidérmicos muy delgados, pequeños, rígidos y muy numerosos. Muy semejantes a las espinas en cuanto a su estructura, pero muy sencillas.
- Gramíneas.** Familia botánica que se caracterizan por ser plantas herbáceas, tallos cilíndricos, flores hermafroditas, etc.
- Herbáceas.** Plantas con aspecto de hierba y constitución tierna.

| | |
|----------------------|---|
| Heterogéneas. | Se refiere a una muestra de individuos de diferentes características. |
| Hídrico. | Se refiere al volumen de un líquido para tener un equilibrio proporcional. |
| Igneos. | Son los suelos de origen volcánico. |
| Intraestival. | Se les llaman así a las lluvias que caen entre estaciones climáticas. |
| Leñoso. | Lignificado, referente a la leña. |
| Mesocarpio. | Capa media del fruto cuya textura varia según la fruta, puede servir como protector o como medio de dispersión. |
| Morfológicas. | Estudio de la forma externa de los organismos. |
| Mucronado. | Organo que remata de manera abrupta o súbita en una punta corta, en un mucrón. |
| Oblongo. | Mas largo que ancho. |
| Obovado. | De forma de huevo pero con la parte ancha hacia el ápice. |
| Ovado. | De forma de huevo con la parte ancha hacia la base. |
| Pecuaria. | Se dice de la explotación animal para el beneficio del hombre. |
| Pectina. | Polisacaridos que con las hemicelulosas forman la matriz de las paredes celulares de las plantas. Sirven para conglutinar las fibras de celulosa. |
| Penca. | Ver cladodio. (sinónimo de cladodio) |
| Polinización. | Es el traslado del polen de la antera al estigma, puede ser por autopolinización, por insectos o por el viento. |
| Perianto. | Parte de la flor que rodea a los estambres y carpelos. Suele consistir en dos remolinos de estructuras como hojas que se diferencian en sépalos y |

pétalos.

- Pericarpio.** Pared ovarica que se convierte en la pared del fruto a medida de que se desarrolla.
- Rastrera.** Que crece pegada al suelo.
- Surco.** Cavidad superficial angosta, presente en el dorso del tubérculo.
- Tallo.** Ver cladodio.
- Tepetatoso.** Se les llama así a los suelos que tienen mucha piedra y es difícil su manejo.
- Tronco.** Tallo fuerte y macizo de los árboles y arbustos.
- Tuna.** Fruta comestible de los nopales y otras cactáceas.

IX. APENDICE

Cuadro 1A.- Análisis de varianza de la variable Fibra Acido Detergente (ADF).

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 17.0147 | 4.2536 | 6.69 | 0.0045 |
| Repetición | 3 | 7.2440 | 2.4246 | 3.81 | 0.0395 |
| Error | 12 | 7.6331 | 0.6361 | | |
| Total | 19 | 31.9219 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 5.03

Media general = 15.862

Altamente significativo

Cuadro 2A.- Análisis de varianza de la variable Fibra Neutro Detergente (NDF).

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 100.3463 | 25.0865 | 2.69 | 0.0825 |
| Repetición | 3 | 8.0560 | 2.6853 | 0.29 | 0.8334 |
| Error | 12 | 111.9771 | 9.3314 | | |
| Total | 19 | 220.3795 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 9.12

Media General = 33.5050

No significativo

Cuadro 3A.- Análisis de varianza de la variable número de cladodios por planta.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 336.0000 | 84.0000 | 11.35 | 0.0005 |
| Repetición | 3 | 46.9500 | 15.6500 | 2.11 | 0.1517 |
| Error | 12 | 88.8000 | 7.4000 | | |
| Total | 19 | 471.7500 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 19.78

Media General = 13.75

Altamente Significatvo **

Cuadro 4A.- Análisis de la varianza de la variable número de brotes por planta.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 407.3000 | 101.8250 | 3.28 | 0.0492 |
| Repetición | 3 | 292.5500 | 97.5167 | 3.14 | 0.0652 |
| Error | 12 | 372.7000 | 31.05 | | |
| Total | 19 | 1072.5500 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 29.56

Media General = 18.85

Significativo *

Cuadro 5A.- Análisis de varianza de la variable peso fresco de cladodio en gramos.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|---------------------|------------------|--------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 1469262.7050 | 367315.68 | 11.83 | 0.0005 |
| Repetición | 3 | 145755.8575 | 48585.283 | 1.56 | 0.3400 |
| Error | 12 | 372466.9350 | 31038.946 | | |
| Total | 19 | 1987485.9975 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 19.42

Media General = 906.87

Altamente Significativo **

Cuadro 6A.- Análisis de varianza de la variable grosor de cladodio en centímetros.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 20.6179 | 5.1544 | 15.71 | 0.0001 |
| Repetición | 3 | 0.2657 | 0.0885 | 0.27 | 0.8458 |
| Error | 12 | 3.9362 | 0.3280 | | |
| Total | 19 | 24.8199 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 23.39

Media General = 2.44

Altamente Significativo **

Cuadro 7A.- Análisis de varianza de la variable rendimiento por planta en kilogramos

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 690637648.67 | 172659412.17 | 11.27 | 0.0005 |
| Repetición | 3 | 6097124.31 | 2032374.77 | 0.13 | 0.9387 |
| Error | 12 | 183764277.72 | 15313689.81 | | |
| Total | 19 | 880499050.71 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 30.24

Media General = 12941.03

Altamente Significativo **

Cuadro 8A.- Análisis de varianza de la variable número de tunas por planta.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 222.8000 | 55.7000 | 1.54 | 0.2519 |
| Repetición | 3 | 154.8000 | 51.6000 | 1.43 | 0.2827 |
| Error | 12 | 433.2000 | 36.1000 | | |
| Total | 19 | 810.8000 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 231.08

Media General = 2.60

No Significativo

Cuadro 9A.- Análisis de varianza de la variable largo de cladodio en centímetros.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 275.5107 | 68.8776 | 2.83 | 0.0724 |
| Repetición | 3 | 37.7680 | 12.5893 | 0.53 | 0.6778 |
| Error | 12 | 291.6361 | 24.3030 | | |
| Total | 19 | 604.9149 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 19.81

Media General = 24.87

No Significativo

Cuadro 10A.- Análisis de varianza de la variable ancho de cladodio en centímetros.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 21.4673 | 5.3668 | 2.29 | 0.1198 |
| Repetición | 3 | 4.9079 | 1.6359 | 0.70 | 0.5711 |
| Error | 12 | 28.1339 | 2.3444 | | |
| Total | 19 | 54.5092 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 12.66

Media General = 12.08

No Significativo

Cuadro 11A.- Análisis de varianza de la variable materia seca en kilogramos por hectárea.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 2382.4215 | 595.6053 | 2.48 | 0.1003 |
| Repetición | 3 | 792.9805 | 264.3268 | 1.10 | 0.3872 |
| Error | 12 | 2885.4298 | 240.4524 | | |
| Total | 19 | 6060.8318 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. =34.29

Media General = 45.21

No Significativo

Cuadro 12A.- Análisis de varianza de la variable porcentaje de materia seca.

| Fuentes | G.L. | S.C. | C.M. | F.c | Pr>F |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| Tratamiento | 4 | 3.3770 | 0.8442 | 0.37 | 0.8260 |
| Repetición | 3 | 4.8166 | 1.6055 | 0.70 | 0.5687 |
| Error | 12 | 27.4378 | 2.2864 | | |
| Total | 19 | 35.6314 | | | |
| Corregido | | | | | |

C.V. = 29.39

Media General = 5.14

No Significativo

Cuadro 13A.- Base de datos de las determinaciones de fibra neutro detergente (NDF).

| Muestra | Peso Muestra | Peso de Papel | Peso Seco | % NDF |
|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------|--------------|
| COPENA CE-1 R-1 | 1.1254 | 0.843 | 1.2685 | 37.81 |
| COPENA CE-1 R-2 | 1.1521 | 0.9359 | 1.3719 | 37.84 |
| COPENA CE-1 R-3 | 1.0682 | 0.9395 | 1.2902 | 32.83 |
| COPENA CE-1 R-4 | 1.07 | 0.9215 | 1.2747 | 33.01 |
| COPENA CE-2 R-1 | 1.0157 | 0.9257 | 1.2661 | 33.51 |
| COPENA CE-2 R-2 | 1.0293 | 0.8412 | 1.1771 | 32.63 |
| COPENA CE-2 R-3 | 1.0411 | 0.9467 | 1.3298 | 36.8 |
| COPENA CE-2 R-4 | 1.0104 | 0.8347 | 1.1629 | 32.49 |
| PABELLON R-1 | 1.1609 | 0.9443 | 1.4077 | 39.92 |
| PABELLON R-2 | 1.0481 | 0.916 | 1.2393 | 30.85 |
| PABELLON R-3 | 1.0268 | 0.9423 | 1.3158 | 36.38 |
| PABELLON R-4 | 1.1903 | 0.9313 | 1.3727 | 37.08 |
| LISO FORRAJERO R-1 | 1.0657 | 0.8735 | 1.2045 | 31.06 |
| LISO FORRAJERO R-2 | 1.0869 | 0.8568 | 1.1884 | 30.51 |
| LISO FORRAJERO R-3 | 1.0675 | 0.8735 | 1.1638 | 27.19 |
| LISO FORRAJERO R-4 | 1.1491 | 0.9298 | 1.2788 | 30.37 |
| COPENA F-1-R-1 | 1.039 | 0.9382 | 1.2389 | 28.94 |
| COPENA F-1-R-2 | 1.1412 | 0.8678 | 1.2295 | 31.69 |
| COPENA F-1-R-3 | 1.054 | 0.9398 | 1.3271 | 36.75 |
| COPENA F-1-R-4 | 1.0542 | 0.8596 | 1.2016 | 32.44 |

Cuadro 14A.- Base de datos de las determinaciones de fibra ácido detergente (ADF).

| Muestra | Peso Muestra | Peso de Papel | Peso Seco | % ADF |
|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------|--------------|
| COPENA CE-1 R-1 | 1.0509 | 0.9323 | 1.0918 | 15.18 |
| COPENA CE-1 R-2 | 1.0633 | 0.9304 | 1.0927 | 15.26 |
| COPENA CE-1 R-3 | 1.0996 | 0.9737 | 1.1581 | 16.77 |
| COPENA CE-1 R-4 | 1.0305 | 0.919 | 1.0928 | 16.87 |
| COPENA CE-2 R-1 | 1.0085 | 0.9394 | 1.1001 | 15.93 |
| COPENA CE-2 R-2 | 1.0581 | 0.9589 | 1.1276 | 15.94 |
| COPENA CE-2 R-3 | 1.014 | 0.9197 | 1.1011 | 17.89 |
| COPENA CE-2 R-4 | 1.0087 | 0.9645 | 1.1224 | 1565 |
| PABELLON R-1 | 1.1238 | 0.9414 | 1.1052 | 14.58 |
| PABELLON R-2 | 1.0292 | 0.9287 | 1.0657 | 13.31 |
| PABELLON R-3 | 1.0588 | 0.9219 | 1.0774 | 14.69 |
| PABELLON R-4 | 1.0651 | 0.9123 | 1.0688 | 14.69 |
| LISO FORRAJERO R-1 | 1.0778 | 0.9513 | 1.1225 | 15.88 |
| LISO FORRAJERO R-2 | 1.1375 | 0.927 | 1.095 | 14.77 |
| LISO FORRAJERO R-3 | 1.1959 | 0.9251 | 1.114 | 15.8 |
| LISO FORRAJERO R-4 | 1.1673 | 0.949 | 1.1322 | 15.69 |
| COPENA F-1-R-1 | 1.0369 | 0.9223 | 1.1168 | 18.76 |
| COPENA F-1-R-2 | 1.0658 | 0.9284 | 1.0929 | 15.43 |
| COPENA F-1-R-3 | 1.035 | 0.9186 | 1.1041 | 17.92 |
| COPENA F-1-R-4 | 1.0416 | 0.9515 | 1.1205 | 16.23 |

Cuadro 15A.-Concentracion de datos de materia seca de cinco cultivares de nopal forrajero, en base a materia fresca y seca. Marín, Nuevo León.

| Variedad | Muestra Fresca Gramos | Muestra Seca Gramos | % Materia Seca |
|--------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Copena CE-1 I | 425 | 23.59 | 5.55 |
| Copena CE-1 II | 613.8 | 29.94 | 4.48 |
| Copena CE-1 III | 470.9 | 33.2 | 7.05 |
| Copena CE-1 IV | 822.7 | 42.34 | 5.14 |
| Copena CE-2 I | 968.1 | 32.69 | 3.37 |
| Copena CE-2 II | 764.2 | 41.11 | 5.37 |
| Copena CE-2 III | 645 | 24.16 | 3.74 |
| Copena CE-2 IV | 663.6 | 53.57 | 8.07 |
| Pabellón I | 1,119.2 | 69.94 | 6.24 |
| Pabellón II | 1405.7 | 34.50 | 2.45 |
| Pabellón III | 1300 | 63.56 | 4.88 |
| Pabellón IV | 134.6 | 82.45 | 6.32 |
| Liso Forrajero I | 1.188.8 | 30.06 | 2.52 |
| Liso Forrajero II | 1339.5 | 67.41 | 5.03 |
| Liso Forrajero III | 770.7 | 39.21 | 5.08 |
| Liso Forrajero IV | 1392.3 | 73.09 | 5.24 |
| Copena F 1 I | 889.3 | 53.60 | 6.02 |
| Copena F 1 II | 849.1 | 48.44 | 5.70 |
| Copena F 1 III | 647 | 34.75 | 5.37 |

Cuadro 16A.-Datos fenológicos de cinco cultivares de nopal forrajero Marín, Nuevo León.

| VARIEDAD | NUMERO DE BROTOS | | TUNAS | PENCA | TAMAÑO (CM) | | |
|--------------------|------------------|---------|-------|--------|-------------|--------|-------|
| | Maduros | Tiernos | | | No. | Gramos | Largo |
| Copena CE-1 I | 5 | 12 | 10 | 425 | 24.65 | 10.25 | 1.475 |
| Copena CE-1 II | 10 | 26 | | 613.8 | 31.25 | 13.6 | 1.17 |
| Copena CE-1 III | 10 | 21 | | 470.9 | 25.75 | 10.85 | 1.195 |
| Copena CE-1 IV | 7 | 18 | | 822.7 | 43.25 | 12.85 | 1.215 |
| Copena CE-2 I | 19 | 23 | | 968.1 | 24.1 | 13.1 | 1.75 |
| Copena CE-2 II | 17 | 14 | | 764.2 | 21.05 | 13 | 2.325 |
| Copena CE-2 III | 21 | 39 | | 645 | 22.7 | 13.4 | 1.675 |
| Copena CE-2 IV | 19 | 33 | | 663.6 | 20.95 | 15.25 | 1.38 |
| Pabellón I | 12 | 14 | | 1119.2 | 19.15 | 12.4 | 3.625 |
| Pabellón II | 12 | 11 | 6 | 1405.7 | 22.9 | 13.85 | 3.615 |
| Pabellón III | 19 | 27 | | 1300 | 22.2 | 12.5 | 3.57 |
| Pabellón IV | 15 | 18 | | 1304.6 | 23.65 | 12.25 | 3.44 |
| Liso Forrajero I | 17 | 15 | | 1188.8 | 22.15 | 12.4 | 3.535 |
| Liso Forrajero II | 12 | 13 | | 1339.5 | 26.85 | 14.95 | 2.975 |
| Liso Forrajero III | 21 | 16 | | 770.7 | 17.15 | 8.1 | 4.675 |
| Liso Forrajero IV | 18 | 13 | | 1392.3 | 21.75 | 13 | 3.86 |
| Copena F 1 I | 7 | 11 | 9 | 889.3 | 26.76 | 10.85 | 1.63 |
| Copena F 1 II | 15 | 15 | 27 | 849.1 | 23.35 | 9.15 | 3.06 |
| Copena F 1 III | 10 | 20 | | 647 | 32.5 | 12.5 | 1.065 |
| Copena F 1 IV | 9 | 18 | | 558 | 25.45 | 10.5 | 1.68 |

