

11662



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

4

« ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD QUELANTE DE
POLISACARIDOS DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) Y MEZQUITE
(*Prosopis pallida*), SOBRE MINERALES ESENCIALES DE LA DIETA. »

T E S I S

Que para obtener el grado de
Maestro en Nutrición Animal

P R E S E N T A

Manuela Landavazo Peinado

293345



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARTA DE VOTOS APROBATORIOS

Coordinación General de Estudios de Posgrado
FES-Cuautitlán
Presente.

Por medio de la presente nos permitimos comunicar a usted que revisamos la tesis titulada "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD QUELANTE DE POLISACARIDOS DE ALGARROBO (Ceratonia siliqua) Y MEZQUITE (Prosopis pallida) SOBRE MINERALES ESENCIALES DE LA DIETA".

que presenta el (la) alumno (a) MANUELA LANDAVAZO PEINADO

con número de cuenta 8980078-6 y número de expediente 75529

para obtener el grado de MAESTRA EN NUTRICION ANIMAL

Consideramos que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el Examen de Grado correspondiente, otorgamos el voto aprobatorio.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

_____ a _____ de _____ del _____

NOMBRE DE LOS SINODALES

Presidente M.C. IRMA TEJADA CASTAÑEDA

Vocal DR. RENE ROSILES MARTINEZ

Secretario DR. JUAN ALFREDO SALAZAR MONTOYA

Primer Suplente DRA. EMMA GLORIA RAMOS RAMIREZ

Segundo Suplente DR. EFREN RAMIREZ BRIBIESCA

El presente trabajo « Estudio comparativo de la capacidad quelante de polisacáridos de Algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y Mezquite (*Prosopis pallida*) sobre minerales esenciales de la dieta », fue desarrollado en el Laboratorio de Toxicología de Alimentos del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional bajo la dirección de la Dra. Emma Gloria Ramos Ramírez.

INDICE GENERAL

| | Pag. |
|--|------|
| TITULO | |
| INDICE GENERAL | i |
| DEDICATORIAS | iii |
| AGRADECIMIENTOS | v |
| INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS | vi |
| NOMENCLATURA | viii |
| RESUMEN | ix |
| I.- INTRODUCCION | 1 |
| I.1.- Importancia económica de <i>Prosopis sp</i> | 4 |
| I.2.- Beneficios del aprovechamiento de nuevos bioproductos Agrícolas | 4 |
| I.3.- Importancia de <i>Prosopis sp</i> como fuente de fibra en la dieta animal. | 5 |
| I.4.- Importancia nutricional de la goma de semilla de <i>Prosopis Sp.</i> | 6 |
| I.5.- Importancia médica de la fibra dietética | 8 |
| II. ANTECEDENTES | 8 |
| II.1.- Clasificación de las gomas de acuerdo a su origen. | 11 |
| II.2.- Clasificación de la fibra dietética | 11 |
| II.3.- Propiedades funcionales de las gomas | 18 |
| II.4.- Importancia de los minerales esenciales determinados. | 21 |
| II.5.- Posibles deficiencias de minerales debidas a diversas Fuentes de fibra en la dieta. | 34 |
| III.- JUSTIFICACION | 35 |
| IV.- HIPOTESIS DE TRABAJO | 36 |
| V.- OBJETIVOS | 36 |
| VI.- METODOLOGIA | 36 |
| VI.1.- Obtención de la goma de mezquite | 36 |
| VI.2.- Molienda y granulometría | 36 |
| VI.3.- Animales | 37 |
| VI.4.- Reactivos para la elaboración de las dietas | 37 |
| VI.5.- Composición y elaboración de dietas | 37 |
| VI.6.- Diseño Experimental | 39 |
| VI.7.- Desarrollo del experimento Fase I | 40 |
| VI.8.- Procedimiento Fase II | 41 |

| | | |
|----------|--|----|
| VII.- | ANALISIS ESTADISTICO Fase I y Fase II | 42 |
| VIII.- | RESULTADOS Y DISCUSION Fase I | 42 |
| VIII.1.- | Ganancia de peso | 42 |
| VIII.2.- | Observaciones y hallazgos en la necropsia Fase I I | 43 |
| VIII.3.- | Resultados en la concentración y distribución de los Minerales en órganos | 47 |
| VIII.4.- | Discusión sobre la concentración de minerales esen- ciales en órganos. | 51 |
| IX.- | CONCLUSIONES | 61 |
| X.- | ANEXOS | 63 |
| XI.- | BIBLIOGRAFIA | 66 |

DEDICATORIAS

CON TODO MI AMOR Y AGRADECIMIENTO A DIOS POR SER EL DUEÑO DE MI VIDA Y MI TIEMPO, POR SER EL MOTOR DE MI VIDA Y EL AUTOR INTELECTUAL DE CUANTO PIENSO, HAGO Y DIGO.

POR ELEGIR A LAS PERSONAS IDONEAS, Y PROVEER LOS RECURSOS Y APOYOS NECESARIOS PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

POR TODAS LAS ENSEÑANZAS ESPIRITUALES Y CIENTIFICAS QUE HE RECIBIDO DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO Y QUE ME HAN PERMITIDO CRECER EN EL CONOCIMIENTO DE DIOS Y DE LOS HOMBRES.

A TODA MI FAMILIA

Por el apoyo físico y moral que recibí en la realización de este trabajo, por su comprensión y un agradecimiento especial por las oraciones de mi madre, mis hijos y mis hermanos Adán, Eva, Lidia y Ma. de los Angeles.

A MIS MAESTROS

Dr. Mauricio Russek (q.e.p.d.)

Dr. Cuauhtémoc Pérez (q.e.p.d.)

Dra, Camila Arriaga Díaz

Dr. Carlos Vázquez Peláez

Dr. Kurt Spross Suárez

Por ser en mi vida un ejemplo de excelencia académica digno de emular siempre

A MI ASESORA

Con todo mi afecto a la Dra. Irma Tejada de Hernández asesora de este trabajo, por la meticulosa revisión del manuscrito y a quien agradezco infinitamente todas las observaciones realizadas, ya que me fueron de gran utilidad y enseñanza.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional por la prestación de Año Sabático y gracias a la cual pude realizar este trabajo y alcanzar esta meta por largo tiempo deseada.

A las autoridades de la E.S.M.

Dr. Santiago Arce Morales (q.e.p.d.)

Dr. Venancio Hernández Cota

Dr. Rafael Campos Rodríguez

Dr. Daniel Pacheco Leal

Dr. Alejandro Solano Gómez

Por la confianza y el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN un agradecimiento muy especial por haberme recibido en sus instalaciones como estudiante externa.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango COCYTED por el apoyo financiero brindado, a través del Proyecto 9606117.

A la Dra. Emma Gloria Ramos Ramírez del Laboratorio de Toxicología de Alimentos del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV por ser la Directora de esta tesis, y por su apoyo técnico, económico y moral en la realización de este trabajo.

Al Dr. Carlos Vázquez Peláez con toda mi admiración, respeto y agradecimiento por su valiosa ayuda en el análisis estadístico de este trabajo.

Al Dr. René Rosiles Martínez y al Dr. Janitzio Bautista Ordóñez, por la valiosa asistencia brindada para la determinación de minerales esenciales, así como las instalaciones y equipo necesario. Sin la cual no hubiese sido posible la culminación de este trabajo.

Al Sr. Carlos Copérnico Hernández Landavazo por asistirme en todas las etapas del trabajo experimental realizado y especialmente en la elaboración del material fotográfico y audiovisual del mismo. No tengo palabras para agradecer el tiempo compartido conmigo, así como la confianza, solidaridad y la buena voluntad mostradas para mí.

Al Dr. Juan Alfredo Salazar Montoya, a la Dra. Adriana Jarillo, M.en C. Hortensia Montellanos, M.en C. Araceli Hernández Tinoco y Q.F.I. Ana Ma. Alvarez Torres, que en una gran muestra de amistad y cordialidad compartieron conmigo sus recursos técnicos y conocimientos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

Al Sr. Delfino García Farfan por la magnífica elaboración de parte del material fotográfico.

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

| | PAG |
|--|-----|
| CUADRO 1.- Producción de <i>Prosopis sp</i> en México | 3 |
| CUADRO 2.- Composición de la vaina de <i>Prosopis pállida</i> y <i>Ceratonía siliqua</i> (g/ Kg en MS). | 9 |
| CUADRO 3.- Fibra dietética, componentes y compuestos asociados (g/Kg en MS) en pulpa de mezquite y de algarrobo | 10 |
| CUADRO 4.- Fuentes de polisacáridos naturales, composición química y usos. | 12 |
| CUADRO 5.- Clasificación de la fibra. | 13 |
| CUADRO 6.- Parámetros morfológicos de las vainas de mezquite y Algarrobo | 19 |
| CUADRO 7.- Principales usos comerciales de los polisacáridos en alimentos | 20 |
| CUADRO 8.- Metaloproteínas de mamíferos | 22 |
| CUADRO 9.- Composición de las dietas. | 38 |
| CUADRO 10.- Zoometría de rata Wistar | 50 |
| CUADRO 11.- Concentración de minerales en bazo (ppm). | 52 |
| CUADRO 12.- Concentración de minerales en hígado (ppm) | 53 |
| CUADRO 13.- Concentración de minerales en riñón (ppm) | 54 |
| CUADRO 14.- Concentración de minerales en tibia (ppm) | 55 |
| CUADRO 15.- Grados de lesión macroscópica observadas en órganos de rata tratada con gomas de <i>Prosopis p</i> y <i>Ceratonía s.</i> | 56 |
| FIGURA 1.- Distribución geográfica de <i>Prosopis</i> en América. | 2 |
| FIGURA 2.- Rutas para la hidrólisis de los polisacáridos alimenticios en el rumen. | 7 |
| FIGURA 3.- Estructura de la goma de algarrobo. | 16 |
| FIGURA 4.- Obtención de la goma de la semilla de mezquite. | 17 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 5.- Respuesta biológica a la presencia de diversos niveles de minerales. | 23 |
| FIGURA 6.- Metabolismo del cobre en el organismo | 27 |
| FIGURA 7.- Metabolismo del hierro. | 32 |
| FIGURA 8.- Ganancia de peso en ratas Wistar sometidas a diferentes Tratamientos | 44 |
| FIGURA 9.- Curva de crecimiento de ratas Wistar | 45 |
| FIGURA 10.-Deformaciones óseas con dieta libre de fibra | 48 |
| FIGURA 11.- Deformaciones óseas con goma al 2% de <i>Prosopis pallida</i> | 48 |
| FIGURA 12.- Estructuras óseas normales con goma al 5% de <i>Prosopis Pallida</i> | 48 |
| FIGURA 13.- Deformaciones óseas con goma al 2% de <i>Ceratonia siliqua</i> . | 49 |
| FIGURA 14.- Deformaciones óseas con goma al 5% de <i>Ceratonia siliqua</i> | 49 |
| FIGURA 15.- Deformaciones óseas con 5% de celulosa | 49 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO 10 a.- Análisis de varianza de zoometría de rata Wistar | 63 |
| ANEXO 11 a.- Análisis de varianza de concentración de minerales en bazo | 63 |
| ANEXO 12 a.- Análisis de varianza de concentración de minerales en hígado | 63 |
| ANEXO 13 a.- Análisis de varianza de concentración de minerales en riñón | 64 |
| ANEXO 14 a.-Análisis de varianza de concentración de minerales en tibia. | 64 |
| ANEXO 15.- Análisis de varianza para la variable peso | 65 |

NOMENCLATURA

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Pp | <i>Prosopis pallida</i> |
| P sp | <i>Prosopis especie</i> |
| Cs | <i>Ceratonia siliqua</i> |
| Agv | Acidos grasos volátiles |
| TAG | Triacilglicéridos |
| PTH | Parathormona u hormona paratiroidea |
| Ca | Calcio |
| Cu | Cobre |
| Fe | Fierro |
| Mg | Magnesio |
| Zn | Zinc |
| mEq/L | Miliequivalentes por litro |
| LCR | Líquido cefalorraquídeo |
| ATP | Adenosin trifosfato |
| SNC | Sistema Nervioso Central |
| μ mol / L | Micromol por litro |
| P ₄₅₀ | Citocromo P ₄₅₀ |
| DNA | Acido desoxirribonucléico |
| RNA | Acido ribonucléico |
| HNO ₃ | Acido nítrico |
| H ₂ O ₂ | Peróxido de hidrógeno |
| CaCO ₃ | Carbonato de calcio |
| LDH | Deshidrogenasa láctica |
| MDH | Málico deshidrogenasa |
| ADH | Alcohol deshidrogenasa |
| PAL | Fosfatasa alcalina |
| GDH | Glutamato deshidrogenasa |
| AC | Anhidrasa carbónica |
| SRE | Sistema retículo endotelial |
| MO | Médula ósea |

RESUMEN

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD QUELANTE DE POLISACARIDOS DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) Y MEZQUITE (*Prosopis pallida*) SOBRE METALES ESENCIALES DE LA DIETA.

La necesidad de aprovechar los recursos naturales para generar nuevas alternativas de materias primas para alimentos de uso para el hombre y los animales, constituye el principal interés de esta investigación.

En este trabajo se comparan los efectos de dietas semipurificadas, que incorporan gomas de la semilla de mezquite (*Prosopis sp*) y algarrobo (*Ceratonia siliqua*), como fuentes de fibra dietética, sobre el comportamiento nutricional, y la absorción de minerales esenciales de la dieta. Las citadas gomas tienen estructuras de D-manopiranosidos con cadenas laterales de D-galactosil cada cuatro unidades de manosa, provocan cambios en la viscosidad del contenido gastrointestinal, debido a su elevada higroscopicidad; por lo que pueden modificar la absorción de nutrientes como son proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y vitaminas de la dieta.

El estudio se realizó en ratas macho de la cepa Wistar, de 21 días de edad, con un Peso promedio de 40 a 60 g, fueron distribuidas al azar, en seis grupos Asignándose 6 animales a cada grupo y sometiéndose a tratamientos diferentes: Dieta basal semipurificada, a la cual se les adicionó goma de mezquite (*Prosopis sp*) o de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), ambas en niveles de 2 y 5 %; fueron comparados con dos grupos, uno recibió 5 % de celulosa (fuente convencional de fibra dietética) y otro libre de fibra, usando almidón de maíz como fuente de carbohidratos. Las dietas fueron todas isoprotéicas e isocalóricas y aplicadas durante 4 semanas. Los parámetros evaluados fueron ganancia de peso, medidas Zoométricas (talla, longitud y diámetro del fémur y peso de órganos como hígado, riñón, bazo y ciego. Se practicó la necropsia y se hicieron las observaciones macroscópicas de los animales. Se extirparon órganos como bazo, hígado, riñón y tibia para determinar la concentración de minerales esenciales.

Las diferencias en el peso final alcanzado por los animales no fueron significativas ($p > 0.05$), aunque si se aprecia un efecto contrario, es decir los animales tratados con la goma de *Prosopis* muestran mayor ganancia de peso, mientras que los tratados con goma de *Ceratonia* muestran menor ganancia de peso. Con respecto al nivel de inclusión, la goma de *Prosopis* tiene un comportamiento directamente proporcional, es decir a mayor concentración de goma, mayor ganancia de peso, mientras que para la goma de *Ceratonia* el comportamiento es inverso, es decir, a mayor concentración de goma, menor ganancia de peso. Respecto al peso de los órganos las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$), excepto en el peso del riñón para el tratamiento T-IV (5 %C) que fué de 0.64 g comparado con el control 0.81 g.

Respecto a la concentración de los minerales calcio, cobre, hierro, magnesio y cinc determinados en bazo, hígado, riñón, y tibia, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) en la concentración de cobre, el cual se encontró con una concentración menor a 0.1 ppm, comparado con el valor normal reportado en la literatura que es de 2 ppm/g de tejido. Esta deficiencia se encontró en todos los órganos estudiados y en todos los grupos, incluyendo el grupo control C-II (libre de fibra). El hierro en bazo se encontró disminuido significativamente ($p < 0.01$) para el grupo T-II (5%P). El magnesio se encontró disminuido significativamente ($p < 0.05$) en riñón y bazo para el grupo T-III (2 %C). El cinc se encuentra disminuido significativamente ($p < 0.05$) en hígado en los grupos T-I (2 % P), T-II (5 % P) y T-IV (5 % C).

Se infiere que la goma de *Prosopis* es hidrolizada en el colon, por la flora bacteriana y que los animales aprovecharon estos subproductos del metabolismo bacteriano como fuentes energéticas. La goma de *Ceratonia*, según lo reporta la literatura, es eliminada 80% en las heces, siendo mínima la cantidad que es hidrolizada por la flora bacteriana, por lo cual su aporte energético es reducido, y por lo tanto se observa menor ganancia de peso. La goma de *Prosopis* puede ser utilizada como componente de la ración para animales en crecimiento y que no estén en cautiverio, dado que como se observó es altamente engrasante, a menos que se pretenda la producción de grasa en el animal.

I.- INTRODUCCION

Los mezquites y especies afines son vegetales esencialmente termoxerófilos de considerable interés para el hombre. Estas plantas son con frecuencia el único elemento arbóreo de la vegetación en zonas áridas y semiáridas. Ayudan a rejuvenecer los suelos y a estabilizar la tierra (Holden, 1996)

En zonas áridas y semiáridas del continente americano, 40 especies de *Prosopis* son consumidas por el ganado, como es el caso de *P. ferox* (Griseb), *P. tamarugo* F. Phil., *P. denudans* (Benth), *P. juliflora*, *P. laevigata*, *P. alba* Griseb, *P. caldenia* Bukart, *P. ruscifolia* Griseb, *P. pallida* y los mezquites de Norteamérica *P. glandulosa*, *P. pubescens* Benth y *P. velutina* (Fagg, 1994, Figura 1)

Los estados de la República Mexicana que se distinguen por la producción forestal de mezquite son: San Luis Potosí, donde se produce principalmente *P. laevigata*; Tamaulipas donde se produce esta misma variedad en el centro del estado, y *P. glandulosa* que vegeta en la parte norte; Zacatecas, donde la especie de mezquite es *P. glandulosa var torreyana* (L Benson) en la parte norte y *P. Laevigata* en la parte sur del mismo estado; esta última se continua en el estado de Durango en la mayor parte de éste. En el estado de Nuevo León, existen las tres últimas variedades citadas, que se asocian con otras leguminosas y cactáceas, formando tipos de vegetación con una fisonomía muy distinta. En el estado de Coahuila también se localiza *P. glandulosa var torreyana* en el sur y noroeste del estado, mientras que en el noreste se localiza *P. glandulosa var glandulosa*. Los estados de Oaxaca, Sinaloa, Jalisco, Chihuahua, Baja California Norte y Sur, Querétaro y Aguascalientes, son también productores de menor importancia (Dávila, 1983; Galindo, 1983; Rzedowski, 1988).

En contraste *P. juliflora var Sw* presenta un área vasta, aunque mayormente ajustada a ambientes costeros. Se extiende del lado Pacífico desde el centro de Sinaloa hasta Panamá y posiblemente hasta Sudamérica, donde se cree que se confunde con *Prosopis pallida*.(Figura 1 y cuadro 1)

De acuerdo con Felker (1981) en 1965 se colectaron 40,000 toneladas de vainas de prosopis en poblaciones de México y entraron al mercado internacional. En 1974, según información facilitada por la oficina local de la Secretaría de la Reforma Agraria en la ciudad de Matehuala se recolectaron 3,100 toneladas de vaina de mezquite en esa región, y en el año de 1982 la recolección excedió a las 3,000 toneladas (Galindo y García, 1986).

Dado que la reproducción del mezquite es vegetativa, es muy fácil que estos invadan tierras de cultivo, reduciendo el rendimiento de éstas, por lo que en



FIGURA 1.- DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL COMPLEJO *Prosopis* EN AMERICA. La faja longitudinal delimitada por el segmento "a" corresponde exclusivamente a la presencia de *Prosopis juliflora*. Las estrellas señalan localidades fósiles.

Fuente:Rzedowski,1988.

CUADRO 1.- PRODUCCION FORESTAL DE *Prosopis* sp EN MEXICO.

| | |
|-----------------------|--|
| SAN LUIS POTOSI | <i>Prosopis laevigata</i> |
| TAMAULIPAS | Centro : <i>P. laevigata</i> Norte : <i>P. glandulosa</i> |
| ZACATECAS | Norte : <i>P. glandulosa var torreyana</i> Sur : <i>P. laevigata</i> |
| DURANGO | <i>P. laevigata</i> |
| COAHUILA | Noreste : <i>P. glandulosa var glandulosa</i> Noroeste y Sur : <i>P. glandulosa var torreyana</i> |
| NUEVO LEON | <i>P. laevigata, glandulosa y torreyana</i> |
| SONORA Y SINALOA | Productores menores de <i>P. velutina</i> |
| BAJA CALIFORNIA NORTE | <i>P. velutina</i> |
| BAJA CALIFORNIA SUR | <i>P. articulata</i> |
| CHIHUAHUA | <i>P. velutina</i> y <i>P. glandulosa var torreyana</i> |

Fuente : Dávila, 1983 ; Galindo, 1986 ; Rzedowski, 1988.

algunas regiones se invierte mucho dinero y esfuerzo para controlar esta producción desorganizada (Rezedowski, 1988; Mateucci y col., 1991; Dávila, 1983 y Zimmermann, 1991).

I.1.- IMPORTANCIA ECONOMICA DE PROSOPIS sp (Ps)

Entre otras cosas el mezquite proporciona combustible y material para la construcción, (García, 1992). ofrecen sombra y alimento para seres humanos y animales domésticos. Dado que estos últimos no digieren las semillas a causa del leñoso endocarpo éstas, son subaprovechadas.

En general se reconoce la importancia de las leguminosas leñosas, como especies multifuncionales que proveen alimento, forraje y fibra (Pérez Gil., y col. 1990; Lima, 1984; Galindo y García, 1986; Silva, 1990 y Bravo y col., 1994); madera combustible, gomas y miel. Sin embargo en muchos países, este potencial permanece ignorado e inexplorado (Ysley, 1982; Nietmeyer, 1986).

El mezquite (*Prosopis sp*) por su amplia distribución en el mundo y en nuestro país puede incorporarse al sistema productivo mediante el desarrollo de programas de fomento, manejo, conservación y explotación de dicha especie, lo que contribuiría grandemente a la economía de los habitantes de zonas áridas y semiáridas del país. Este trabajo, pretende divulgar y destacar el potencial de aplicaciones del cultivo del mezquite en el aspecto nutricional

I.2.- BENEFICIOS DEL APROVECHAMIENTO DE NUEVOS BIOPRODUCTOS AGRICOLAS

Estudios recientes en *Prosopis juliflora* destacan su importancia en la obtención de enzimas como la sacarosa fosfato sintetasa (Sinha y col. 1997). El alcaloide julifloricine, aislado de *Prosopis juliflora*, mostró un alto potencial terapéutico como agente antimicrobiano superior al miconazole en contra de *Cándida albicans* y *C. tropicalis*. (Ageel, A. 1989).

Así mismo Ahmad en 1986 observó que el alcaloide juliflorine, aislado de *Prosopis juliflora* posee una actividad antibacteriana; ya que fue probado in vitro contra seis bacterias Gram positivas y diez bacterias Gram negativas en concentraciones comparables a la penicilina, estreptomycin, eritromicina, sulfametoxazol, ampicilina y tetraciclina. El efecto inhibitorio de juliflorine no fué significativo contra las especies de *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella* y *Escherichia coli*. Igualmente extractos de *Prosopis juliflora* fueron probados contra *Fusarium solani* y se encontró una inhibición del 65 % (Vimala y col., 1993)

El extracto etanólico de *Prosopis farcta* posee efectos antibacterianos muy potentes. (Nadir, 1985).

Rodríguez y Cardemil (1994) obtuvieron 4 proteínas de los cotiledones de la semilla de *prosopis*, ricas en ácido glutámico y glutamina, ácido aspártico y asparagina, prolina, glicina, valina y tirosina, con una secuencia amino terminal muy similar a las proteínas ricas en prolina de la soya. También señalan la presencia de una proteína tipo extensina que se encuentra en otras leguminosas, así como en la soya. Esta extensina es bien conocida como una proteína que reacciona con arabinosa y en menor cantidad con galactosa, para formar glucoproteínas, por lo que se cree que este pudiera ser la vía de la actividad hipoglucemiante que se le atribuye a *prosopis* y *guar*.

Bravo, y col. (1994) cita a Anacarani (1976) usando *prosopis* para la obtención de etanol por fermentación, así como la obtención de azúcares por cristalización (Loo, 1969).

I.3.- IMPORTANCIA DE PROSOPIS COMO FUENTE DE FIBRA EN LA DIETA ANIMAL.

La presencia de la fibra no soluble (celulosa, hemicelulosa) en la dieta de los animales, es sumamente importante, ya que previene la formación de masas alimenticias, cuya solidez y volumen impiden la penetración de los jugos gástricos, posee un efecto laxante, ya que distiende el intestino dada su alta higroscopicidad y por lo tanto hace más fluido el tránsito; da sazón y hace aceptable el alimento; da volumen a la dieta, lo cual repercute en la economía de la ración, sobre todo en épocas de escasez de alimento. Las vainas de *Prosopis sp* están disponibles en los meses de agosto a noviembre, cuando el pasto y las hierbas perennes se han terminado (Fagg, 1994).

Esta fuente de fibra es aporte energético para animales monogástricos y rumiantes, ya que en el rumen y el tracto gastrointestinal de los animales existen aproximadamente diez mil millones de bacterias por gramo de contenido (Achi, 1992), que mediante sus enzimas, hidrolizan los polisacáridos naturales que el animal ingiere, aportando como productos de su metabolismo ácidos grasos volátiles (agv) de cadena corta (ác. acetoacético, propiónico y β -hidroxiacético) que contribuyen a la síntesis de novo de triacilglicéridos endógenos (Schneeman, 1991) así como el 80 % del requerimiento de las células y por lo tanto a la nutrición del animal (Anderson, 1986).

También se producen varios gases como dióxido de carbono (CO_2), hidrógeno (H_2) y metano (CH_4) entre otros. (Demigné, 1985, citado por Denis Lairon, 1987). Los trabajos realizados por los equipos de las Universidades de Berkeley, Estados Unidos de Cambridge, Gran Bretaña y del INRA (Instituto Nacional de la Investigación Agronómica) en Nantes, Jouy-en-Josas y Theix, Francia, señalan que la cantidad de gases formados es mayor cuanto más fermentables son las fibras, como es el caso de las pectinas, gomas y algunas hemicelulosas (Denis y Martigne, 1987) (Figura 2).

Con base en los consumos actuales de fibra en los países industrializados, se ha podido calcular que la energía proporcionada por los agv representa del 2 al 7% de nuestras necesidades energéticas (Denis y Martigné 1987), por lo que podemos corroborar que el aporte energético de estos ácidos grasos volátiles es importante en los animales tratados.

Achi, (1992) y Odibo y col.(1992), realizando estudios de fermentación "in vitro" sobre las semillas de *Prosopis africana*, para obtener el okpiye (un condimento para sopa), muestran que los microorganismos identificados en esta fermentación son *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomona aeruginosa*, *Enterobacter cloacae* y *Lactobacillus plantarum*, presentando mayor actividad *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *Staphylococcus epidermidis* y *Micrococcus spp.* Los cuales se han identificado también en el colon de humanos, y animales monogástricos (Koneman y col,1997).

I.4.- IMPORTANCIA NUTRICIONAL DE LA GOMA DE LA SEMILLA DE *Prosopis sp*

La goma de *Prosopis sp* es el mayor componente de la semilla, las proporciones de galactosa y manosa son de 410 y 550 g/kg respectivamente, valores muy similares a la goma guar que son de 400-600 g/kg respectivamente (Bravo,1994)

De acuerdo a los estudios de contenido proximal realizados en *Prosopis chilensis*, *P. argentina*, *P. nigra*, *P. flexuosa*, *P. caldenia* y *P. alba*, las semillas son también fuente de proteínas, 242 y 356 g/kg en base seca, también contienen aceites de 107 a 172 g/kg en base seca, y los lípidos que se han encontrado son el ác. linoléico, oléico y el β -sitosterol este último está presente en mayor proporción que los anteriores en todas las muestras de semillas de *Prosopis* de las diferentes áreas fitogeográficas de Argentina (Lamarque,1994; Lamarque y col. 1997).

Sanni y col. (1993), determinaron en semillas fermentadas y sin fermentar de *Prosopis africana* ácido linoléico, oléico, esteárico y palmítico, siendo el ácido oléico el que estuvo presente en mayor proporción como ácido graso libre y el ácido linoléico estuvo presente en cantidades apreciables en las semillas fermentadas. Durante el proceso de fermentación de las semillas, (arriba de cinco días) se observó un incremento en el contenido de aminoácidos (Sanni y col.1993).

En *Prosopis chilensis*, y en *Prosopis aculeata* el contenido de calcio, magnesio, potasio y fierro, es alto, lo mismo ocurre con albúminas y glutelinas, estas constituyen la mayor parte de la reserva de las semillas (Rajaram,1991). El contenido de fósforo determinado en *Prosopis cinerea* (Khejri beans en la India) fue de 400 mg/100g y el ácido fítico también se encontró elevado (Duhan y col.,1992).

En el caso particular de *Prosopis pallida*, la importancia nutricional está resumida en los cuadros 2 y 3.

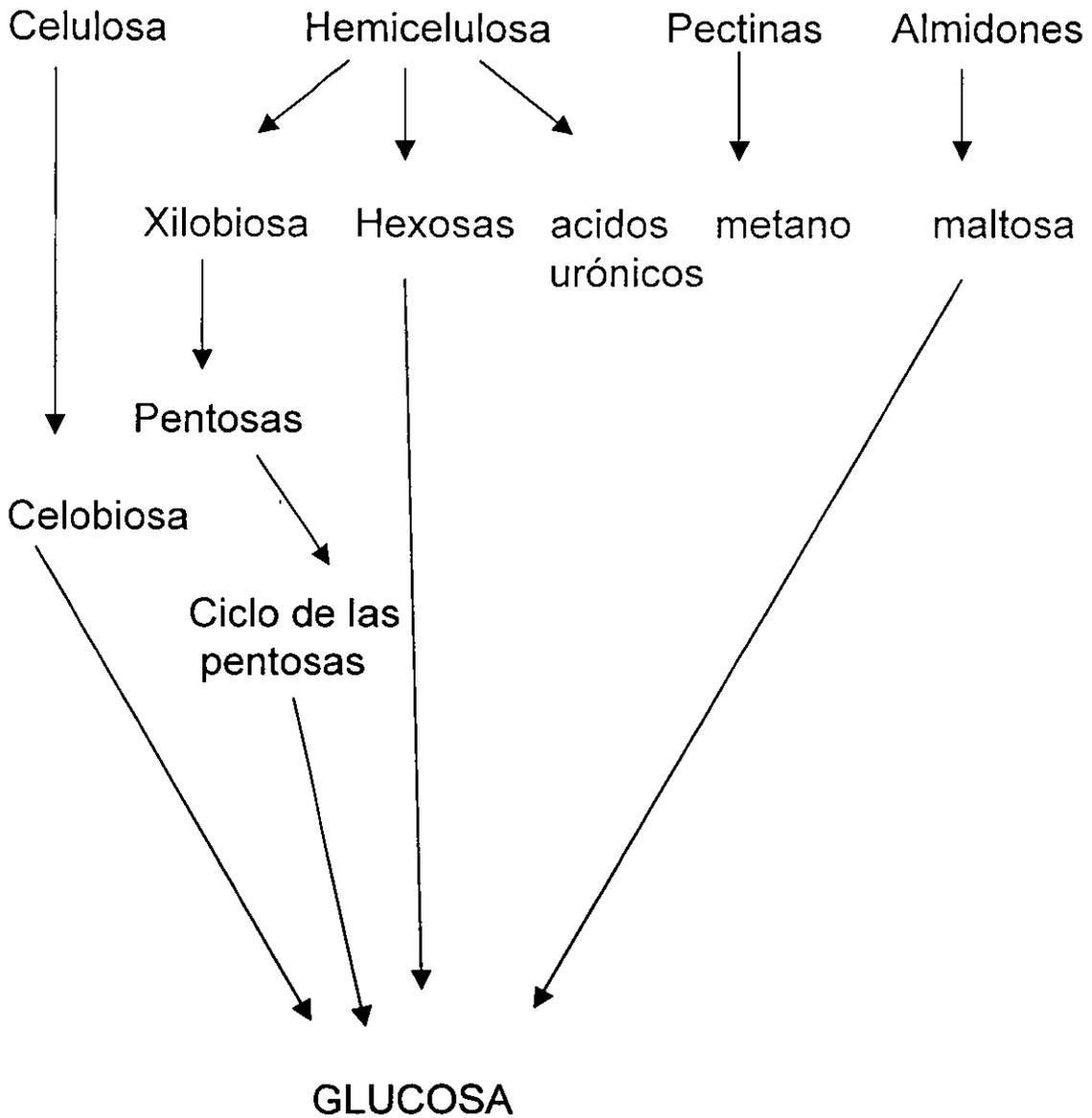


FIGURA 2.- RUTAS PARA LA HIDROLISIS DE LOS POLISACARIDOS ALIMENTICIOS EN EL RUMEN.

Fuente : Shimada, 1984

I.5.- IMPORTANCIA MEDICA DE LA FIBRA DIETETICA.

El estilo de vida actual, se caracteriza por la velocidad con que se vive, que obliga en ocasiones a consumir "cómidas rápidas", con alta gustosidad y atractivas, lo cual a menudo significa alto contenido energético. Aunado a la vida sedentaria, es más factible que las personas presenten un desequilibrio energético debido a la sobrealimentación pasiva, que genera obesidad y otras patologías crónicas como es la constipación (estreñimiento), diverticulosis, hemorroides, colitis, cáncer del colon y recto, así como hipercolesterolemia, diabetes mellitus tipo 2, aterosclerosis e hipertensión arterial (Stephen,1980; Fisher,1985; Denis,1985; Anderson,1986; Jenkins, 1986; Feldman y col.1995).

La presencia de estas patologías, se ha asociado con la "ausencia de fibra en la dieta", término que abarca un conjunto muy variado de hidratos de carbono complejos, que el organismo no digiere ni absorbe, ya que estos no contienen enlaces α -glucosídicos y por lo tanto no le aporta energía como otros hidratos de carbono. El problema se reduce entonces a lograr un aumento en el consumo de fibra en las personas que pasan por alguna de estas situaciones (Blundell, 1998).

La industria alimenticia puede contribuir en la solución de estos problemas de salud, ya sea introduciendo nuevos alimentos que contengan fibra bien alimentos a los cuales se les haya incorporado fibra; pues es sabido, que la presencia de esta en la dieta, aumenta la saciedad y reduce la densidad energética, lo cual contribuye a reducir las consecuencias y costos de la obesidad (Blundell, 1998).

II.- ANTECEDENTES

Las fibras alimentarias aparecen como potencialmente benefactoras para el aparato digestivo, pero también tienen la propiedad de ligarse a sustancias o transformar las propiedades del medio gástrico e intestinal ya que sus propiedades físicas como son tamaño de partícula, higroscopicidad, capacidad de gelación y capacidad para atrapar sales biliares, pueden alterar las enzimas digestivas por cambios de pH y viscosidad del contenido gastrointestinal, por lo tanto hacer mas lento el proceso de digestión y absorción de macronutrientes como son proteínas, grasas, carbohidratos, así como de minerales esenciales y vitaminas de la dieta. Además de cambios en la mucosa intestinal, dependiendo de la concentración y tiempo de consumo de éstas.(Stephen,1980 y Sunvold,1995).

Es de suma importancia investigar si pueden promoverse algunas patologías directamente relacionadas con perturbaciones del metabolismo de estos nutrientes, vitaminas y minerales.

Cuadro 2.- COMPOSICION DE LA VAINA DE *Prosopis pallida* Y *Ceratonia siliqua* (g/ Kg en MS)

| | Prosopis pallida (g/Kg MS) | Ceratonia siliqua (g/Kg MS) |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
| PULPA | | |
| Total de azúcares solubles | 489.9 ± 25.6 | 410 – 520 |
| Azúcares reductores | 21.4 ± 0.8 | 79 – 148 |
| Polisacáridos totales (AN,AU) | 217.8 ± 5.2 | 126 |
| Lignina | 104.4 ± 2.1 | 41 |
| Total de polifenoles solubles | 8.2 ± 0.1 | 13 – 38 |
| Taninos condensados | 4.1 ± 0.3 | 164 – 179 |
| Proteína (N x 6.25) | 81.1 ± 0.81 | 27 – 42 |
| Grasa | 7.7 ± 1.2 | 5 – 11 |
| Cenizas (550 C, 5 h) | 36.0 ± 1.7 | 27 – 33 |
| SEMILLAS | | |
| Goma de endospermo (Rango de galactosa manosa | 1 : 1.36 | 1 : 1.35 |

Fuente : Bravo y col. 1994

CUADRO 3.- FIBRA DIETETICA, COMPONENTES Y COMPUESTOS ASOCIADOS EN PULPA DE MEZQUITE Y DE ALGARROBO.

| | Mezquite (<i>Prosopis pallida</i>) a (g/Kg en MS) | Algarrobo (<i>Ceratonía siliqua</i>) (g/Kg en MS) |
|---|---|---|
| FIBRA DIETETICA INSOLUBLE | 306 | 139 |
| Polisacáridos neutros | 174.7 ± 4.6 | 91 |
| Polisacáridos ácidos | 26.9 ± 0.6 | 7 |
| Lignina | 104.4 ± 2.1 | 41 |
| FIBRA DIETETICA SOLUBLE | 16.2 | 28 |
| Polisacáridos neutros | 7.7 ± 0.8 | 13 |
| Polisacáridos ácidos | 8.5 ± 1.5 | 15 |
| COMPUESTOS ASOCIADOS A LA FIBRA DIETETICA | | |
| Taninos condensados | 3.3 ± 0.4 | 171 |
| Proteína resistente | 22.0 ± 1.3 | 18 |
| Polifenoles solubles | 0.8 ± 0.1 | 9 |
| TOTAL DE FIBRA DIETETICA | 322.2 | 167 |
| Total de fracción insoluble (fibra + compuestos asociados) | 348.3 | 365 |

a Valores experimentales promedio ± DS (n = 5)

Fuente : Bravo y col., 1994

II.1.- CLASIFICACION DE LAS GOMAS DE ACUERDO A SU ORIGEN.

De acuerdo a la fuente de donde provienen, las gomas han sido clasificadas como naturales, semisintéticas y sintéticas.

Naturales son todas aquellas que son obtenidas de exudados de árboles ó arbustos, de plantas o de algas marinas, de harinas, de semillas y granos, obtenidas por procesos mecánicos ó por fermentación. Semisintéticas aquellas gomas que se obtienen de un polímero natural que es sometido a alguna transformación física ó química, como es el caso de los derivados de la celulosa, y los almidones modificados y, las sintéticas que son polímeros vinílicos y acrílicos que hasta la fecha no han sido aprobados para el consumo humano (Baduí, 1995) (Cuadro 4).

II.2.- CLASIFICACION DE LA FIBRA DIETETICA DE ACUERDO A SU SOLUBILIDAD.

Los componentes más importantes de las fibras alimentarias son los polisacáridos ó poliósidos. Su estructura está formada por cadenas lineales ó ramificadas de azúcares simples (osas) que generalmente poseen cinco ó seis átomos de carbono (pentosas y hexosas respectivamente), el tipo de enlace alfa ó beta que une a estos azúcares simples los hace digeribles ó no por las enzimas gástricas, las ramificaciones y sus radicales polioxidrilos determinan su solubilidad ó no en agua. (Glicksman, 1980; Marvan, 1998 y Cuadro 5).

II.2.1.- FIBRA NO SOLUBLE

II.2.1.1.- Celulosa

Es un homopolisacárido lineal formado por moléculas de glucosa unidos por enlaces (β 1-4) cuyo número puede alcanzar hasta diez mil. Estas grandes moléculas son muy resistentes a la solubilización y a la hidrólisis por jugos digestivos (Baduí, 1995).

II.2.1.2.-Hemicelulosa

Es un heteropolisacárido, cuya cadena principal está formada por monómeros de pentosas (xilosa y arabinosa) y una parte mas débil formada por hexosas, (glucosa, manosa y galactosa) y ácidos (galacturónico y glucurónico) y algunos desoxi-azúcares. La hemicelulosa más abundante tiene una cadena central de D-xilopiranosas unidas por enlaces (β 1-4). A la cual se le unen cadenas laterales compuestas por otras L-arabinofuranosa. La solubilidad de las hemicelulosas varía considerablemente en función del número de ramificaciones (Baduí, 1995).

**CUADRO 4.- FUENTES DE POLISACARIDOS NATURALES,
COMPOSICION QUIMICA Y USOS.**

| FUENTE | COMPOSICION QUIMICA | USOS |
|--------------------------------|--|--|
| Agar | Sulfato ester de polygalactosa | Alimentos, medicina y microbiología |
| Carragenina | Polímero de sulfato éster de galactosa y galactosa anhidra | Alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos |
| Almidón de maíz | Poli (1,4-D-glucopiranososa (amilosa + amilopectina ramificada) | Alimentos |
| Goma Guar | Polímeros de manosa con ramificaciones de galactosa cada 2 unidades | Alimentos, fabricación de papel, minería y producción de petróleo. |
| Goma arábica | Polímero de galactosa, ramnosa y Arabinosa altamente ramificado | Alimentos, productos farmacéuticos y adhesivos |
| Goma Karaya | Polímero de galactosa, ramnosa y Acido glucurónico parcialmente acetilado. | Alimentos, productos farmacéuticos, encuadernación y colorantes para adhesivos |
| Goma tragacanto | Polímero de fucosa, xilosa, arabinosa y ácido glucurónico | Alimentos, productos farmacéuticos y pastas adhesivas |
| Goma de Algarrobo | Polímero de manosa con ramificaciones de galactosa cada 4 unidades | Alimentos, elaboración de fibras textiles y Cosméticos |
| Almidón de papa, trigo y arroz | Poli (1,4-D-glucopiranososa) (Amilosa + amilopectina ramificada) | Alimentos |

Fuente : Baduí, 1995

CUADRO 5.- CLASIFICACION DE LA FIBRA

| | SOLUBLE | INSOLUBLE |
|-------------------------|---|--|
| Tipo de fibra | Gomas mucílagos, pectina | Celulosa, lignina hemicelulosa |
| Características | Solubles en agua Liga substancias grasas | Insoluble en agua Atrapa agua |
| Fuentes | Avena, parte interior de semillas de leguminosas. | Salvado, cascarilla de cereales, Verduras y frutas. |
| Función en el organismo | Facilitan la excreción de substancias grasas como el colesterol, por su efecto laxante Ayudan a regular la absorción de azúcares simples. En los diabéticos ayuda a regular la glucemia | Dan consistencia a heces, facilitan la digestión. Promueven la regularidad en la defecación. Previene la constipación. |

Fuente : Marvan, 1998

II.2.1.3.- Almidón

Es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es el producto de la condensación de D-glucopiranosas unidas por enlaces glucosídicos α 1-4, que establece largas cadenas lineales con 200 a 2500 unidades monoméricas y pesos moleculares de hasta un millón . Por su parte, la amilopectina contiene ramificaciones que le dan una apariencia similar a un árbol; las ramas están unidas a un tronco central por enlaces α 1-6. Tiene una alta capacidad de hidratación en agua caliente y de gelificación .

II.2.2.- FIBRAS SOLUBLES

II.2.2.1.- Pectinas

Se encuentran en las frutas y verduras, es un homopolisacárido, cuya cadena principal está formada por monómeros de ácido D-galacturónico, unidos por enlaces α 1-4, se encuentran ramificaciones compuestas por arabinosa y galactosa. Gracias a los radicales ácidos del ácido galacturónico, este polímero es muy soluble en agua, y puede formar soluciones viscosas ó geles y retener iones como el calcio (Baduí,1995).

II.2.2.2.- Gomas.

El conocimiento y uso de las gomas es tan antiguo, que sus fuentes son mencionadas en la biblia (Isaías 41: 19 y Lucas 15:16). Antiguamente el término de gomas era empleado para referirse a los productos de exudación de algunos árboles, de Acacia ó gomas de reserva presentes en semillas de judías o del algarrobo (Baduí,1995). En la actualidad este conocimiento y uso se ha extendido tanto, que este término abarca ahora a un amplio grupo de polisacáridos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de espesar ó gelificar soluciones acuosas, y que poseen propiedades funcionales como emulsificantes y estabilizadores (Cuadro 7).

Los almidones y pectinas que son comestibles y digeribles por humanos y animales, están presentes en los alimentos y tienen como unidades monoméricas a azúcares simples , unidas por enlaces α 1-4 Cuadro 4.

Existen también gomas naturales con monómeros unidos por enlaces β 1-4, los cuales no son degradables por enzimas digestivas de humanos y animales monogástricos, y por lo cual se les conoce como la parte soluble de la fibra dietética; dentro de este grupo se encuentran las gomas de mezquite (*Prosopis pallida*,) y de algarrobo (*Ceratonia siliqua*,) Cuadro 5.

II.2.1.3.- Almidón

Es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es el producto de la condensación de D-glucopiranosas unidas por enlaces glucosídicos α 1-4, que establece largas cadenas lineales con 200 a 2500 unidades monoméricas y pesos moleculares de hasta un millón . Por su parte, la amilopectina contiene ramificaciones que le dan una apariencia similar a un árbol; las ramas están unidas a un tronco central por enlaces α 1-6. Tiene una alta capacidad de hidratación en agua caliente y de gelificación .

II.2.2.- FIBRAS SOLUBLES

II.2.2.1.- Pectinas

Se encuentran en las frutas y verduras, es un homopolisacárido, cuya cadena principal está formada por monómeros de ácido D-galacturónico, unidos por enlaces α 1-4, se encuentran ramificaciones compuestas por arabinosa y galactosa. Gracias a los radicales ácidos del ácido galacturónico, este polímero es muy soluble en agua, y puede formar soluciones viscosas ó geles y retener iones como el calcio (Baduí,1995).

II.2.2.2.- Gomas.

El conocimiento y uso de las gomas es tan antiguo, que sus fuentes son mencionadas en la biblia (Isaías 41: 19 y Lucas 15:16). Antiguamente el término de gomas era empleado para referirse a los productos de exudación de algunos árboles, de Acacia ó gomas de reserva presentes en semillas de judías o del algarrobo (Baduí,1995). En la actualidad este conocimiento y uso se ha extendido tanto, que este término abarca ahora a un amplio grupo de polisacáridos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de espesar ó gelificar soluciones acuosas, y que poseen propiedades funcionales como emulsificantes y estabilizadores (Cuadro 7).

Los almidones y pectinas que son comestibles y digeribles por humanos y animales, están presentes en los alimentos y tienen como unidades monoméricas a azúcares simples , unidas por enlaces α 1-4 Cuadro 4.

Existen también gomas naturales con monómeros unidos por enlaces β 1-4, los cuales no son degradables por enzimas digestivas de humanos y animales monogástricos, y por lo cual se les conoce como la parte soluble de la fibra dietética; dentro de este grupo se encuentran las gomas de mezquite (*Prosopis pallida*,) y de algarrobo (*Ceratonia siliqua*,) Cuadro 5.

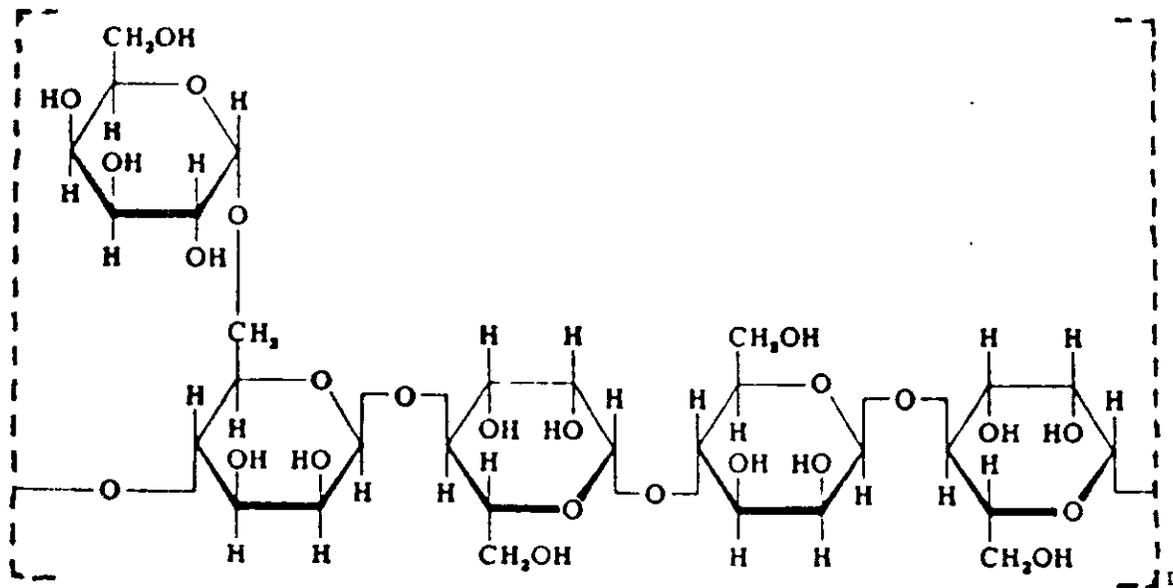


FIGURA 3.- ESTRUCTURA DE LA GOMA DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*)

Fuente: Glicksman, 1980

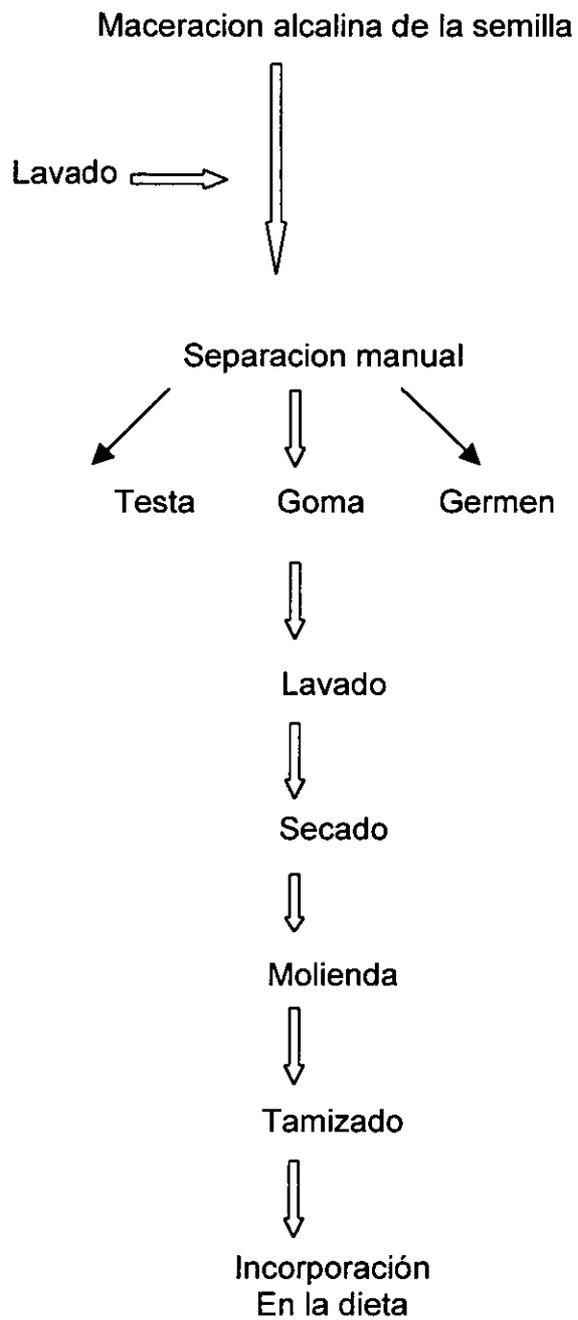


FIGURA 4.- OBTENCION DE LA GOMA DE LA SEMILLA DE MEZQUITE

Fuente : Ramos, 1998.

Estudios morfológicos hechos en Pp y Cs muestran algunas diferencias en cuanto a longitud, ancho y peso de la vaina y de pulpa, siendo mayores estos en Cs, pero en el análisis de composición química la cantidad de azúcares solubles y nitrógeno protéico favorece a *Prosopis*, lo mismo ocurre con la concentración de taninos condensados, que se presentan en mínima cantidad para Pp comparado con Cs. (Bravo y col., 1994) (Cuadros 2, 3 y 6).

En su composición química, las gomas son semejantes, ambas contienen galactomanana como unidad monomérica, pero en relaciones diferentes, ellos refieren que para Pp es de 1:1,36 (galactosa manosa) y para Cs es de 1:3,35. Ambas resultan excelentes fuentes de energía por su alto contenido en azúcares solubles, y alta digestibilidad de la proteína (Bravo y col., 1994) (Cuadros 2, 3 y 6).

Al estudiar las propiedades reológicas de la goma de la semilla de mezquite de *Prosopis juliflora*, Yoo y Figueiredo, 1994, mencionan que el rango de galactosa y manosa es de 1:4.

II.3.-Propiedades funcionales de las gomas.

Las propiedades funcionales como espesar y gelificar dependen de factores intrínsecos de la molécula, así como de los extrínsecos pertenecientes al sistema donde se encuentra (pH, fuerza iónica, concentración de componentes, temperatura).

Las gomas son polisacáridos, que en solución tienen un comportamiento y una estructura molecular única, tienen un peso molecular característico, sus moléculas pueden ser lineales o ramificadas, sus grupos iónicos pueden ser aniónicos, ó bien de carácter ácido con grupos carboxilo, sulfato o fosfato. Otras tienen grupos amino usualmente monoacetilados o sulfatados que imparten propiedades catiónicas al polisacárido; la unidad monomérica puede ser diferente, como es el caso de la goma guar, algarrobo y *Prosopis*, pero el hecho de que sus ramificaciones se presentan a diferentes alturas de la cadena polimérica, posiblemente les confiere propiedades físicoquímicas diferentes; igualmente si existe una combinación de dos ó mas de estos compuestos, esto genera nuevas propiedades funcionales, que en lo individual no tienen (Baduí 1995).

Debido a su naturaleza polihidroxílica, todas tienen en común la propiedad de hidratarse con el agua, razón por la cual se les conoce como hidrocoloides, coloides hidrofílicos, polímeros solubles, ó mucílagos. Dada esta naturaleza polihidroxílica, la atracción principal entre las cadenas poliméricas, se establece a través de puentes de hidrógeno, por interacción O-H del agua (Glicksman, 1980). Las uniones por puentes de hidrógeno afectan el punto de fusión, el punto de ebullición, características de solubilidad, así como propiedades eléctricas y dieléctricas de las moléculas. Las interacciones pueden ser entre moléculas del mismo polímero, o bien con otras moléculas hidrofílicas como son proteínas, lípidos, carbohidratos o sales, las cuales siempre van solvatadas por el agua. La magnitud de estas interacciones de las moléculas con el agua, confieren diferentes grados de viscosidad y estabilización a la solución, así como emulsificación y en algunos casos gelación, por lo que el conocimiento de estos sistemas determinará definitivamente su aplicación (Cuadro 7).

CUADRO 6.- PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LAS VAINAS DE MEZQUITE Y ALGARROBO.

| | MEZQUITE (<i>Prosopis pallida</i>) | ALGARROBO (<i>Ceratonia ciliqua</i>) |
|----------------------------|---|---|
| Longitud (cm) | 19.20 ± 1.69 | 14.56 ± 1.97 |
| Ancho (cm) | 1.57 ± 0.12 | 1.82 ± 0.16 |
| Espesor (cm) | 0.83 ± 0.12 | 0.88 ± 0.06 |
| Peso de la vaina (g) | 11.98 ± 1.79 | 14.91 ± 2.32 |
| Peso de la pulpa (g) | 10.93 ± 1.80 | 12.95 ± 2.35 |
| Peso de la semilla (g) | 1.05 ± 0.20 | 1.95 ± 0.37 |
| Núm. de semillas por vaina | 25.48 ± 3.53 | 11.00 ± 1.60 |
| Humedad (g /kg) (n = 6) | 100.9 ± 0.1 | 155.9 ± 1.7 |

* Valor Promedio ± DS

Fuente : Bravo, 1994.

CUADRO 7.- PRINCIPALES USOS COMERCIALES DE LOS POLISACARIDOS NATURALES EN ALIMENTOS.

- ❖ Estabilizadores a través de sus Interacciones con agua
- ❖ Emulsionantes
- ❖ Gelificantes
- ❖ Estabilizan o forman espumas
- ❖ Mejoran la textura, dándole « cuerpo » al alimento
- ❖ Espesantes y agentes de viscosidad
- ❖ Encapsulación de sabores artificiales
- ❖ Fijación de sabores
- ❖ Estabilizan sistemas donde hay ciclos de congelamiento y descongelamiento
- ❖ Controlan la cristalización de azúcares
- ❖ Sales y agua
- ❖ Forman películas resistentes
- ❖ Agentes de suspensión de sólidos en líquidos
- ❖ Agentes adhesivos
- ❖ Espesantes en alimentos dietéticos bajos en calorías
- ❖ Agentes floculantes
- ❖ Reducen el daño estructural del alimento
- ❖ Agentes floculantes
- ❖ Reducen el daño estructural del alimento causado por el congelamiento

Fuente : Baduí, 1995.

II.4.- IMPORTANCIA DE LOS MINERALES.

Los elementos minerales presentes en organismos vivos, incluyendo neonatos, se pueden clasificar en elementos minerales principales y oligoelementos. Los primeros constituyen el 60 a 80% de todo el material inorgánico del organismo y son el calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro, azufre y litio, cuya función principal es electroquímica (Bowen, 1966).

Requisitos de esencialidad de los oligoelementos. Estos se presentan en los tejidos en cantidades pequeñas, aunque son indispensables para muchos procesos vitales, y tienen generalmente una función catalítica (Cuadro 8). La concentración corporal debe ser similar y constante de individuo a individuo y su ausencia se manifiesta en una anormalidad morfológica y fisiológica, la cual podrá aliviarse cuando estos oligoelementos son suministrados. Los oligoelementos son tóxicos, cuando se ingieren en exceso (Figura 5).

II.4.1.- CLASIFICACION

De acuerdo a los requerimientos dietéticos en animales superiores, los minerales se pueden clasificar en : (Shimada, 1984).

A.- ESENCIALES como el cobalto, cobre, cromo, fluor, hierro, manganeso, molibdeno, selenio, zinc y yodo.

B.- POSIBLEMENTE ESENCIALES: estaño, níquel, silicio y vanadio.

C.- NO ESENCIALES : aluminio, antimonio, arsénico, bismuto, boro, cadmio, germanio, mercurio, oro, plata, plomo, rubidio y titanio.

Para fines prácticos de este trabajo, se describirá solo aquellos elementos que se determinaron en los órganos de mayor distribución como son hígado, riñón, bazo y hueso.

II.4.1.1.- Calcio (Ca)

a.- Fuentes : Leche y derivados (queso, crema, yema de huevo, aguas duras y vegetales) leguminosas, nueces higos, col nabo, coliflor y espárragos.

CUADRO NO. 8.- METALOPROTEINAS DE MAMIFEROS

| Proteína | Fuentes | Peso Molecular X 10 ⁻³ | Metal | Átomos de metal Por molécula |
|---|---|-----------------------------------|------------------|------------------------------|
| Eritrocupreína | Eritrocitos de mamíferos. | 34 | Cu, Zn | 1 |
| Hepatocupreína | Hepatocitos de mamíferos. | 35 | Cu, Zn | 1 |
| Cerebrocupreína | Cerebro | | | |
| a) Ceruloplasmina hepática (reacción indirecta) 80-95% del cobre total b) cobre-albúmina (cobre de reacción directa) | a) proteína sérica b) Cobre-albumina | | | a) 8 |
| Hemoglobina 85% del hierro | Eritrocitos de mamífero | 67 | Fe | 4 |
| a) -Mioglobina (15% del hierro funcional) b) Fe-Enzimas llamadas Hemoproteínas (cit a, a ₃ , b, B ₅ , c, c ₁ y cit P450, cit c-oxidasa, SDH, catalasa, peroxidasa, flavoproteínas, NADH-DH, Xantina oxidasa, CoA-DH, Ribonucleótido reductasa, Aconitasa, lipoxidasa,) | a) Células musculares de mamífero b) células de mamíferos | 16 | Fe | 1 |
| Transferrina (beta-globulina) | Plasma de mamíferos | 76-80 | Fe ⁺³ | 2 |
| Lactotransferrina | Leche de mamíferos | | Fe | |
| Ferritina (26% en peso de hierro) | Bazo de mamíferos y cels. Epiteliales del intestino, SRE de bazo, hígado y MO | 450 | Fe ⁺³ | 4,500 |
| Zn-proteína | Tejido de mamíferos | | Zn | |
| | | | | |

Fuente: Bowen, 1966 y Herrera, 1986.

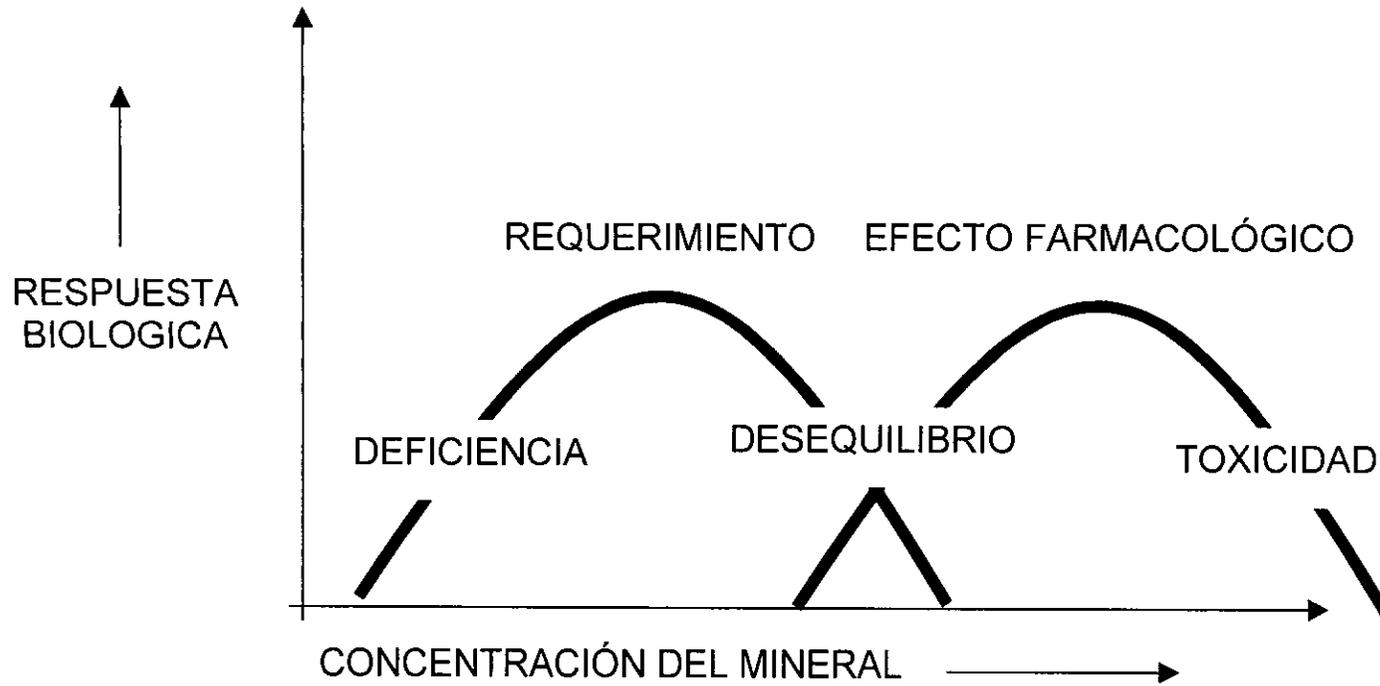


FIGURA 5.- RESPUESTA BIOLÓGICA A LA PRESENCIA DE DIVERSOS NIVELES DE MINERAL

FUENTE: SHIMADA, 1984

b.- Absorción: En no rumiantes es absorbido primeramente en el duodeno, porción alta del yeyuno, a través de mecanismos pasivos, difusión facilitada y transporte activo, que requiere energía metabólica, mitocondrias intactas, ATPasa específica y una proteína intestinal fijadora de calcio, que está regulada por un metabolito de la vitamina D; el 1,25-dihidoxicolecalciferol, sintetizado en el riñón.(Herrera, 1986)

La eficiencia de la absorción de calcio es incrementada entre otros factores por la vitamina D, ciertos aminoácidos, como arginina, lisina y triptófano, así mismo como un incremento de lactobacilos y la disminución del pH intestinal. Su absorción es disminuída por un exceso de ácidos grasos no absorbidos en el contenido intestinal que forman jabones insolubles con el calcio impidiendo su absorción, dietas ricas en oxalato (espinacas), fitatos (cereales) y fosfatos orgánicos no digeribles (Hexafosfoinositol del salvado, que forman sales insolubles con calcio a nivel intestinal, inhibiendo su absorción)(Herrera 1986).

La absorción de calcio disminuye con la edad. El exceso de magnesio puede inhibir la absorción de calcio, pero no al revés. Se sabe también que existe un ritmo circadiano cuando los animales son adaptados a un ciclo de 12 hr de luz y 12 hr. de obscuridad, mostrándose un incremento cuando el animal está en la fase luminosa y no se incrementa, cuando el animal está en la obscuridad.

c.- Distribución: Alrededor de un 99% del calcio corporal está presente en huesos y dientes. Al principio de la vida se encuentra predominantemente como fosfato de calcio amorfo, que posteriormente es sustituido por fosfato de calcio cristalino. Desde 1976, se ha descrito una proteína fijadora de calcio en hueso bovino llamada osteocalcina que tiene un PM de 6800 daltons, existiendo una molécula de osteocalcina por cada microcristal de hidroxapatita, también se encuentra en músculo y nervio, en el suero hay 5 mEq/L y en LCR 2 mEq/L de calcio (Underwood, 1977).

d.- Funciones. Es el principal constituyente de huesos y dientes. Juega un papel vital en la coagulación de la sangre, activa a la enzima alfa-amilasa y a la colinesterasa participa en la excitabilidad neuromuscular, adhesividad celular, transmisión del impulso nervioso, mantenimiento y función de las membranas celulares y secreción de hormonas (Herrera, 1986).

Actúa, como un segundo mensajero de la acción hormonal, mediado por un receptor protéico intracelular de calcio llamado calmodulina. Cuando la calmodulina fija calcio, se activa a un gran número de enzimas como la glucógeno fosforilasa, Na⁺ K⁺ ATPasa, proteinquinasa dependiente de calcio, la actividad quinasa de la miosina, adenilato ciclase y fosfodiesterasa de AMP cíclico. Así mismo, la tropomina C es otra proteína fijadora de calcio, que también interviene en la contracción muscular (Herrera,1986).

e.- Causas de Hipocalcemia. Disminución del calcio unido a proteínas. Disminución de la albúmina plasmática. Disminución de la reabsorción ósea y absorción intestinal de calcio y aumento de su excreción renal. Disminución del 1,25-dihidroxicolecalciferol.

f.- Manifestaciones clínicas. Tetania, que se caracteriza por espasmo carpopedal. Sacudida muscular, estridor laríngeo, hiperreflexia movimientos coreiformes, calambres musculares, cambios en la excitabilidad eléctrica de los nervios periféricos. Es frecuente la debilidad muscular, fatiga, palpitations y parestesias en las extremidades superiores, así mismo hay alteraciones electrocardiográficas (Herrera, 1986).

II.4.1.2.- Magnesio (Mg)

a.- Fuentes. Se encuentra fundamentalmente en cereales de grano entero, nueces, leguminosas, carne roja mariscos, derivados del cacao y leche (Herrera, 1986).

b.- Absorción. Es absorbido activamente en intestino delgado por un proceso incrementado por la 1,25-dihidroxicolecalciferol, resultando una absorción neta de alrededor de un 30 a 40 % de lo ingerido (Herrera, 1986).

c.- Distribución. Después del sodio, potasio y calcio, el magnesio es el catión mas abundante del organismo, principalmente a nivel intracelular. El cuerpo humano contiene aproximadamente 21 g de Mg distribuido en huesos, tejidos blandos y líquidos biológicos, el 70 % se encuentra en huesos combinado con calcio y fosforo, formando sales complejas. El contenido de Mg en músculo es de 21 mg. por 100 g de peso seco. Así mismo está presente en la sangre y LCR donde su concentración es de 1.7 a 3.4 mEq/L y 2.40 mEq/L respectivamente.

d.- Funciones. Tiene un papel estructural , formando parte del cristal óseo. Es activador de un gran número de enzimas como fosfatasas, fosfotransferasas y quinasas. Es un inhibidor de la ATP asa de membranas. Actúa como cofactor en todas las reacciones de transfosforilación por lo que está íntimamente implicado en el metabolismo energético y la síntesis de macromoléculas como las proteínas. Es esencial para la estabilidad de los ribosomas y se considera como una parte integral de los cromosomas, junto con el calcio y el fierro. Interviene en la excitabilidad del músculo y del nervio; es necesario para la liberación y acción de la hormona paratiroidea. Tiene una interrelación metabólica muy estrecha con el calcio, pues ambos son absorbidos a nivel intestinal a través de mecanismos que son estimulados por la vitamina D. El Ca y el Mg compiten en la reabsorción tubular renal. Ambos son antagonistas fisiológicos en el SNC (Herrera, 1986).

e.- Alteraciones bioquímicas del metabolismo del Magnesio. La hipomagnesemia es mas frecuente que la hipermagnesemia y ocurre generalmente como un componente de una deficiencia compleja de muchos minerales, vitaminas y nutrientes, sus causas son : Aporte deficitario. Dietas

pobres en magnesio. Absorción disminuída. Síndromes de mala absorción. Uremia. Defecto intestinal selectivo para la absorción de magnesio (raro). Pérdidas aumentadas en tracto gastrointestinal por diarrea y vómitos.

f.- Manifestaciones clínicas. Neuromusculares. Gastrointestinales. Cardiovasculares y metabólicas.

II.4.1.3.- COBRE (Cu)

a.- Fuentes. Las fuentes mas abundantes son los mariscos, particularmente las ostras, hígado, riñón, cerebro, nueces, leguminosas secas, pasas y cacao (Herrera, 1986).

b.- Absorción. En la mayoría de las especies, la absorción de cobre es pobre, y está influenciada por la edad, cantidad y forma química del cobre que se ingiere. La metalotioneína es una proteína en la que cerca de un 25 % de sus residuos de aminoácidos son de cisteína, la cual provee sitios de unión para los metales. Esta proteína al parecer está presente en todo el organismo (Herrera, 1986). El cobre es absorbido en estómago y a todo lo largo del intestino delgado, principalmente a nivel duodenal (Underwood,1977) y la metalotioneína aparentemente media su absorción por unión a el y a otros minerales presentes en mínimas cantidades (Figura 6)

El antagonismo entre el cobre, cadmio y zinc, probablemente es el resultado de la competencia por los sitios de unión sobre esta proteína. El ácido ascórbico disminuye la cantidad de cobre unido a la metalotioneína. Grandes cantidades de molibdeno y sulfato en la dieta pueden también disminuir la absorción del cobre. El cobre en la dieta es absorbido aproximadamente en un 32%. La metalotioneína en el hígado y riñones funciona en el almacenamiento y detoxificación del cobre.

c.- Transporte. El cobre al ingresar en la sangre es captado inicialmente por la albúmina del plasma. Unido a la albúmina, es distribuído a las cuproproteínas del hígado y otros tejidos. El cobre, una vez incorporado a la ceruloplasmina hepática, es vertido a la sangre. Por lo tanto, el cobre plasmático se presenta en dos formas : una, unida a la ceruloplasmina, proteína plasmática que contiene ocho átomos de cobre por mol. (Cuadro 8). Esta fracción se conoce como cobre de reacción indirecta y representa del 80 al 95% del cobre total del plasma. La otra forma unida a la albúmina, se conoce como cobre de reacción directa, porque reacciona libremente con los reactivos que forman complejos con el por ejemplo la ditizona y el dietilditiocarbamato.

d.- Distribución. El cobre se distribuye principalmente en hígado, cerebro, riñón, corazón, cabello, músculos, huesos y eritrocitos. (Figura 6)

e.- Funciones. El cobre es nutriente esencial, constituyente de las siguientes enzimas : ceruloplasmina, ácido δ -aminolevulínico dehidrasa, citocromo oxidasa,

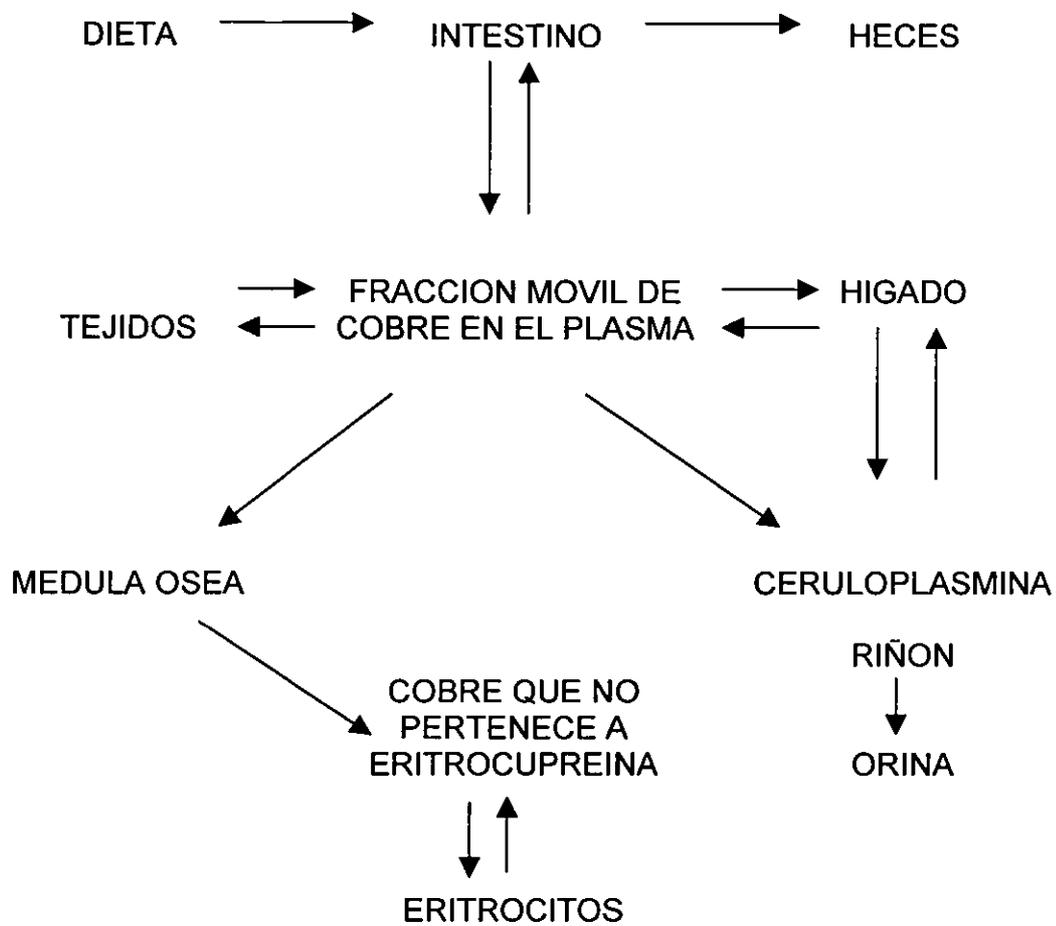


FIGURA 6.- METABOLISMO DEL COBRE EN EL ORGANISMO

Fuente : Georgievskii, 1985.

aminoxidasa, lisinaoxidasa, superóxido dismutasa, tirosinasa, uricasa y dopamina beta-hidroxilasa.

La ceruloplasmina, proteína plasmática que contiene cobre, posee actividad de ferroxidasa (I), catalizando la oxidación del hierro plasmático ferroso a férrico, lo cual permite su captación para la transferrina, que lo transporta a los tejidos para la síntesis de compuestos que contienen hierro, especialmente hemoglobina. Así mismo la presencia del cobre en la enzima ácido δ -aminolevulínico dehidrasa le permite participar en la síntesis del hemo (Herrera, 1986).

La citocromo c oxidasa es fundamental en las reacciones de oxidoreducción y, por lo tanto, de la síntesis endógena de ATP, necesario para la realización de distintas funciones celulares, y entre ellas para la síntesis de fosfolípidos requerida para la formación de mielina en el sistema nervioso. La lisina oxidasa es esencial en la formación de los enlaces cruzados intramoleculares del colágeno y la elastina, de aquí que el cobre participe en el metabolismo del tejido conectivo y desarrollo óseo.

Estudios realizados en varios laboratorios han mostrado que el cobre juega un papel esencial en la síntesis de elastina y de colágena. En cerdos y pollos deficientes se ha encontrado muy reducido el contenido de elastina. La elastina de estos animales tiene un elevado contenido de lisina y menos desmosina e isodesmosina que los animales control (Miller y col. 1965 y O'Dell y col, 1961), citados por Underwood, 1977. Estas moléculas son claves en la elastina, pues se requieren como mínimo dos a cuatro residuos de lisina que se condensan para formar desmosina e isodesmosina. Esta reacción tiene lugar, cuando el grupo amino-epsilon es removido y el carbono es oxidado a un aldehído, esta reacción es catalizada por la enzima llamada amín ó lisin oxidasa, la cual contiene cobre en su molécula. (Hill y Mann, 1962 ; Buffoni y Blaschko, 1964) Citados por Underwood, 1977). Harris, (1976), citado por Underwood, 1977 mostró que la deficiencia severa de cobre en pollos, deprime la actividad de la lisin oxidasa en el tejido aórtico. Hill y Mann, (1962) igualmente citado por Underwood, 1977 concluyen que la primera lesión bioquímica por deficiencia de cobre es una reducción en la desaminación oxidativa del grupo epsilon-amino de los residuos de lisina en la elastina, dando como resultado que haya una menor cantidad de lisina que se convierta a desmosina. La reducción de desmosina implica que haya menos agrupamientos de las proteínas en la elastina, dando lugar a una menor elasticidad de la aorta y de otros vasos sanguíneos.

Suttle, 1973, citado por Underwood, 1977, señala que la primera lesión bioquímica en huesos de animales deficientes en cobre es la reducción en la actividad de la cuproenzima lisin oxidasa, que conduce a decrecer la estabilidad y la fuerza de la colágena del hueso, como un resultado de la disminución del entrecruzamiento o enlazamiento de las cadenas polipeptídicas. También en pollos se presenta una

reducción en la actividad de esta enzima, y los extractos de colágena obtenidos de estos huesos son mas facilmente solubilizados, que los extractos de colágeno de huesos normales. La solubilidad de la colágena, así como de la elastina está inversamente relacionada al grado de entrecruzamiento de la colágena. Se ha observado que la integridad de la colágena está debilitada debido a la deficiencia del elemento para que se efectue el cruzamiento. Otras proteínas que contienen cobre, son la eritrocupreína, hepatocupreína y cerebrocupreína tienen actividad enzimática de superóxido dismutasa y se encuentran en la fracción citosólica celular. Tienen un peso molecular aproximado de 32,000 y constan de dos subunidades idénticas cada una de las cuales contiene un ión Cu^{2+} y un ión Zn^{2+} (Cuadro 8). Estas enzimas superóxido dismutasa suprimen catalíticamente un radical libre del ión superóxido (O^{2-}) tóxico, generado durante el metabolismo aerobio. Hay evidencias de que el cobre es también esencial en la síntesis de queratina. Debido a que el cobre plasmático está en gran parte unido a proteínas, no es facilmente excretado en la orina.

f.- Alteraciones bioquímicas del metabolismo del cobre.

Hipocupremia Las manifestaciones clínicas por deficiencia de cobre, dependen de la especie, edad, sexo, y de la severidad y duración de la deficiencia. En ovejas, la queratinización y pigmentación de la lana, son los procesos metabólicos que se ven primeramente afectados, en corderos, hay ataxia neonatal en cerdos y pollos hay lesiones cardiovasculares que afectan a la mayoría de los vasos sanguíneos.

En 1961 O'Dell y col (citados por Underwood, 1977) mostraron desarreglos en el tejido elástico de la aorta de pollos deficientes en cobre y encontraron que la mortalidad fue causada por la ruptura de los vasos sanguíneos mayores. Al mismo tiempo, otro grupo de investigadores en Utah por su lado describieron cambios cardiovasculares en cerdos con deficiencia de cobre, con ruptura de vasos sanguíneos mayores y muerte. (Carnes, 1961 y Coulson, 1963 citados por Underwood, 1977). Subsecuentemente se demostró en pollos la ruptura aórtica con degeneración de la membrana elástica (Carlton, 1963 y Simpson y Harms, 1964 citados por Underwood, 1977). Extensas hemorragias internas con una alta incidencia de aneurismas aórticas fueron también observados en cobayos con deficiencia de cobre. En la deficiencia intensa de cobre es frecuente la aparición de anemia por estar deprimida la síntesis del grupo hemo. También aparecen transtronos neurológicos relacionados con una síntesis disminuída de mielina. Los transtronos en aorta y huesos se deben a la síntesis defectuosa de elastina y colágeno.

En corderos y cerdos existe anemia hipocrómica y microcítica y en perros y pollos, la anemia ha sido reportada como normocítica y normocrómica. Underwood, 1977, señala que las anomalías óseas por deficiencia de cobre, ocurren frecuentemente en conejos, cerdos, perros y potros. En perros jóvenes la deficiencia de cobre redundante en el desarrollo de severas deformaciones óseas y fracturas.

Los cambios histológicos que se reportan en los huesos afectados de cerdos con deficiencia de cobre son una delgada corteza y cartilago epifiseal muy ancho y un bajo nivel de actividad osteoblástica. Los huesos tuvieron niveles normales en cenizas, calcio, fósforo y dióxido de carbono. El contenido de cenizas también fue normal en calcio fósforo y magnesio.

II.4.1.4.- Hierro (Fe)

a.- Fuentes. Las principales fuentes son las vísceras animales : hígado, corazón riñón y bazo. Yema de huevo, carnes y pescado y dentro del reino vegetal los cereales, frutas (granada, melocotón y albaricoque), legumbres (habas y lentejas) , verduras y hortalizas (coliflor y rábano) (Herrera, 1986).

b.- Absorción. En animales monogástricos, el hierro se absorbe fundamentalmente en el duodeno y algo en yeyuno e ileon. Esto está condicionado a la edad y salud del animal, a las condiciones del tracto gastrointestinal y a la cantidad y formas químicas que se ingiere de hierro (Herrera, 1986 ; Blood y Radostitis,1992). El hierro se encuentra en los alimentos como compuestos orgánicos férricos, ó como hidróxido férrico (Fe^{+3}). El ácido ascórbico y grupos SH (cisteína), convierten el cloruro férrico en hierro ferroso soluble y mas facilmente absorbible. Péptidos y aminoácidos procedentes de la digestión de las proteínas (histidina, lisina y cisteína) forman quelatos con hierro ferroso y férrico aumentando así su absorción, posiblemente también mucoproteínas de las secreciones gástricas promueven su absorción (Herrera, 1986).

En ratas, es necesaria una secreción gástrica normal, para su correcta absorción. Pues anomalías del tracto gastrointestinal como aclorhidria y varios grados de gastritis y atrofia, pueden provocar una anemia por deficiencia de hierro (Murray y Stein,1970) y Hawksley y col.,1934, (citado por Underwood,1977). Otros ácidos orgánicos como el ác. ascórbico, cítrico, láctico. pirúvico y succínico, también promueven su absorción. Fitatos, fosfatos, carbonato, oxalato, tanato, bicarbonato pancreático y fibras vegetales, fijan hierro, formando complejos relativamente insolubles que disminuyen su absorción.

La entrada del hierro a través del borde en cepillo de las células de la mucosa parece ser principalmente por difusión pasiva ; en cambio, su salida desde la célula al plasma es probablemente por un transporte activo que requiere energía metabólica., y una proteína fijadora de hierro llamada apoferritina, que tiene un peso molecular del orden de 460,000 y que al incorporar el hierro se convierte en ferritina, que posee 4,500 moléculas de hierro en estado férrico, actuando como un almacén de hierro (Cuadro 8).

c.- Transporte. El hierro abandona la mucosa intestinal en forma ferrosa (Fe^{2+}) y es convertido en el plasma a la forma férrica (Fe^{3+}). Esta conversión está catalizada por la ceruloplasmina, proteína plasmática fijadora de cobre con actividad de ferroxidasa I sérica y la ferroxidasa I cuproproteína amarilla presente

en el suero. Una vez en forma férrica, el hierro se incorpora a la siderofilina o transferrina, proteína plasmática fijadora de dos átomos de Fe^{3+} por molécula. (Cuadro 8) y (Figura 7).

Así mismo existe un ritmo circadiano en la cantidad de hierro unido a la transferrina, pudiendo llegar a variaciones del orden de 60 μ gramos /100 ml en un período de 24 hs. El hierro corporal se distribuye principalmente en dos compartimentos, uno esencial y funcional formado por la hemoglobina, mioglobina, enzimas y cofactores y transporte plasmático del hierro, y otro no esencial de almacenamiento, formado principalmente por la ferritina y la hemosiderina que representa una reserva de hierro fácilmente movilizable (Figura 7).

Se ha reportado que la deficiencia de hierro resulta en el desarrollo de una anemia de tipo microcítica hipocrómica, acompañada de una médula ósea hiperplásica normoblástica conteniendo poco o nada de hemosiderina, los niveles de hierro y ferritina séricos son bajos, la capacidad total del hierro enlazante está por arriba de lo normal y existe un decaimiento de la saturación de la ferritina. (Underwood, 1977). Baintom, 1973, citado por Underwood, 1977 señala que el porcentaje de saturación de la transferrina implica una inadecuada suplementación de hierro al tejido eritroide y es asociado con una anemia microcítica e hipocrómica. Aproximadamente el 85 de hierro funcional se encuentra en los eritrocitos como hemoglobina. La mioglobina representa un 15 % del hierro funcional.

Un profundo descenso en la concentración de mioglobina ha sido observada en cerditos, cachorros, pollo y ratas. Los animales jóvenes son mas susceptibles de perder la mioglobina que los maduros y el músculo esquelético parece ser mas susceptible a estas pérdidas que el músculo cardíaco o el músculo diafragmático. Underwood, 1977).

Las enzimas que contienen hierro se pueden clasificar como: hemo-proteínas (citocromos a-a₃, b, b₅, c, c₁, P450, citocromo c oxidasa, catalasa, peroxidasa, triptófano pirrolasa, lipoxidasa y homogentísico oxidasa) y flavoproteínas que contienen hierro (citocromo c reductasa, NADH deshidrogenasa, xantina oxidasa, succinato deshidrogenasa y acil CoA deshidrogenasa (Figura 7). El hierro es un cofactor esencial de la aconitasa, ribonucleótido reductasa y succinato deshidrogenasa. La mayoría de estas enzimas funcionan como aceptores ó donadores reversibles de electrones y son críticas en el metabolismo intermediario (Cuadro 8).

Beutler, 1959 y 1960, citado por Underwood, 1977, señala que hay reducción de algunas hemoenzimas en sangre y en tejidos en animales con deficiencias de hierro. Grasman y Kirchgessner, 1973 citados también por Underwood, 1977 encontraron una marcada disminución en la actividad de la catalasa sanguínea en ratas deficientes, lechones y vacas preñadas. La reducción de la actividad enzimática fue mayor que la caída de la hemoglobina, indicando que durante el desarrollo de la anemia, la prioridad para el uso del hierro fue dado a la síntesis de hemoglobina, que a la síntesis de catalasa. El hierro sobrante es almacenado como ferritina y hemosiderina. La ferritina se encuentra distribuida en muchos tejidos corporales, y principalmente en mucosa intestinal, hepatocitos, y células

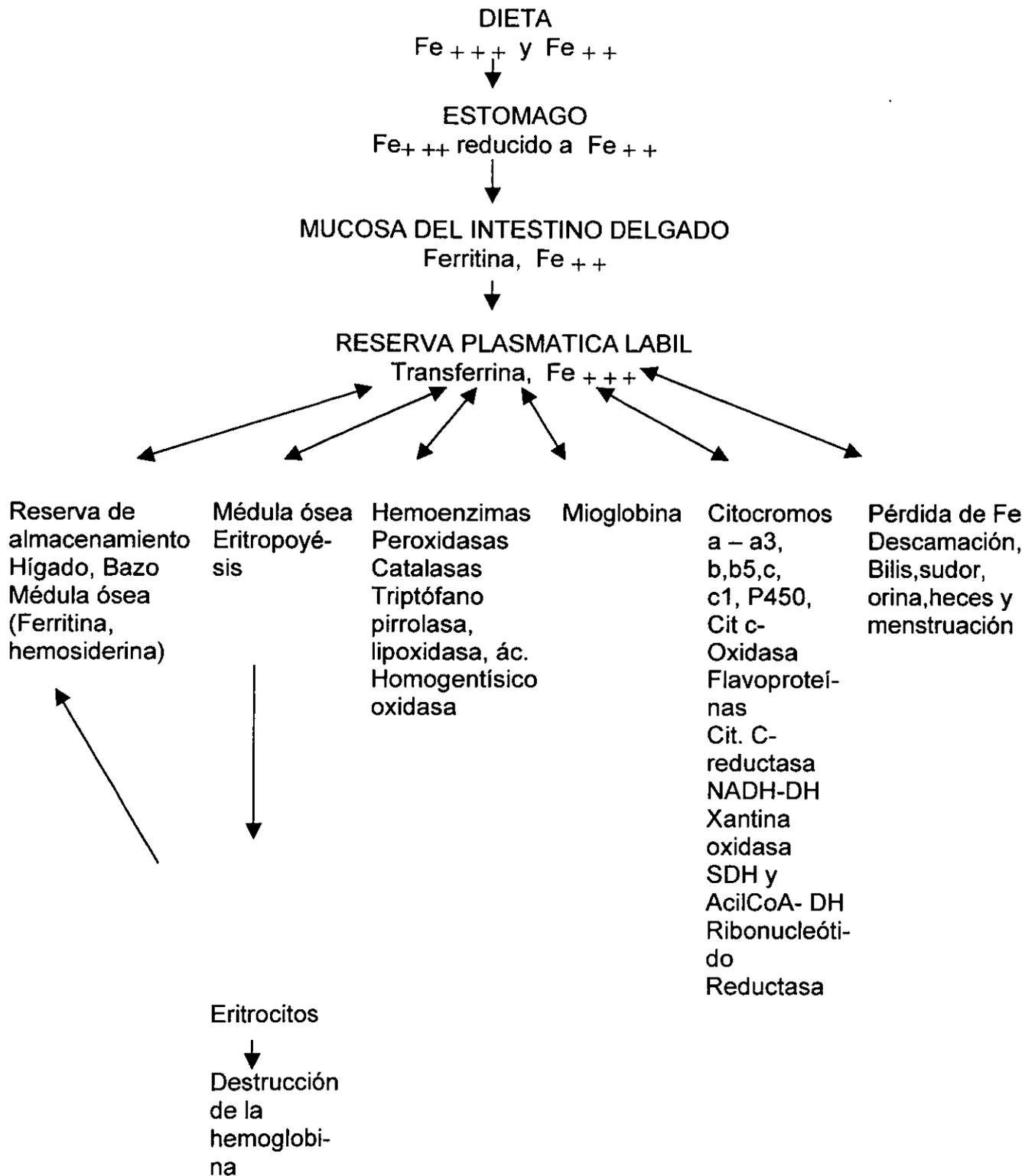


FIGURA 7.- METABOLISMO DEL HIERRO.

Fuente : Kaplan, 1989

retículoendoteliales del hígado, bazo y médula ósea (Cuadro 8). En el plasma normal están presentes pequeñas cantidades de ferritina. La hemosiderina es una proteína insoluble en agua, con una alta concentración de hierro (35 % de su peso), frecuentemente se encuentra dentro de los lisosomas

d.- Alteraciones bioquímicas del metabolismo del hierro. La deficiencia de hierro se puede desarrollar por las siguientes causas : inadecuada ingestión en la dieta, mala absorción y pérdidas sanguíneas. Se ha observado en ratas y pollos anomalías lipídicas con elevados niveles de triacilglicéridos séricos asociados con deficiencia de hierro nutricional según. Amine y Hegsted,1971, citados por Underwood, 1977.

e.- Manifestaciones clínicas. Las manifestaciones cuando se presentan son fatiga, palpitations, lengua enrojecida e inflamada, estomatitis y disfagia, en algunos niños puede presentarse anorexia y falta de crecimiento, así como un decremento en la resistencia a infecciones.

II.4.1.5.- Cinc (Zn)

a.- Fuentes. Ampliamente distribuido en los alimentos : carne hígado, huevos, mariscos (ostras), leche, germen de trigo, lechuga, frijoles, lentejas y arroz.

b.- Absorción. En ratas el cinc se absorbe principalmente del duodeno, yeyuno e ileon y se absorbe muy poco de estómago ó colon. (Underwood, 1977).

c.-Distribución. Se distribuye ampliamente en los tejidos : piel, cabello, tracto ureal, plexo coroideo, próstata, espermatozoides, epidídimo, dientes, cerebro y músculo esquelético, en este último varía de acuerdo a su función y actividad. En la rata no menos del 38% del cinc corporal total está localizado en piel y pelo. Underwood ,1977 cita a Spray y Widdowson,1951 y la concentración de cinc en huesos y dientes también es elevada (150-250 ppm) . Losee y col.,1974 ; Drinker,1926 ; Bruderold y col., 1963, citados por Underwood 1977. En el hígado, y células de mamíferos, el cinc está presente en el núcleo, mitocondrias y fracción sobrenadante, con altos niveles por unidad de proteína (Underwood, 1977 La concentración de cinc en testículos de ratas con una edad de 7 a 58 días es de 120 ppm en peso seco durante los primeros 30-35 días, y se incrementa a 200 ppm durante el segundo mes de vida, cuando las espermátidas son transformados en espermatozoides. Parizeck y col., 1966, citados por Underwood, 1977. La espermatogénesis y el desarrollo de órganos primarios y secundarios en el macho, y todas las fases reproductivas en la hembra (estro, parto y lactación) pueden ser afectadas adversamente en ausencia o deficiencia de cinc. Mawson y Fischer, (1952), citados por Underwood, 1977, observaron retraso en el desarrollo de testículos, epidídimos y próstata, glándulas pituitarias y atrofia del epitelio germinal del testículo y concluyeron que el fracaso de la espermatogénesis es debido directamente a la carencia de cinc, ya que este es sumamente necesario durante

el último estado de maduración de los espermatozoides, para el mantenimiento y supervivencia del epitelio germinal.

d.- Función. Componente esencial de las enzimas: alcohol deshidrogenasa, anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina, procarboxipeptidasa, superóxidodismutasa citosólica y retineno reductasa. También es necesario para la actividad de la timidina quinasa y quizá por ello relacionado con el crecimiento, reproducción, reparación tisular y cicatrización de las heridas, así como para la movilización de la vitamina A del hígado y almacén de insulina en la célula beta pancreática.

Prasad y Oberleas, (1974), citados por Underwood, 1977, señalan, que el primer defecto metabólico conocido es un descenso en la actividad de la timidina quinasa (TK), la enzima que conduce a la formación de timidina trifosfato, el cual es un prerrequisito para la síntesis de DNA y por lo tanto, para la división celular. En varios estudios citados por Underwood en 1977 (Buchanan y Hsu, 1968; Fujioka y Lieberman, 1964 y Scrutton y col., 1971) han demostrado el retraso de la síntesis de DNA en ratas deficientes en cinc. Macapinlac, 1968, citado por Underwood, 1977 señala que el contenido de proteínas totales también es reducido, así como el contenido de RNA y DNA en testículos de ratas deficientes en cinc.

Prasad y Oberleas, (1974) citados por Underwood 1977, estudiaron los niveles y las actividades de metaloenzimas dependientes de cinc y las encontraron muy reducidas en testículo (LDH, MDH y ADH), en hueso (LDH, MDH, ADH Y PAL), y riñón (MDH y PAL) de ratas deficientes en cinc comparados con sus controles. Las actividades de LDH y ADH permanecen inalteradas en músculo de rata. Similares resultados se obtuvieron en cerdos, aunque la ADH y la GTH no fueron afectadas.

e.- Deficiencia. Por dietas pobres en cinc. Mala absorción y anemia falciforme

f.- Manifestaciones clínicas Enanismo en humanos, ratas y otras especies, hay retraso en el crecimiento, muy probablemente debido a la disminución de la actividad de la timidina quinasa y por lo tanto en la síntesis del DNA y la división celular. Hipogonadismo. Retraso en la cicatrización de las heridas. En ratas es muy evidente la alopecia y lesiones en la piel. En cerdos se reporta paraqueratosis alrededor de ojos y boca y en escrotos y partes bajas de las patas (Blackmon y col., 1967 y Underwood, 1969, citados por Underwood 1977).

II.5.- Posibles deficiencias de minerales en animales y humanos debidas a diversas fuentes de fibra en la dieta

En países desarrollados los problemas que presentan los animales relacionados con los oligoelementos se confunden con las frecuentes deficiencias de energía, proteína, fósforo y agua, que afectan el crecimiento y a la función reproductora, esto es debido a que las formas subclínicas de las deficiencias pueden pasar desapercibidas durante tiempo prolongado o bien porque los signos clínicos son inespecíficos, como es el caso de la pérdida de peso, retraso en el crecimiento, anorexia y menor capacidad reproductiva (Blood y Radostitis, 1992)

Además hay grandes variaciones, según los individuos, en la respuesta clínica a los niveles bajos, en sangre o en tejidos de los oligoelementos. La susceptibilidad a la enfermedad clínica puede estar en función de la etapa del desarrollo fisiológico en la que se produce, diferencias genéticas dentro de la misma especie e interrelaciones con otros elementos (Blood y Radostitis, 1992).

Claye y col., (1998) cita estudios de Ward (1986) quien observa diferencias no significativas en la absorción de calcio, fósforo y magnesio por ratas jóvenes y adultas, alimentadas con fibra de trigo, maíz y avena. Igualmente Bagheri y col. (1981) encontraron que la adición de fibra de trigo a las dietas para rata no tiene efectos adversos sobre la absorción de fósforo, magnesio, calcio y zinc. Claye y col., (1998) cita a Moak y col (1987), quienes realizaron estudios en humanos encontraron que la adición de fibra de trigo y avena a la dieta de hombres adultos decrece la absorción de calcio y magnesio.

Estudios "in vitro" sobre la capacidad enlazante de la celulosa, lignocelulosa y lignina, proveniente de diferentes fuentes de fibra, como son el arroz, trigo, avena, manzana y tomate sobre los minerales, mostraron que esta capacidad enlazante varía no solamente con la fuente de fibra y sus fracciones, sino también con el contenido de proteína, niveles de ácido fítico presente y pH (Claye y col 1996a; Idouraine y col., 1996 a,b,)

Algunas fibras purificadas carecen de minerales, mientras que fibras de origen natural como el salvado de trigo, los contienen en gran cantidad; la síntesis de numerosos datos disponibles, permite constatar, que el salvado de trigo no provocaría un déficit de minerales, salvo quizá de zinc, ya que los minerales en los cereales se encuentran unidos al ácido fítico, pero como estos son consumidos después de la cocción, o incluso después de su fermentación como es el caso del pan, estos procesos se conocen por degradar el ácido fítico, liberando así los minerales ó evitar la formación de complejos no absorbibles (Denis 1985) Por el contrario la celulosa purificada reduce la utilización de calcio, magnesio, hierro y cinc, mientras que con las fibras solubles como las pectinas ó goma de guar, se han obtenido resultados muy contradictorios (Denis 1985).

III.- JUSTIFICACION

La goma contenida en las semillas de *Prosopis pallida* no ha sido evaluada en cuanto a su poder quelante, de acuerdo a los principios de estimación de seguridad para aditivos y contaminantes en alimentos, propuestos por los expertos de la Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas, (FAO) y de World Health Organization (WHO); por lo que uno de los intereses primordiales de este trabajo es contribuir en su evaluación sobre su inocuidad y posibilidad de considerarla como una fuente alternativa de fibra dietética para incorporarla en alimentos industrializados para animales y posiblemente también para uso humano, y comparar la calidad de ésta con las gomas producidas por otras especies productoras de polisacáridos naturales, las cuales son explotadas con usos y fines comerciales (Cuadros 4 y 5).

Su estructura química tan parecida a la goma guar, hace suponer que podría presentar una actividad hipoglucemiante e hipocolesterolemia, pero pudiera ser que también se produjeran deficiencias de minerales, vitaminas y oligoelementos en animales y humanos dependiendo del tiempo y la cantidad consumida, por lo que se considera de suma importancia ahondar sobre el estudio de ésta.

IV.- HIPOTESIS DE TRABAJO.

Las galactomananas presentes en la goma poseen estructura de D-manopiranosidos (β 1-4) con cadenas laterales de D-galactosil. Por lo tanto, las propiedades quelantes de estos componentes de las fibras dietéticas solubles, pueden tener influencia en los procesos quimiobiocinéticos de minerales esenciales para los animales domésticos y humanos, como es el caso del Ca, Mg, Fe, Cu y Zn.

V.- OBJETIVOS.

V.1 Objetivo general

En el presente trabajo, se comparan los efectos de la incorporación de gomas de *Prosopis sp* y *Ceratonia siliqua* a dietas semipurificadas, como fuentes de fibra dietética, sobre el comportamiento nutricional, y la absorción de minerales esenciales de la dieta.

VI.- METODOLOGIA

FASE I.

VI.1.- Obtención de la goma de mezquite.

La goma de mezquite fue extraída de las semillas de *Prosopis pallida* mediante un tratamiento alcalino previamente establecido en el laboratorio (Ramos,1998). La figura 4 presenta la metodología de extracción. La goma es macerada durante 24 horas en una solución alcalina (NaOH al 1%) con agitación constante. Después de ser lavada se separa manualmente del resto de la semilla, se vuelve a lavar para eliminar el exceso de álcali y se pone a secar a temperatura ambiente. Una vez seca se somete al proceso de molienda y determinación del tamaño de partícula.

VI.2.- Molienda y granulometría.

Para la molienda de la goma de mezquite se utilizó un molino de martillos Weber Bros & White Metal Workd Inc. La harina obtenida fue separada utilizando mallas Prufsieb DIN 4188 (Cole Palmer-Instrument Co.) tamaño 1.0, 0.5, 0.250 y 0.125 mm. Se agregaron las gomas a las dietas semisintéticas en niveles de inclusión de 2 y 5% para ambas gomas que son el rango mínimo y máximo requerido para ratas de laboratorio según el NRC (1989).

VI.3.- Animales

El estudio se realizó en 36 ratas macho de la cepa Wistar, de 21 días de edad, con un peso promedio de 40 a 60 gramos, las cuales fueron pesadas, identificadas y distribuidas al azar en jaulas individuales, de acero inoxidable, con su respectivo comedero y bebedero, así como una charola tipo rejilla que permite recolectar las heces. Las condiciones ambientales a lo largo del experimento fueron con una temperatura de 25 C, 12 hrs, de luz y 12 hrs. de oscuridad. Se evitó al máximo ruidos excesivos, manejo y lesiones en los animales, que pudieran generar situaciones de alarma en estos; el aseo de comederos, bebederos y cambio de camas se realizó cada semana.

VI.4 Reactivos para la elaboración de dietas.

Caseína Harlan Teklad. Mezcla de minerales Rogers-Harper (1965) Harlan Teklad. Mezcla de vitaminas Harlan Teklad. Celulosa Harlan Teklad. Aceite vegetal comestible de maíz. Manteca Vegetal de algodón comestible. Almidón de maíz Grado USP. Sacarosa grado USP. Goma de *Prosopis pallida* grado técnico Goma de Algarrobo . Polisacárido de Galactomanana (Locust bean) SIGMA G-0753.

VI.5.-Composición y elaboración de las dietas.

De acuerdo al protocolo oficial (NRC, 1989) que maneja los requerimientos nutricionales para los animales de experimentación en cuestión, se incluyeron todos los nutrimentos indispensables y en el nivel de inclusión requerido (Cuadro 9)

Las dietas elaboradas son de tipo semipurificado, ya que contienen caseína,(Harlan Teklad) grado reactivo, como fuente de aminoácidos; lípidos aportados en el aceite de maíz y manteca vegetal de algodón, ambos de uso humano, que además de constituir un aporte energético importante, sirven para transportar vitaminas liposolubles y proporcionar ácidos grasos esenciales; carbohidratos presentes en sacarosa y almidón de papa grado USP, así como vitaminas y minerales, en los niveles requeridos.

Las fuentes de fibra dietética adicionadas a las dietas fueron: celulosa que es la fuente convencional de fibra para nutrición animal y las fuentes de prueba como son goma de semilla de algarrobo grado reactivo cuyos tamaños de partícula al ser tamizada fueron 0.250 y 0.125 mm; la goma de semilla de mezquite, obtenida como se indicó antes, cuyos tamaños de partícula fueron 0.500, 0.250 y 0.125 mm. Se pasaron por un tamíz de malla No. 20 los ingredientes sólidos incluyendo las fuentes de fibra, se mezclaron con el aceite y la manteca vegetal. Las dietas elaboradas fueron guardadas en refrigeración y resguardadas de la humedad, excesiva, de la contaminación microbiológica y de la luz.

CUADRO 9.- COMPOSICION DE LAS DIETAS

| DIETA BAS AL | TRATAMIENTOS | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------|-------|--------|---------|--------|
| INGREDIENTES (%) | C - I | C - II | T - I | T - II | T - III | T - IV |
| Caseina | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| Sacarosa | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 |
| Almidón de maíz | 44.4 | 49.4 | 44.4 | 44.4 | 44.4 | 44.4 |
| Manteca vegetal | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| Aceite de maíz | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| Premezcla de vitaminas | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Premezcla de minerales ** | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Celulosa en polvo | 5.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 |
| Goma de Prosopis | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 |
| Goma de Ceratonía * | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 5.0 |

* Marca SIGMA

** Marca Harlan Teklad

Composición de premezcla de minerales g/kg: Molibdato de amonio 0.025; Carbonato de calcio 292.9161; Sulfato cúprico anhidro 1.56 ; Citrato férrico USP 6.2303; Sulfato de Magnesio 1.2101; Sulfato de Manganeso 1.2101; Ioduro de potasio 0.005 ; Fosfato de potasio monobásico 343.11 ; Cloruro de sodio 250.6138 ; Selenito de sodio 0.015 ; Cloruro de cinc 0.20

VI.6.-DISEÑO EXPERIMENTAL.

Seis grupos de ratas macho con seis animales asignados aleatoriamente a cada grupo, fueron sometidos a tratamientos diferentes cada grupo, durante cuatro semanas. Los tratamientos fueron: goma de Mezquite al 2 y 5 %, goma de Algarrobo 2 y 5 %, Celulosa al 5%, así como un grupo control libre de fibra.

Los grupos fueron identificados con la letra T (tratamiento) y un número de acuerdo a la fuente de fibra y nivel de inclusión de ésta. Los grupos testigo y control fueron identificados con la letra C de la siguiente manera:

Grupo C-I 5% de celulosa (Grupo testigo)
Grupo C-II libre de fibra (Grupo control)
Grupo T-I 2% de goma de *Prosopis pallida* Pp
Grupo T-II 5% de goma de *Prosopis pallida* Pp
Grupo T-III 2% de goma de *Ceratonia siliqua* Cs
Grupo T-IV 5% de goma de *Ceratonia siliqua* Cs

El diseño experimental es un anidado factorial, representado mediante la siguiente ecuación:

FASE I

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_{j(i)} + \delta_{(ij)} + S_k + TS_{ik} + E_{ijk} \quad (1)$$

$i =$ C-II, T-I, T-II, T-III, T-IV y C-I

$j =$ 1,2,3,4,5,6

$k =$ 1,2,3,4,

donde:

y_{ijk} = ganancia de peso de la j -ésima rata del i -ésimo tratamiento durante la k -ésima semana

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

$R_{j(i)}$ = efecto de la j -ésima rata, dentro del i -ésimo tratamiento

$\delta_{(ij)}$ = error de restricción

S_k = efecto de la k-ésima semana

TS_{ik} = efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento por la k-ésima semana

ε_{ijk} = efecto dentro del error experimental

FASE II

Una vez concluido el tiempo de tratamiento, los animales fueron sacrificados y se extirparon los órganos bazo, hígado, riñón y tibia para hacer la determinación de metales esenciales en estos. El efecto de los tratamientos lo representamos con la ecuación (2).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{(ij)} \quad (2)$$

i = C-II, T-I, T-II, T-III, T-IV y C-I

j = 1, 2, 3, 4, 5, 6,

donde:

y_{ij} = efecto de la j-ésima observación dentro del i-ésimo tratamiento

μ = media general

T_i = el efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = efecto dentro del error experimental

VI.7.- Desarrollo experimental.

FASE I

Las ratas consumieron raciones restringidas a 10 gramos de alimento al día y agua a voluntad por cuatro semanas posteriores a un período de adaptación de dos semanas. Durante el experimento se determinó la ingesta de agua diariamente; el pesado de los animales se realizó cada ocho días, así como la observación y recolección de excretas. Al final del experimento se determinó el peso final, la ganancia de peso obtenida por los animales, así como la longitud total alcanzada. Se sacrificaron los animales para obtener los parámetros zoométricos, como son: peso absoluto de los órganos extirpados (ciego, bazo, hígado, riñón y tibia); longitud y diámetro del hueso.

FASE II

La determinación de minerales esenciales (como son calcio, cobre, hierro, magnesio y zinc), se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (PERKIN-ELMER, Analyst 100 platino-rodio) de acuerdo a las condiciones de operación del fabricante, para cada elemento.

Reactivos para determinación de metales

Acido Nítrico (HNO_3) (BAKER Pureza 66.5%)

Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) 30% (MALLINCKRODT. Grado Analítico)

Solución Patrón de Zinc 500 mg/L. Se disuelve 0.500 g de Zn en un volúmen Mínimo (1+1) de HCl y se diluye a un litro con HCl 1% v/v

Solución Patrón de Hierro 1000 mg/L. Se disuelve 1.000 g de Fe en 50 mL de HNO_3 (1+1) y diluir a un litro con agua desionizada.

Solución Patrón de Cobre 1000 mg/L. Se disuelve 1.000 g de Cu en un volúmen mínimo (1+1) HNO_3 y se diluye en un litro de HNO_3 1 % v/v

Solución Patrón de Magnesio 1000 mg/L. Se disuelve 1.000 g de magnesio en un volúmen mínimo (1+1) de HCl. Se diluye a un litro con HCl 1 % v/v.

Solución patrón de Calcio. Se suspende 0.2497 g de carbonato de calcio, (CaCO_3) (secado a 180 C durante una hora antes de pesar) en agua y se disuelve con mucha precaución utilizando un volúmen mínimo de HNO_3 (1+1). Se añade 10.0 ml de HNO_3 conc. Y se diluye con agua desionizada hasta 1000 ml. 1.0 ml = 100 μ de calcio.

Agua bidestilada Q.P. para el lavado del material

Se usó agua libre de metales para preparar todos los reactivos y como agua de dilución, así como último lavado del material de cristalería empleado

VI.8.- PROCEDIMIENTO

V.8.1.- Digestion preliminar de metales.

Se utilizó un método de digestión con ácido nítrico, para eliminar la materia orgánica fácilmente oxidable; es también compatible con todos los metales que se desea determinar, ya que todos los nitratos de estos metales son solubles además de que permite alcanzar una recuperación completa y consistente (Tejada, 1992).

VI.8.2.-Técnica de digestión.

Los patrones se prepararon de acuerdo a las especificaciones del Manual Perkin-Elmer (1998), fueron digeridos al igual que las muestras húmedas. Estas (hígado, bazo, riñón y tibia) fueron previamente pesadas y en el caso del hígado se ajustó a un gramo de muestra, se depositó en un vaso de precipitados de 100 ml, se añadieron 10 ml de HNO₃ concentrado y perlas de ebullición. Se llevó a ebullición lenta hasta evaporación, antes de que tuviera lugar una precipitación. Se continuó calentando y agregando HNO₃ concentrado en volúmenes de un mililitro necesario para completar la digestión y posteriormente se adicionaron volúmenes de 0.5 ml de H₂O₂ lentamente, para evitar la ebullición y consecuente pérdida de muestra, hasta que fuera perceptible una solución translúcida y ligeramente coloreada. No se evaporó a sequedad. Se dejó enfriar y se lavaron las paredes del recipiente, así como el vidrio de reloj y se filtró a través de un filtro de celulosa, el cual fue previamente lavado con una solución de HNO₃ diluido (1:1) y posteriormente con agua desmineralizada. El filtrado y el agua de lavado fueron depositados en un matraz volumétrico de 50 ml y se llevó hasta el aforo, previa agitación. Se colocó la solución en un frasco de plástico lavado previamente con HNO₃ al 10 % para su posterior lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica. Para cada elemento analizado (Ca, Cu, Fe, Mg y Zn) se siguieron las instrucciones de operación del equipo, calibrando con la fuente de luz apropiada y ajustando la flama con una mezcla de aire-acetileno.

VII.- ANALISIS ESTADISTICO

Basándonos en el cuadro metodológico y siguiendo la secuencia establecida, se procedió a analizar los datos experimentales obtenidos, mediante el programa SAS Institute Inc version 6. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza con prueba de SNK para determinar si la variación en las observaciones eran significativas. Después de la realización del análisis se aceptó la Hipótesis nula (H₀), en la cual se postuló que no existen diferencias entre los tratamientos a los cuales se sometieron los animales, como lo muestran los cuadros 10, 11, 12, 13 y 14 y sus anexos 10a, 11a, 12a, 13a y 14a.

VIII.- RESULTADOS Y DISCUSION

FASE I

VIII.1.- GANANCIA DE PESO Y ZOMETRIA

La mayor ganancia de peso se obtuvo en los grupos tratados con 2 y 5 % de goma de *Prosopis sp*, con una media de 80.48 y 87.46 g respectivamente, mientras que los grupos tratados con 2 y 5 % de goma de *Ceratonia siliqua* mostraron la menor ganancia de peso, con una media de 77.79 g y 69.89 respectivamente,

comparados con el grupo control libre de fibra cuyo promedio es 81.51 g mientras que el grupo testigo (5 % Cel) mostró 78.03 g figura 8 y 9.

Se observa que las gomas tienen un efecto contrario, respecto a la ganancia de peso y con respecto al nivel de inclusión, la goma de Pp tiene un comportamiento directamente proporcional, es decir a mayor concentración de goma, mayor ganancia de peso, mientras que en los animales tratados con Cs el comportamiento es inverso, es decir, a mayor concentración de goma, menor ganancia de peso (Figura 8). Las diferencias de peso final entre los tratamientos no fueron significativas, con respecto al grupo Control C-II (Libre de fibra). Igualmente en el peso absoluto de los órganos, no hubo diferencias significativas, con excepción de dos animales correspondientes al tratamiento T-IV (5 % Cs)

Que mostraron un bazo exageradamente grande y pesado, a los cuales se les determinó su peso relativo. De la misma manera se observó diferencia significativa en el peso absoluto del riñón en el lote T-II (5 % Pp) según muestra el Análisis de Varianza mostrado en el anexo 10a y Figura 9.

VIII.2.- OBSERVACIONES Y HALLAZGOS EN LA NECROPSIA

Los animales tratados con ambas gomas presentaron alopecia, siendo mayor en los lotes tratados con Ceratonia siliqua, en los cuales se observa el pelo mas grueso y parado. También se observaron manchas café de gran extensión en la piel del animal sobre todo en la parte dorsal, de aspecto áspero al tacto así como en el cuello y de consistencia dura y rugosa lo cual indica, que hubo cierto grado de desnutrición en los animales.

El apetito de los animales permaneció normal, durante todo el tratamiento consumieron casi en su totalidad la ración proporcionada (10 gramos), aún en los animales tratados con los dos niveles de Cs, en donde la ganancia diaria de peso fue menor que en los otros tratamientos. La ingesta diaria de agua fue muy variable en los animales, llegando a presentar valores máximos de 42.6 ml y valores mínimos de 3 ml diarios. Durante la segunda semana posterior a la ingesta de gomas, la ganancia diaria de peso fue el doble al valor de la primera semana, mostrándose nuevamente más elevada para los lotes tratados con Pp que los tratados con Cs.

VIII.2.1.- Observaciones sobre excretas.

La fibra en la dieta es importante para prevenir la formación de masas alimenticias, cuya solidez y volúmen impidan la penetración de jugos gástricos y por lo tanto hacen indigeribles e inabsorbibles los nutrientes contenidos en éstas. La fibra posee también un efecto laxante, pues distiende el intestino debido a la higroscopicidad que posee, haciendo más fluido el tránsito intestinal, situación que se observó claramente en el grupo C-I (5 % cel), pero no ocurrió con el grupo control C-II (libre de fibra), razón por la cual las heces se observaron reducidas en número y volumen.

En los animales tratados con goma de Pp y Cs al 2 %, las excretas mostraron un mayor número y volumen, además de un color blanquesino y aspecto "cremoso", en contraste con las excretas de Pp y Cs al 5 %, las cuales presentaron un aspecto voluminoso en tamaño y número, de color muy oscuro y de consistencia rígida.

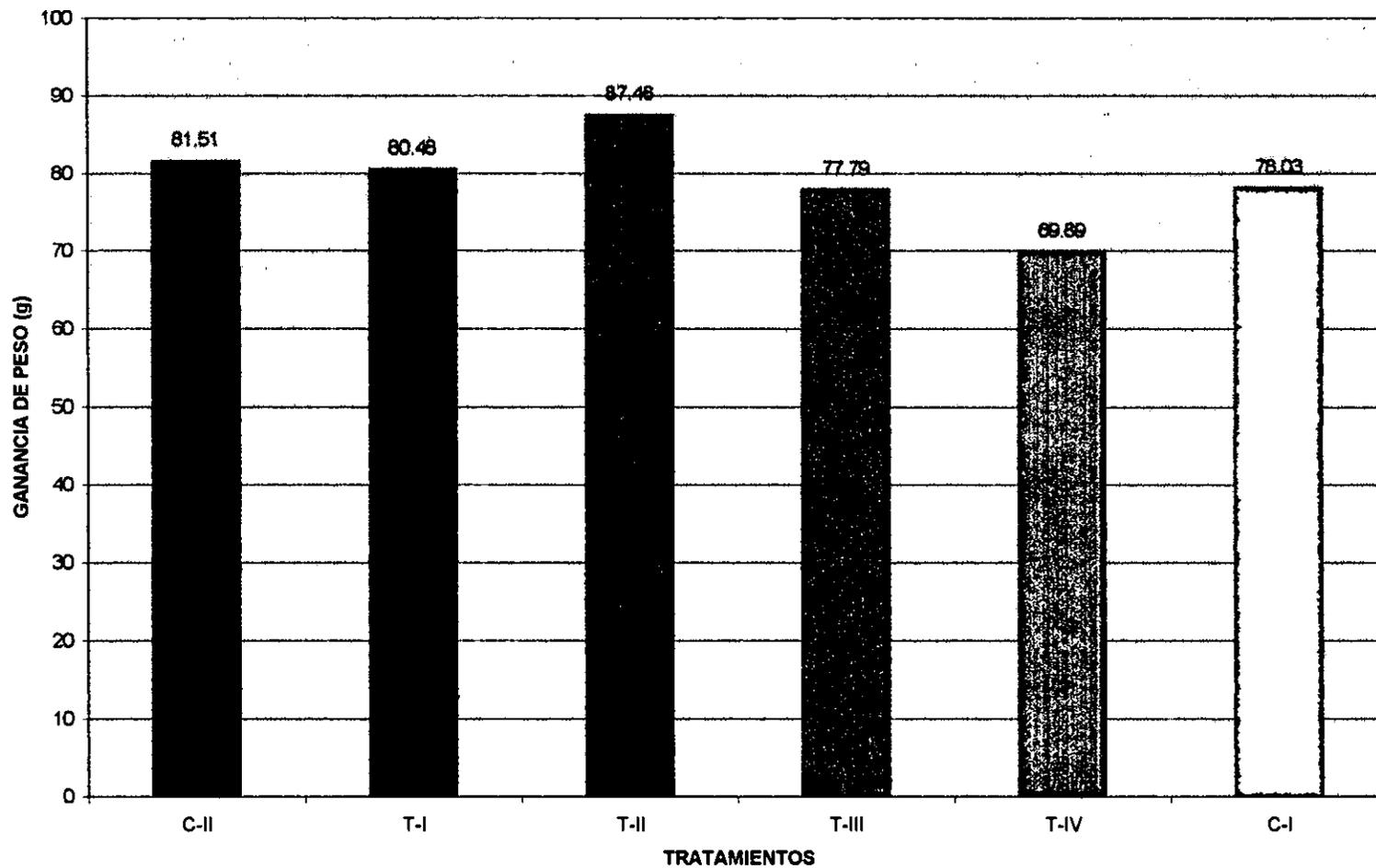


Fig. 8.- GANANCIA DE PESO EN RATAS WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTOS CON GOMA DE SEMILLA DE MEZQUITE (*Prosopis pallida*) Y ALGARROBO (*Ceratonía siliqua*). C-II (LF), T-I (2 % P), T-II (5% P), T-III (2%C), T-IV (5%C), C-I (5% Cel)

En los grupos (T-I y T-III) tratados con Pp y Cs al 2 % se considera que el aumento de las heces, en número y tamaño se debió posiblemente a que fue impedida la acción de la función pancreática, ya que la deficiencia de lipasa provoca esteatorrea (presencia en heces de un 10 % ó más de las grasas de la dieta), lo cual le dió el aspecto cremoso y color blanquesino. En ausencia de amilasa pancreática no hay digestión de almidones, y por lo tanto estos son eliminados con las heces, contribuyendo más a su volumen. (Kwiterovich, 1995 y Feldman, y col.,1995). Dado que en las grasas de la dieta se solubilizan hormonas y vitaminas como la A, D, E y K, y aunado a que el tamaño de partícula de la goma de Cs es menor que la de Pp pudo haber menor absorción de grasas de la dieta y consecuente pérdida de estas en las heces. Estas consideraciones contribuyen a explicarnos la disminución en la ganancia de peso en los animales tratados con Cs 2 % comparados con los animales tratados con Pp 2 %.

En los grupos T-II y T-IV (5 % de gomas) el color oscuro de las heces sugiere igualmente que las enzimas proteolíticas (tripsinógeno, quimiotripsinógeno y procarboxipeptidasa- dependiente de zinc), no actuaron sobre sus sustratos naturales de manera adecuada, produciendo azorrea (presencia de compuestos nitrogenados en heces) lo cual a su vez nos produce hipoproteinemia y detención del crecimiento, ya que se disminuye notablemente la arginina, la cisteína y el triptofano (Linch 1972).

En los animales del grupo T-IV, (5% CS) factores como el mayor nivel de inclusión, menor tamaño de partícula de la goma y aunado a que la literatura reporta que la goma de Cs aumenta la viscosidad del almidón, (Ellis,1995) hace suponer que se elevó considerablemente la viscosidad yeyunal, lo cual pudo ser el motivo para que hubiera menor absorción de nutrientes en los animales, retraso en el crecimiento y consecuentemente un valor menor en el peso final de estos animales (cuadro 10).

El mayor crecimiento de los animales, el desarrollo de cojinetes adiposos así como el aumento de peso y volumen del ciego de los animales tratados con Pp 2 % y Pp 5% (2.6 g), respecto al grupo control (2.0 g) sugiere que hubo mayor crecimiento de la flora bacteriana, la cual fermentó a la goma de Pp. Brunssgaard y Eggum (1995a y b) observaron que existe también una mayor proliferación celular de la mucosa, así como un gran incremento en la flora bacteriana presente en este

(cuadro 10). El menor peso de los animales tratados con la goma de Cs 5 %, así como el aumento de peso y volumen del ciego (3.0 g peso húmedo) respecto al control (2.0 g) nos sugiere que fué fermentada en mínima parte por la flora bacteriana, y que ésta no se desarrolló abundantemente como en el caso de Pp. La literatura señala que es eliminada en 80 % en heces y que la goma de Cs aumenta la viscosidad de los almidones, por lo cual se infiere que el marcado aumento de volumen que el ciego presentó es debido a efectos osmóticos de la goma de Cs, ya que los tamaños de partícula de esta fueron mucho menores que los de Pp, por lo tanto presentaron mayor superficie de adsorción para el agua, lo

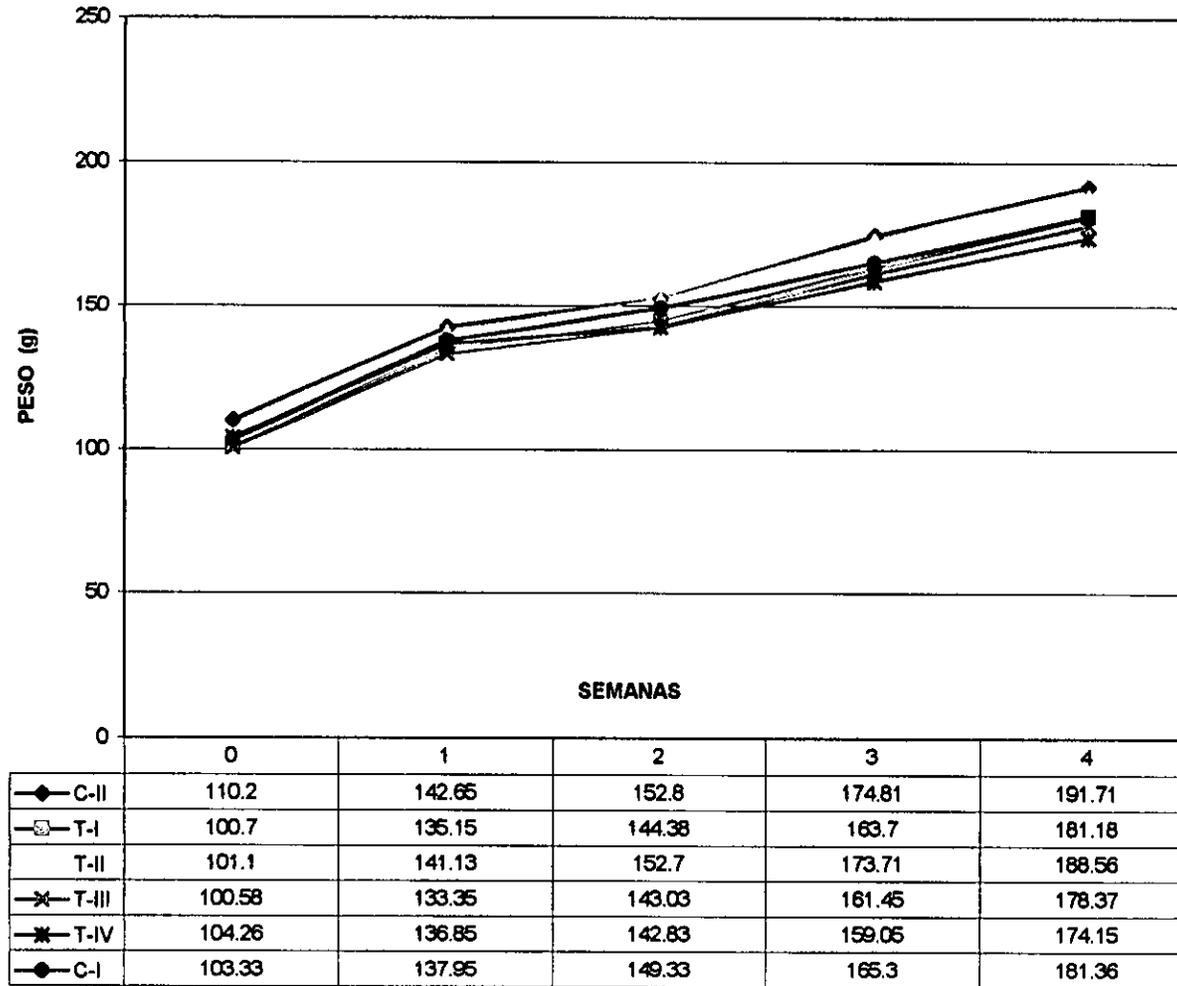


FIGURA 9.- CURVA DE CRECIMIENTO DE RATAS WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTO CON GOMA DE SEMILLA DE ALGARROBO (*Ceratonia s*) Y MEZQUITE (*Prosopis p*) DURANTE CUATRO SEMANAS
 C-I (LF), T-I (2 % P), T-II (5% P), T-III (2% C), T-IV (5% C), C-II (5% Cel)

cual favoreció el aumento de volúmen del ciego, así como de las heces en las cuales se eliminaron posiblemente la goma de Cs, grasas y almidón, así como compuestos nitrogenados, que no fueron completamente absorbidos.

VIII.2.2.- Hallazgos de Necropsia

Con ambos tipos de goma, se observó una exagerada vascularización y extravasación de la sangre a nivel peritoneal, siendo mas notoria en los animales tratados con Ceratonia, que llegó a provocar hemorragias y úlceras, sobre todo a nivel de duodeno, en la porción donde desembocan los conductos pancreático y biliar, estos mismos efectos se presentaron en testículo, escrotos, pene y músculo femoral del animal, en el 33 % de los animales (Cuadro 15). Otras alteraciones observadas en hígado y riñón, fueron zonas hipocrómicas. En el grupo T-IV se observó en el 33 % casos de esplenomeglia, aunque estadísticamente esta diferencia no fue significativa (Cuadro 10 a). Los animales tratados con ambos niveles de Prosopis mostraron cojinetes adiposos de gran extensión en la zona dorsal y perirrenal. Se presentaron deformaciones óseas en el 16.6 al 50 % en todos los grupos excepto en el grupo T-II (5 % Pp) (figuras 10,11,13,14, y 15)

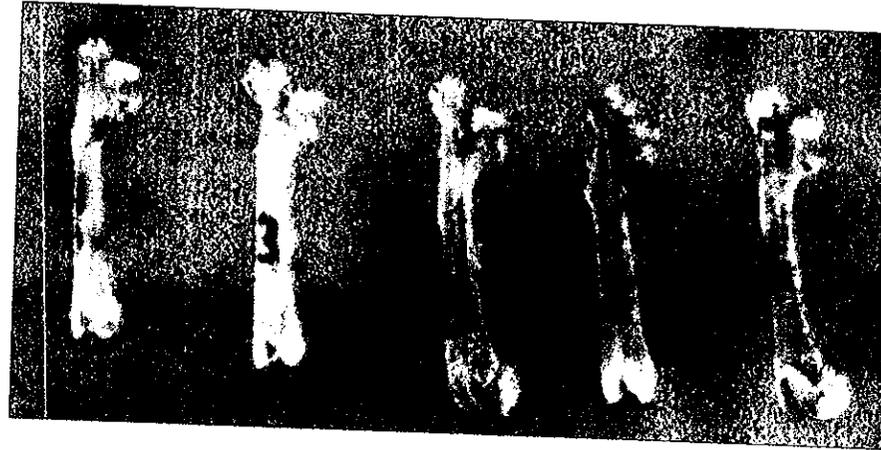


Figura 10. Deformaciones óseas en fémur de rata con dieta libre de fibra.

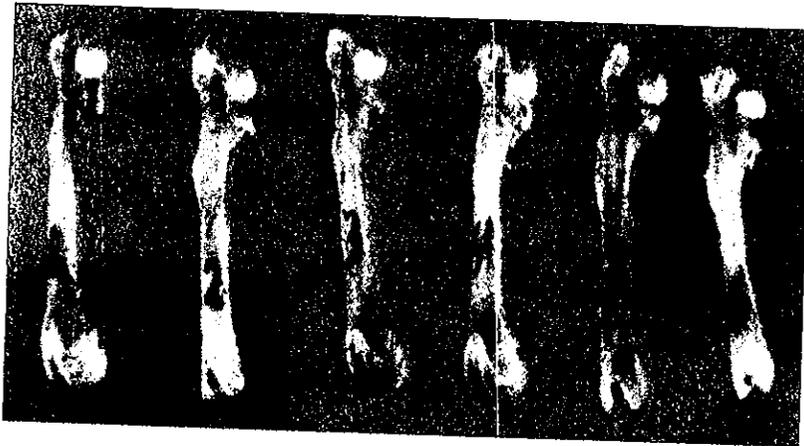


Figura 11. Deformaciones óseas en fémur de rata con goma de Prosopis 2%.

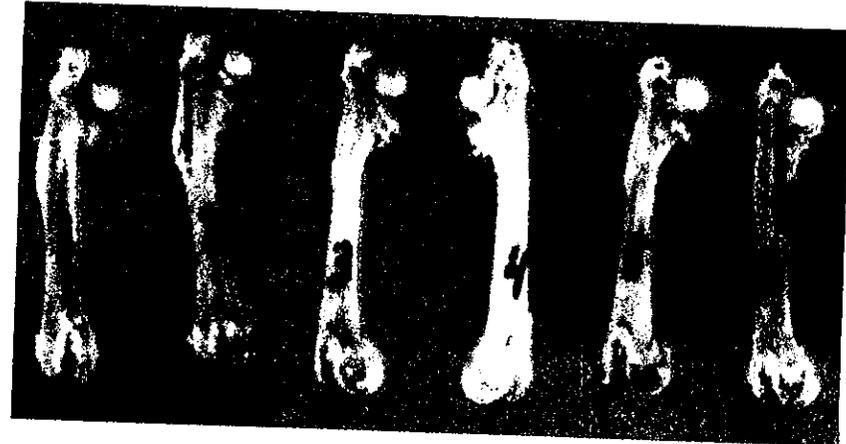


Figura 12. Estructuras óseas de fémur de rata con goma de Prosopis 5%.

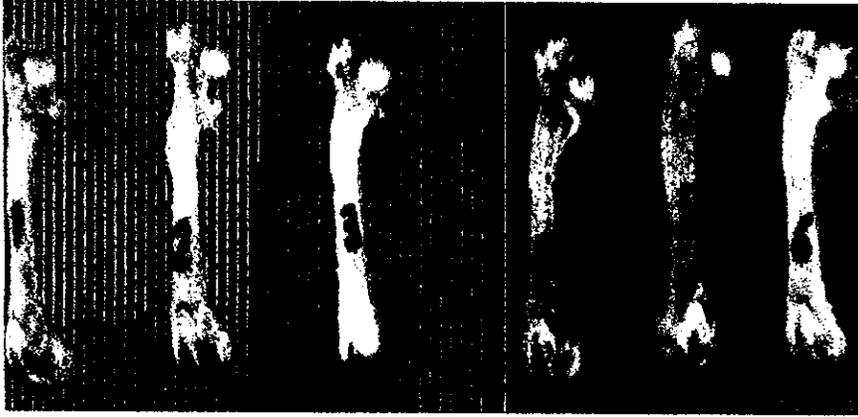


Figura 13. Deformaciones óseas en fémur de rata con goma de Ceratonia 2%.



Figura 14. Deformaciones óseas en fémur de rata con goma de Ceratonia 5%.

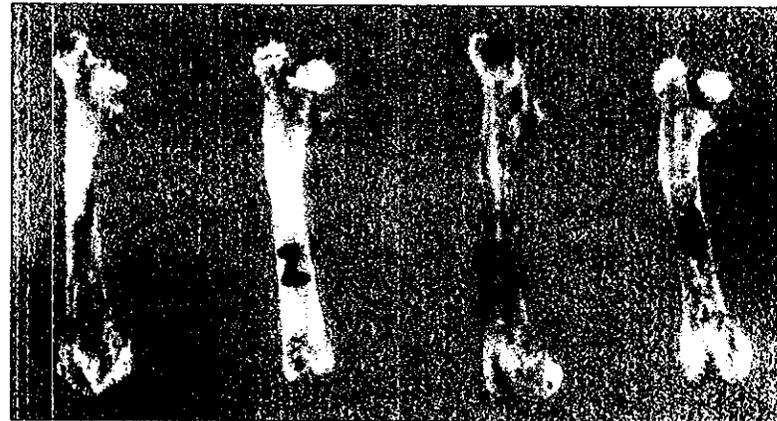


Figura 15. Deformaciones óseas en fémur de rata con Celulosa 5%.

**CUADRO 10.- ZOMETRIA DE RATAS WISTAR SOMETIDAS A
TRATAMIENTO CON GOMA DE SEMILLA DE *Ceratonia siliqua* Y *Prosopis pallida* (g y cm)**

| TRAT. | Peso Final | Peso Hígado | Peso Riñón | Peso Bazo | Peso Ciego | Peso Tibia | Largo Animal | Largo Fémur | Diám. Fémur |
|-----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| C-II (LF) | 191.8 a | 8.0 a | 0.81 ab | 0.50 a | 2.22 a | 0.43 a | 36.5 a | 30.7 a | 2.83 a |
| T-I (2P) | 181.1 a | 7.7 a. | 0.86 a | 0.58 a | 2.66 a | 0.41 a | 35.7 a | 30.4 a | 2.75 a |
| T-II (5P) | 188.5 a | 8.0 a | 0.73 abc | 0.46 a | 2.58 a | 0.42 a | 35.8 a | 31.5 a | 2.74 a |
| T-III(2C) | 179.0 a | 7.7 a | 0.64 c | 0.45 a | 2.03 a | 0.48 a | 35.3 a | 30.3 a | 2.76 a |
| T-IV(5C) | 174.1 a | 7.2 a | 0.61 c | 0.65 a | 3.03 a | 0.42 a | 35.4 a | 29.2 a | 2.58 a |
| C-I(5Ce) | 182.0 a | 7.5 a | 0.70 c | 0.40 a | 2.76 a | 0.37 a | 36.3 a | 30.5 a | 2.66 a |

Medias con la misma letra, presentan una diferencia que no es significativa

* P < .05

** P < .01

LF Libre de fibra; 2P 2 % de Prosopis p; 5P 5 % de Prosopis p;

2C 2 % Ceratonia s; 5C 5 % de Ceratonia s.; 5Ce 5 % de celulosa

B.H. Base húmeda

VIII.3.- RESULTADOS EN LA CONCENTRACION Y DISTRIBUCION DE LOS MINERALES EN ORGANOS.

FASE II

1.- Concentración de minerales en bazo

La concentración de cobre se encontró significativamente disminuída ($p < 0.01$) con una concentración menor a 0.1 ppm. El fierro se encuentra disminuído significativamente ($p < 0.01$) en el grupo T-II (5 %P) con una media de 0.009 ppm con respecto al grupo control C-II (libre de fibra) que presenta 0.023 ppm. Con respecto al magnesio, éste se encuentra disminuído significativamente ($p < 0.05$) en el grupo T-III (2%Cs), presentando un promedio de 0.065 ppm con respecto al grupo control C-II (LF) que presenta 0.080 ppm. (Cuadro 11 y Anexo 11a.). No se detectaron diferencias ($p > 0.05$) en las concentraciones de Ca y Zn en el bazo entre los grupos control y tratados.

2.- Concentración de minerales en hígado

El cobre se encontró significativamente disminuido (< 0.01) mostrando nuevamente una concentración menor a 0.1 ppm

Es notorio, que en los grupos T-I (2 % Pp), T-II (5 %Pp) y T-IV (5 %Cs) hay una concentración de cinc de 0.050 ppm, con respecto al grupo control C-II (LF) presenta 0.068 ppm, aunque esta no resultó significativa (cuadro 12 y anexo 12a). Los minerales calcio, magnesio y fierro se encuentran distribuídos en el hígado con diferencias que no son significativas ($P > 0.05$), con respecto al grupo control C-II (LF).

3.- Concentración de minerales en riñón

El cobre mostró una concentración menor a 0.1 ppm, El magnesio para el grupo T-III se encuentra significativamente disminuído ($p < 0.05$) con una concentración promedio de 0.064 ppm con respecto al grupo control C-II (LF) que presenta 0.082 ppm. (cuadro 13 y anexo 13a). Calcio, fierro y cinc permanecen en concentraciones con diferencias no significativas en todos los tratamientos aplicados. ($p > 0.05$).

4.- Distribución de minerales en tibia.

El cobre se encontró significativamente disminuido (< 0.01) mostrando nuevamente una concentración menor a 0.1 ppm. Los minerales calcio, fierro magnesio y cinc guardan una distribución con diferencias que no son significativas en todos los tratamientos (cuadro 14 y anexo 14 a).

CUADRO 11.- CONCENTRACION DE MINERALES EN BAZO DE RATAS WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTO CON GOMA DE SEMILLA DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) Y DE MEZQUITE (*Prosopis pallida*).

| TRAT. | Cu ** ppm | Ca ppm | Fe ** ppm | Mg * ppm | Zn ppm |
|------------|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|
| C-II(LF) | <0.1 | 0.209 a | 0.023 a | 0.080 ab | 0.037 a |
| T-I (2P) | <0.1 | 0.190 a | 0.020 ab | 0.097 ab | 0.032 a |
| T-II (5P) | <0.1 | 0.167 a | 0.009 b | 0.076 ab | 0.024 a |
| T-III(2C) | <0.1 | 0.178 a | 0.027 a | 0.065 b | 0.039 a |
| T-IV(5C) | <0.1 | 0.202 a | 0.020 ab | 0.104 a | 0.036 a |
| C-I (2Cel) | <0.1 | 0.181 a | 0.019 ab | 0.071 ab | 0.031 a |

Medias con la misma letra, presentan una diferencia que no es significativa

* P < .05

** P < .01

LF Libre de fibra ; 2P 2 % de *Prosopis p* ; 5P 5 % de *Prosopis p* ;
2C 2%de *Ceratonia s* ; 5C 5 % de *Ceratonia s* ; 5Ce 5 % de celulosa

CUADRO 12.- CONCENTRACION DE MINERALES EN HIGADO DE RATAS WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTO CON GOMA DE SEMILLA DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) Y DE MEZQUITE (*Prosopis pallida*).

| TRAT. | Cu ** ppm | Ca ppm | Fe ppm | Mg ppm | Zn ppm |
|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C-II (LF) | < 0.1 | 0.21 a | 0.038 a | 0.158 a | 0.068 a |
| T-I (2P) | < 0.1 | 0.21 a | 0.035 a | 0.141 a | 0.050 a |
| T-II (5P) | < 0.1 | 0.23 a | 0.027 a | 0.164 a | 0.050 a |
| T-III (2C) | < 0.1 | 0.20 a | 0.033 a | 0.169 a | 0.055 a |
| T-IV (5C) | < 0.1 | 0.19 a | 0.034 a | 0.136 a | 0.050 a |
| C-I (5Cel) | < 0.1 | 0.21 a | 0.029 a | 0.120 a | 0.079 a |

Medias con la misma letra, presentan una diferencia que no es significativa

* P < .05

** P < .01

LF Libre de fibra ; 2P 2 % de *Prosopis p* ; 5P 5 % de *Prosopis p* ;
2C 2%de *Ceratonia s* ; 5C 5 % de *Ceratonia s* ; 5Ce 5 % de celulosa

CUADRO 13 .- CONCENTRACION DE MINERALES EN RIÑÓN DE RATA WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTO CON GOMA DE SEMILLA DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) Y DE MEZQUITE (*Prosopis pallida*)

| TRAT. | Cu ** ppm | Ca ppm | Fe ppm | Mg * ppm | Zn |
|------------|--------------|-----------|-----------|-------------|---------|
| C-II (LF) | < 0.1 | 0.20 a | 0.081 a | 0.082 ab | 0.043 a |
| T-I (2P) | < 0.1 | 0.22 a | 0.014 a | 0.095 ab | 0.045 a |
| T-II (5P) | < 0.1 | 0.25 a | 0.010 a | 0.107 a | 0.032 a |
| T-III (2C) | < 0.1 | 0.21 a | 0.034 a | 0.064 b | 0.046 a |
| T-IV (5C) | < 0.1 | 0.24 a | 0.016 a | 0.091 ab | 0.036 a |
| C-I(5 Cel) | < 0.1 | 0.38 a | 0.017 a | 0.095 ab | 0.047 a |

Medias con la misma letra, presentan una diferencia que no es significativa.

* P < .05

** P < .01

LF Libre de fibra ; 2P 2 % de *Prosopis p* ; 5P 5 % de *Prosopis p* ;
2C 2%de *Ceratonia s* ; 5C 5 % de *Ceratonia s* ; 5Ce 5 % de celulosa

CUADRO 14.- CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN TIBIA DE RATAS WISTAR SOMETIDAS A TRATAMIENTO DE GOMA DE SEMILLA DE ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) y MEZQUITE (*Prosopis pallida*).

| TRAT. | Cu ** ppm | Ca ppm | Fe ppm | Mg ppm | Zn Ppm |
|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C-II (LF) | < 0.1 | 0.23 a | 0.021 a | 0.481 a | 0.186 a |
| T-I (2P) | < 0.1 | 0.20 a | 0.19 ab | 0.419 a | 0.181 a |
| T-II (5P) | < 0.1 | 0.22 a | 0.025 b | 0.468 a | 0.181 a |
| T-III(2C) | < 0.1 | 0.20 a | 0.021 a | 0.492 a | 0.158 a |
| T-IV(5C) | < 0.1 | 0.21 a | 0.020 a | 0.462 a | 0.296 a |
| C-I (5 Cel) | < 0.1 | 0.20 a | 0.019 a | 0.439 a | 0.157 a |

Medias con la misma letra, presentan una diferencia que no es significativa.

* P < .05

** P < .01

LF Libre de fibra ; 2P 2 % de *Prosopis p* ; 5P 5 % de *Prosopis p* ;

2C 2%de *Ceratonia s* ; 5C 5 % de *Ceratonia s* ; 5Ce 5 % de celulosa

CUADRO 15.- GRADOS DE LESION MACROSCOPICA OBSERVADAS EN ORGANOS DE RATAS TRATADAS CON GOMAS DE MEZQUITE(*Prosopis pallida*)Y ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*).

| ORGANO | T R A T A M I E N T O S | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | C-I (5 % cel) | C-II (L .F.) | T - I (2 % PP) | T - II (5 % PP) | T - III (2 % CS) | T - IV (5 % CS) |
| ESTOMAGO | So | So | So | So | So | +++ (50 %) |
| DUODENO | So | So | ++ (16.6 %) | ++ (16.6 %) | So | +++ (50 %) |
| YEYUNO | So | So | + (16.6 %) | + (16.6 %) | ++ (16.69) | +++ (50 %) |
| CIEGO | + (16.6 %) | So | + (33 %) | So | + (16.6) | +++ (50 %) |
| RECTO | So | So | + (33 %) | So | So | +++ (33 %) |
| HIGADO HIPOCROMI CO | So | So | So | + (16.6 %) | So | So |
| RINON HIPOCROMI CO | So | So | So | + (33 %) | So | So |
| TESTICULO S Y ESCROTOS | So | So | So | So | So | +++ (33 %) |
| MUSCULOS FEMORALES | So | So | So | So | So | +++ (33 %) |
| ESPLENOM EGALIA | So | So | So | So | So | +++ (33 %) |
| DEFORMACI ONES OSEAS | +++ (16.6 %) | +++ (50 %) | +++ (50 %) | So | +++ (16.6 %) | +++ (33 %) |

So Sin observaciones
 + menor grado de lesión
 ++ mayor grado de lesión
 +++ lesiones severas

LF Libre de fibra ; 2P 2 % de *Prosopis p* ; 5P 5 % de *Prosopis p* ;
 2C 2%de *Ceratonia s* ; 5C 5 % de *Ceratonia s* ; 5Ce 5 % de celulosa

VIII.4 DISCUSION SOBRE LA CONCENTRACION DE MINERALES ESENCIALES EN ORGANOS

Los trabajos consultados y presentados en la revisión de la literatura, así como la investigación realizada, permiten hacer las siguientes consideraciones, las cuales están encaminadas a identificar posibles deficiencias de minerales en los animales de experimentación utilizados, bajo el tratamiento con las dos diferentes fuentes de fibra dietética soluble.

VIII.4.1.- Concentración de cobre en bazo, hígado, riñón y tibia.

El presente estudio reveló que la concentración de cobre en todos los órganos y en todos los tratamientos utilizados, fue menor de 0.1 ppm/g de tejido la cual es significativamente ($P < 0.01$) inferior a la normal, que es aproximadamente de 2 ppm/gramo de tejido en la rata. (Underwood, 1977). Cartwright y Wintrobe (1964) citados por Underwood, 1977 describen que la distribución total del Cu puede variar con la especie, la edad y el estado de oxidación del cobre en el animal. Ellos estudiaron la distribución del cobre en cinco tejidos de humanos normales y encontraron un total de 23 mg de cobre en el hígado, corazón, bazo, riñones, cerebro y sangre, de los cuales 8 mg estaban presentes en hígado y 8 mg en cerebro. Los rumiantes, tienen una gran capacidad para almacenar cobre en el hígado. Dick, 1956 (citado por Underwood en 1977) encontró la siguiente distribución corporal en ovejas: hígado 72-79 %; músculo 8-12 % piel y pelo 9 %, esqueleto 2 %; la pituitaria, tiroides, timo, próstata, ovarios y testículos son ejemplos de órganos bajos en cobre ; páncreas, piel, músculos, bazo y huesos, representan tejidos intermedios en la concentración de cobre ; hígado, cerebro riñones, corazón y pelo, son relativamente altos en cobre.

Igualmente Bush y col., 1956 (citados por Underwood en 1977) observaron que la composición química de la dieta y algunas enfermedades hacen variar la concentración de cobre en el hígado. Agregan que los tejidos individualmente difieren grandemente en su susceptibilidad a variaciones en la composición de la dieta. Las manifestaciones clínicas de las deficiencias, varían con la edad, el sexo y la especie animal, así como con la severidad y duración de esta.

El nivel de cobre en el pelo del hombre y otras especies ha sido estudiado como un índice potencial del estado individual ó de grupos. En el presente trabajo, una de las primeras manifestaciones observadas en la gran mayoría de los animales tratados con ambos tipos y niveles de gomas fué la alopecia y pelo grueso e hirsuto, además de grandes extensiones de piel en la cabeza y el dorso del animal de color más oscuro que el resto de la piel, que tenían una consistencia dura al tacto.

VIII.4.1.2.- Alteraciones vasculares observadas en los animales.

En el presente trabajo las lesiones macroscópicas mas evidentes, se presentaron en los grupos T-III(2 %C) y T-IV(5 %C), y fueron principalmente la extravasación de la sangre a nivel peritoneal, las hemorragias y ulceraciones observadas en el

tracto digestivo, sobre todo a nivel de duodeno y yeyuno, así como en testículos y músculo femoral.

En 1961 O'Dell y col (citados por Underwood,1977) observaron desarreglos en el tejido elástico de la aorta de pollos deficientes en cobre y encontraron que la mortalidad fué causada por la ruptura de los vasos sanguíneos mayores. Al mismo tiempo, otro grupo de investigadores en Utah por su lado describieron cambios cardiovasculares en cerdos con deficiencia de cobre, con ruptura de vasos sanguíneos mayores y muerte (Carnes y col, 1961 y Coulson,1963, citados por Underwood,1977).

En ratas deficientes en cobre, Goodman y col., (1970) (citados por Underwood,1977) observaron hipertrofia cardíaca y crecimiento anormal del bazo, situación que coincide con la esplenomegalia que presentaron el 33 % de los individuos tratados con la goma de Cs 5 %, (grupo T-IV), en el cual el bazo mostró el doble de peso comparado con el grupo control . (un gramo vs 0.5 g) (cuadro 15). La literatura describe que la lesión esencial que se presenta en deficiencia de cobre es la degeneración del miocardio con presencia de fibrosis. El proceso mórbido es lento y progresivo, comenzando con la infiltración de pequeñas zonas y luego se reemplaza el tejido normal con grandes áreas de tejido colágeno muy denso (Underwood, 1977).

VIII.4.1.3.- Desordenes óseos observados en los animales.

Del 16.6 al 50 % de los animales de experimentación utilizados en el presente trabajo, mostraron deformidades óseas en el extremo distal del fémur que se manifestaron sobre todo en la formación defectuosa de los condilos medial y lateral donde se articulan con la tibia del animal, así como en la formación de la articulación con la rótula del animal. La corteza del hueso se observa delgada en estos y facilmente de romper (cuadro 15 y figuras 10, 11, 13, 14 y 15).

Los animales del grupo T-II (5 %p) no presentaron ninguna deformación ósea, (Figura 12), lo que hace suponer que estos no fueron susceptibles a la deficiencia de cobre, o bien que *Prosopis p.* Suplementó el mineral, ya que *Prosopis* tiene alto contenido de elementos esenciales. Dado que estas deformaciones óseas se presentaron en todos los grupos excepto T-IV, se considera que la deficiencia de cobre en los animales no fue debida únicamente a las gomas de Pp y Cs, sino que el cobre que se proporcionó en la dieta a los animales no fue el requerido o no estuvo biodisponible, para que este fuera absorbido por el animal, o bien que haya ocurrido alguna interacción del cobre con otro constituyente de la dieta que impidió su absorción (West,1969), pues es muy conocido en la literatura, el poder quelante que presentan los grupos carboxilo, amino y sulfhidrido de los aminoácidos así como los grupos amido de las proteínas con el cobre,(reacción de Biuret).

VIII.4.2.- Concentración del hierro en bazo.

Underwood (1977) señala que en cerdos con deficiencia de cobre se ha observado que tienen una débil habilidad para absorber el hierro y entonces lo movilizan de los tejidos y lo utilizan en la síntesis de hemoglobina. Esta situación puede explicar la baja concentración de fierro encontrada en bazo para los animales tratados con 5 % de Pp,(T-II) cuya concentración promedio fue de 0.009 ppm con respecto al grupo control C-II que fue de 0.023 ppm (Tabla 11a), así como las zonas hipocrómicas observadas en hígado y riñón de los animales de este grupo

VIII.4.3.- Concentración de cinc en hígado,

Los resultados del análisis estadístico muestran que las diferencias entre tratamientos respecto a la concentración de cinc no fueron significativas,($P>.05$) pero es muy notorio en los grupos T-I (2 % P), T-II (5 % P) y T-IV (5 % C), una concentración inferior de 0.050 ppm en comparación con el grupo control que mostró 0.068 ppm y el grupo testigo con 0.079 ppm, infiriendo que posiblemente las gomas hayan disminuido la absorción de este mineral.

Un defecto metabólico conocido desde hace tiempo es que la actividad proteolítica del páncreas es reducida por la ausencia de cinc en ratas, según Hove, 1938, citado por Underwood en 1977.

Vallee y Neurath,1955, citados por Underwood en 1977, más tarde demostraron que la carboxipeptidasa pancreática es una metaloenzima dependiente de cinc. La actividad de esta se encuentra notablemente reducida en ratas deficientes en cinc, la cual se revirtió cuando estas fueron suplementadas con este elemento. Se cree que la deficiencia de cinc es la causa de la detención del crecimiento y pobre utilización del alimento; situación que coincide con los resultados con las excretas, donde se observa que hubo una absorción incompleta del alimento, pues las heces presentaron el color característico debido a pérdida de grasas y aminoácidos. (Lynch, 1972)

Los primeros trabajos por deficiencia de cinc en ratas, fueron realizados por Todd y col ,1934, y citados por Underwood en 1977, quienes observaron al igual que los subsecuentes trabajos retardo en el crecimiento en todas las especies, en este trabajo se observó principalmente en los animales de los grupos T-III (2%C) y T-IV (5%C). El retardo en el crecimiento por deficiencia de cinc, resulta parcialmente de la pérdida de apetito, reducción en el consumo alimenticio y por el bajo valor nutritivo del alimento. Aparentemente la digestibilidad del alimento no es afectada por la deficiencia de cinc. Según los resultados obtenidos en este trabajo, los animales no perdieron el apetito y consumieron casi en su totalidad la ración que se les ofrecía, por lo que suponemos que el menor tamaño de partícula que presentaba la goma de Cs así como el nivel de inclusión de dicha goma fueron los responsables del menor peso obtenido por los animales de los grupos T-III y T-IV, ya que estos pudieron impedir la correcta absorción de nutrientes.

Se ha reportado síntesis de colágena reducida y aparentes alteraciones en el entrecruzamiento de la colágena en la piel de ratas deficientes en cinc. La deficiencia de cinc es muy evidente en la queratogénesis y particularmente en lana y cuernos (Underwood, 1977). Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos en este trabajo, donde se observó que la calidad del pelo de los animales estaba notablemente disminuída, además de la exagerada alopesia que presentaron los animales, así como la piel manchada y endurecida que se observó en estas. El cinc también está involucrado en el metabolismo de las proteínas y de los ácidos nucleicos y por lo tanto en el proceso de replicación celular.

La relación entre los cambios de actividad enzimática y la depleción de cinc no está clara. La actividad de estas enzimas puede estar mas afectada que otras bajo condiciones de deficiencia, porque hay diferencias en la afinidad para enlazarse al metal. Este tipo de unión del metal a la enzima, puede ser la clave para que el organismo jerarquice las funciones enzimáticas, permitiendo así que los oligoelementos existentes en la poza particular de cada uno de ellos sean destinados a una función que represente mayor compromiso para la vida de las células, como lo podemos observar con las hemoenzimas, donde la síntesis de hemoglobina, tiene prioridad sobre las otras hemoenzimas.

VIII.4.4 Concentración de magnesio en bazo y riñón.

El análisis estadístico reveló una disminución significativa ($P < 0.05$) en bazo y riñón de los animales pertenecientes al grupo T-III (2 %C) respecto al grupo control C-II (LF), pero no se observó en estos los signos y síntomas característicos de la hipomagnesemia como son la incoordinación y tetania hipomagnesémica, pero si la extravasación peritoneal descrita por Blood y Radostitis (1992) así como el descenso del ritmo de crecimiento.

Ashton,(1965) citado por Blood y Radostitis, 1992 y West, 1969 señalan que cuando una dieta es muy rica en proteínas, se presenta un proceso semejante a la quelación y consecuentemente se puede reducir la biodisponibilidad del magnesio.

La existencia de sustancias quelantes (por ejemplo el ácido α -cetobutírico) presente en plantas o en el contenido del rumen, ejercen acciones que se oponen a la absorción del magnesio (Wilson, 1964, citado por Blood y Radostitis ,1992). Field y Suttle, (1979), (citados por Blood y Radostitis, 1992) comentan que el alto contenido de potasio en la dieta puede reducir la absorción de magnesio en el tracto digestivo, mientras que Suttle y Field, (1969) citados por Blood y Radostitis, 1992 observaron que la administración experimental de potasio en dietas para ovinos disminuye la absorción de magnesio e incrementa de forma manifiesta, el efecto hipomagnesémico debido al escaso ingreso de este elemento.

Blood y Radostitis, (1992) refieren que existe una estrecha relación entre las condiciones climáticas y los valores de magnesio sérico, los cuales disminuyen en

bovinos y ovinos adultos expuestos a tiempos húmedos, fríos y ventosos, con poca luz solar y sin posibilidad de ingerir raciones suplementarias. Shiga y col,(1979) (citados por Blood y Radostitis en 1992), observaron que el "stress" por clima frío aumenta la excreción urinaria de magnesio. Estas situaciones coinciden totalmente con el desarrollo del presente experimento pues cuando este se desarrolló en su primera fase, se hizo en los meses de junio, julio y agosto presentándose abundantes días lluviosos, húmedos y fríos, además que la ración proporcionada a los animales siempre fue constante y en una cantidad de 10 g, que es un poco menor a los 12 g que habitualmente se les proporciona a las ratas según la literatura, con el fin de forzar la ingesta, por lo que se puede suponer que si hubo un balance energético negativo durante estos días en los animales del grupo T-III que posiblemente fueron más susceptibles a estos cambios climáticos.

De la presente discusión podemos observar que la base de la deficiencia de oligoelementos es muy compleja, ya que muchos de estos están implicados en la actividad de una enzima en particular o de varias y que existe cierto sinergismo entre los oligoelementos para que estos puedan actuar normalmente, es decir la ausencia carencia de un oligoelemento afecta a uno o más procesos metabólicos donde está implicado otro oligoelemento, como lo pudimos observar entre el cobre y el hierro.

Finalmente podemos concluir que la manera más fácil y rápida de vigilar las etapas preclínicas de una deficiencia de oligoelementos es haciendo uso de indicadores bioquímicos, que reflejen cambios en la actividad de la enzima implicado o de la concentración de sus sustratos o productos en el tejido susceptible de ser afectado.

IX .-CONCLUSIONES

En virtud de los resultados obtenidos y discutidos de acuerdo a la literatura consultada se concluye lo siguiente:

- 1.- La goma de Pp puede ser utilizada como componente de la ración para animales en crecimiento y que no estén en cautiverio, pues como se observó es altamente engrasante, a menos que se pretenda la producción de grasa en el animal.
- 2.- Dados los resultados en la ganancia de peso, se infiere que un tamaño mayor de partícula de la goma tiene efectos mas favorables para el animal en comparación con uno de menor tamaño.
- 3.- Se infiere que la goma de Pp es hidrolizada en el colon, en mayor proporción que la goma de Cs, donde la flora bacteriana fermenta las moléculas glucídicas contenidas en ésta y que los animales aprovecharon estos subproductos del metabolismo bacteriano como fuentes energéticas.

4.- El cobre suministrado en la dieta (Sulfato de cobre anhidro) no cubrió los requerimientos del animal o no estuvo biodisponible para éste.

5.- La deficiencia de hierro observada pudo deberse a la carencia de cobre, o bien, a la elevada viscosidad intestinal que se produjo con las gomas y que ésta haya impedido la correcta absorción de los minerales que se encontraron disminuídos significativamente.

6.-Dada la pureza de las gomas, no se descarta la posibilidad de que en éstas pudiese existir algún factor detrimental, que haya impedido la adecuada absorción de lípidos y aminoácidos de la dieta.

7.- Posiblemente el uso de dietas semipurificadas pudo interferir adicionalmente en la absorción de minerales esenciales de la dieta.

TRABAJOS POSTERIORES

1.- Determinar en animales en canal la cantidad de grasa formada con la goma de Prosopis p.

2.- Probar la capacidad quelante de la goma de Prosopis p sobre otros parámetros de la dieta como son aminoácidos y lípidos esenciales

ANEXO 10a.- ANALISIS DE LA VARIANZA SOBRE ZOOMETRIA DE RATAS WISTAR.

C U A D R A D O S M E D I O S

| O.V. | G.L | PF | PH | PR | PB | PC | PT | LA | LF | DF |
|--------|-----|-------|------|--------|------|------|--------|------|------|------|
| TRAT. | 5 | 249.0 | 0.58 | 0.05** | 0.05 | 0.8 | 0.0003 | 1.49 | 3.21 | 0.04 |
| ERROR | 30 | 104 | 0.73 | 0.01 | 0.02 | 0.7 | 0.005 | 1.32 | 2.77 | 0.02 |
| TOTAL | 35 | | | | | | | | | |
| Fcalc. | | 2.39 | 0.80 | 5.20 | 2.23 | 1.14 | 0.59 | 1.13 | 1.16 | 1.62 |

* P < 0.05

** P < 0.01

ANEXO 11a.- ANALISIS DE LA VARIANZA SOBRE CONCENTRACION DE MINERALES EN BAZO.

C u a d r a d o s m e d i o s d e l e r r o r.

| O.V. | G.L | Ca | Fe | Mg | Zn |
|---------|-----|-------|-----------|----------|----------|
| TRAT. | 5 | 0.001 | 0.0002 ** | 0.0013 * | 0.00017 |
| ERROR | 30 | 0.001 | 0.000005 | 0.0003 | 0.000088 |
| TOTAL | 35 | | | | |
| F calc. | | 1.02 | 4.02 | 3.47 | 2.03 |

* P < 0.01

** P < 0.05

ANEXO 12a.- ANALISIS DE LA VARIANZA SOBRE CONCENTRACION DE MINERALES EN HIGADO.

C u a d r a d o s m e d i o s d e l e r r o r

| O.V. | G.L | Ca | Fe | Mg | Zn |
|-------|-----|--------|----------|-------|---------|
| TRAT. | 5 | 0.0011 | 0.000084 | 0.002 | 0.00088 |
| ERROR | 30 | 0.0026 | 0.00014 | 0.002 | 0.00033 |
| TOTAL | 35 | | | | |
| F | | 0.43 | 0.63 | 0.76 | 2.61 |

* P < 0.05

** P < 0.01

ANEXO 13a.- ANALISIS DE LA VARIANZA SOBRE LA CONCENTRACION DE MINERALES EN RIÑON.

Cuadrados medios del error

| O.V. | G.L | Ca | Fe | Mg | Zn |
|---------|-----|-------|---------|----------|---------|
| TRAT. | 5 | 0.025 | 0.00042 | 0.0012 * | 0.00022 |
| ERROR | 30 | 0.018 | 0.00026 | 0.0003 | 0.00021 |
| TOTAL | 35 | | | | |
| F calc. | | 1.36 | 1.60 | 3.43 | 1.04 |

* P < 0.05

* P < 0.01

ANEXO 14a.- ANALISIS DE LA VARIANZA SOBRE CONCENTRACION DE MINERALES EN TIBIA.

C uadros medios del error

| O.V. | G.L | Ca | Fe | Mg | Zn |
|-------|-----|---------|----------|--------|-------|
| TRAT. | 5 | 0.00074 | 0.000030 | 0.0042 | 0.016 |
| ERROR | 30 | 0.0011 | 0.000032 | 0.012 | 0.011 |
| TOTAL | 35 | | | | |
| Fcalc | | 0.63 | 0.93 | 0.33 | 1.39 |

* P < 0.05

** P < 0.01

ANEXO 15.- ANALISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO

El análisis de la varianza para la variable dependiente PESO usando la ecuación de la FASE I nos queda resumido en la siguiente tabla.

| O:V. | G.L | CME | F (SNK) | P >F |
|----------------------|-----|---------|---------|--------|
| TRATAMIENTO | 5 | 637.8 | 56.92 | 1.93 |
| RATA (TRAT) | 30 | 331.1 | 29.55 | 0.0001 |
| ERROR | 0 | | | |
| SEMANA | 3 | 14250.4 | 1271.8 | 0.0001 |
| TRATAMIENTO X SEMANA | 15 | 25.4 | 2.27 | 0.0091 |
| SEMANA | 90 | 11.2 | | |
| ERROR | | | | |

* P<.05

** P < .01

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Achi,OK., 1992, Microganisms associated with natural fermentation of *Prosopis africana* seeds for the production of okpiye, *Plant Foods for human nutrition*, 42 (4) pp 297-304.
- 2.- Ageel, A.; 1989. Antimicrobial activity of julifloricine isolated from *P.juliflora*. *Arzneim Forsch*, Vol. 39 pp 652-655
- 3.- Ahmad, A.; Khan, K.A.; Ahmad, V.U.; Qazi S., 1986, S., Antibacterial activity of juliflorine isolated from *Prosopis juliflora*. *Plant. Med.* No. 4 pp 285-287.
- 4.- Anacarani, L., 1976, La "*ceratonia siliqua*": produzione, impieghi, commercio. *Rass Chim* 4 174-182.
- 5.- Anderson W. J.,M.D. and Janet Trietyen-Clark, R.D., 1986, Dietary Fiber: Hyperlipidemia, Hypertension, and Coronary Heart Disease, *The American Journal of Gastroenterology*, Vol.81, No. 10.
- 6.- Anderson, Mc Lean ,1974. Design of experiments A realistic approach. Vol. 5 Ed. Marcel Dekker Inc. N.Y.pp 154-183
- 7.- Baduí D. S., 1995. Química de los Alimentos. 3ª. Ed. Editorial Alhambra Mexicana
- 8.- Bagheri, S.M and Gueguen, L., 1981.Influence of wheat bran diets containing unequal amounts of calcium, magnesium, phosphorus and zinc upon absorption of these minerals in rats. *Nutr. Rep. Int.*, 24, 47.
- 9.- Blood, D.C. y Radostitis, O.M., 1992, *Medicina Veterinaria* 7ª. Edición, Editorial Interamericana-Mc Grow- Hill. Tomo II
- 10.- Blundell E. J., 1998. La fibra en el control del hambre, V Simposio Internacional sobre fibra dietaria. *Cuadernos de Nutrición*, vol. 21 No. 1
- 11.- Bowen, H.J.M., 1966, *Trace Elements in Biochemistry*. Academic Press. London Great Britain.
- 12.- Bravo L., Grados N. and Saura C. F. 1994, Composition and Potential Uses of Mezquite Pods (*Prosopis pallida* L.): Comparison with Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.) *Journal of the Science of Food and Agriculture* vol. 65, Iss 3, pp 303-306
- 14.-Brunsgaard,G, Eggum,B.O.1995b. Caecal and colonic tissue structure and proliferation as influenced by adaptation period and indigestible polysaccharides. *Comparative Biochemistry and Physiology A*. 112 (3-4): pp 365-377

- 15.-Claye, S.S., Idouraine, A. & Weber, C.W., 1996^a, Extraction and fractionation of insoluble fiber components from five fibers sources. *Food Chem.*, 57, 305-310
- 16.-Claye, S.S. y col, 1998, In-vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for magnesium and calcium. *Food Chemistry*, vol 61, No. 3 pp 333-338
- 17.- Dávila A.H.,1983, Segunda Reunión Nacional sobre Ecología y Domesticación de las Plantas útiles del desierto. Publicación especial, No. 43 nov. 1983 ISSN –O 185-2566 SARH. México.
- 18.-Denis, Lairon, 1985, Effects of dietary fibers and cholestiramine on the activity of pancreatic lipase in vitro. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol 42 : pp 629-638.
- 19.-Denis Lairon ; M. Martigné,1987, Les fibres alimentaires des céréales, en Les apports doublé et des aliments céréaliers dans l'équilibre alimentaire, Fondation RONAC (BP 82, 26110 Nyons) , p. 65-86.
- 20.-Duhan,A; Chauhan,BM;Punia,D.,1992, Nutritional value of some non conventional plant foods of India. *Plant Foods for human nutrition* 42 (39 PP. 193-200.
- 21.-Fagg,C.W.1994. The value of Acacia and Prosopis in arid and semiarid environments *Journal of Arid Environments*. 27: 3-25.
- 22.-Feldman,N;Norenberg,C;Voet;Manor,E;Berner-Y; Madar,Z.,1995.Enrichment of an Israeli ethnic food with fibers and their effects on the glycaemic and insulinaemic response in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *British Journal of Nutrition*. 42 (3) 265-273.
- 23.-Felker, P.,, 1981, Salinity Tolerance of the tree legumes: mezquite (*Prosopis glandulosa* var *Torreyana*, *P. Velutina* y *P articulata*), algarroba (*P chilensis*), Kiawe (*P. Pallida*) and tamarugo (*P. Tamarugo*) grown in sand culture an nitrogen free media. *Plant Soil* 61: 311-317.
- 24.-Figuereido,AA; Price,RL, 1990, Chemical structure of mezquite (*Prosopis juliflora* DC) seed polysaccharids, *Ciencia e Tecnologia de alimentos*; 10 (2) 287-300
- 25.-Fisher Nathan, y col, 1985, Cereal dietary fiber consumption and diverticular disease: a lifespan study in rats, *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol 42. Pp 788-804.
- 26.- Galindo A.S, García M.E., 1986, Usos del Mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Altiplano Potosino. Centro Regional para estudios de Zonas Aridas y semiáridas y Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Agrociencia,

vol 63 pp 7-16.

27.- Georgievskii,V.I. & Anekov,B.N., 1985. Mineral Nutrition of Animals. Ed. Butterworths. Toronto Canada

28.- Glicksman, Martin. 1969. Gum technology in the food industry, AP Academic Press . New York,U.S.A.

29.- Glicksman Martin 1980. Food Hydrocoloids Vol I Y III CRC Press. New York, U.S.A.

30.- Hernández, T.A.; 1998. Estudio Reológico de dispersiones de mezquite y algarrobo adicionadas de cosolutos, sometidos a estrés térmico y aproximación a su análisis calorimétrico. Tesis de Maestría, Depto. De Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV.

31.-Herrera E. 1986, Bioquímica 1ª. Edición. Ed. Interamericana, México.

32.- Holden, Constance, 1996, El místico mezquite. Science vol 271 mar 29-96.

33.-Idouraine, A., Khan, M.J., Kohlhepp, E.A. & Weber, C.W. 1996a, In-vitro mineral binding capacity of three fiber sources for Ca, Mg, Cu y Zn by two different methods. Intern. J. Fod Sci Nutri., 47, 285-293.

34.-Idouraine, A., Khan, M.J. & Weber, C.W. 1996b. In-vitro binding capacity of wheat bran, rice bran, and oat fiber for Ca, Mg, Cu y Zn alone and in different combinations. Journal of Agric. Food Chem., 44, 2067-2072.

35.- Jenkins, J.A. David, 1980, Dietary fiber and blood lipids: treatment of hypercholesterolemia with guar crispbread. Am. J. Clin Nutr. 33: 575-581.

36.-Jenkins, J.A. D. Jenkins L. A., Rao A.V. y Thompson U. L., 1986, Cancer Risk: Possible Protective Role of High Carbohydrate High Fiber Diets, American Journal of Gastroenterology, Vol. 81, No. 10, pp 931-935.

37.-Kaplan L.A., Pesce A.J., 1989, Química Clínica. Técnicas de Laboratorio-Fisiopatología-Métodos de análisis. Teoría, análisis y correlación. 2ª. Reimpresión Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires Argentina.

38.-Koneman E., Stephen D.A, Dowell V.R.,Janda M. W, Sommers H., Win Washington, 1997, Diagnóstico Microbiológico Texto y Atlas color. 1ª. Reimpresión Editorial Médica Panamericana.

39.- Kwiterovich, P.O. Jr., 1995, The role of fiber in the treatment of hypercholesterolemia children and adolescents Pediatrics, 96 (5 part 2) 1005-1009)

- 40.- Lamarque, A.L.; Guzmán, C.A. 1997. Seed chemical variation in *Prosopis Chilensis* from Argentina. Genet Resour. Crop Evol., vol 44 no. 6 pp 495-498.
- 41.- Lamarque,AL; Maestri,DM Grosso,NR Zygadlo,JA Guzman,CA., 1994, Proximate composition and sees lipid components of some Prosopis (Leguminosae) from Argentina. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol 66, Iss 3,pp 323-326.
- 42.- Lima F. P. C., 1984, Algaroba Uma das alternativas para o Nordeste. Brasil Florestal (No. 58 Abr/mai/Jun 1984)vol 13 No. 58 pp 47-54
- 43.- Loo, T.G., 1969, Aspects of the isolation of sugar from *Ceratonia siliqua*. Publ Royal Trop Inst 288, 11-12.
- 44.- Lynch, J. Matthew, 1972, Métodos de Laboratorio 2ª. Edición. Nueva Editorial Interamericana.México, D.F., México.
- 44a.- Manual Perkin Elmer 1998.
- 45.- Mateucci S.D., 1991, Potencial productivo de los cujizales en el árido falconiano (Venezuela)Interciencia. Nov. - Dec. 1991, vol 16 No. 6.
- 46.- Marvan L, 1998. La fibra en la cocina. Cuadernos de Nutrición vol 21 no. 1
- 47.- Moak, S., Pearson, N. Y Shin, K 1987. The effect of oat and wheat bran fibers on mineral metabolism In adult males. Nutr. Rep. Int. 36, 1137.
- 48.- Murray, J., and Stein, N. 1970, Trace elements metabolism in animales (C.F. Mills, ed.), vol 1 pp 321 Livingstone, Edimburgh
- 49.- Nadir, M.T.; 1985. Evaluation of antibacterial activity in some of the Iraqui plants. J.Biol. Sci.. Res, 1985, vol. 16, No. 2, pp 169-178.
- 50.- National Research Council (NRC) (1989) Diet and Health Implications for Reducing Chronic Disease Risks. National Academic of Sciences, National Academy Press, Washington DC.
- 51.- Nietmeyer, N., 1986, Lesser-Know Plants of potential use in agriculture and forestry . Science 232: 1379-1384,
- 52.- Odibo, FJC; Ugwu,DA; Ejeocha,DC., 1992, Microorganisms associated with the fermentation of Prosopis seeds for ogiri-okpei production. Journal-of-Food-Science-and Technology India. 29 (5) 306-307.
- 53.- Pasiecznik,N ; Felker,P. 1992. Mechanical cleaning of prosopis seed Nitrogen-Fixing-Tree. Research Reports 10 : 186-188.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- 54.-Pérez Gil, R.F. ; Torreblanca, R.A. ; Bourges, R. H. Y García, G.C. 1990. Alimentos tradicionales y no tradicionales. *Prosopis Laevigata* (Mezquite) y *Phitecollobium dulce* (Guamúchil). *Tecnología Alimentaria* (México),vol 18 No. 6 pp 283-284.
- 55.- Rajaram,N.; Janardhanan,K 1991. Studies on the underexploited tree chilensis (*Molina pulses*, *Acacia catechu willd*, *Parkinsonia aculeata L.* and *Prosopis chilensis (Molina)* Stunz: Chemical composition and antinutritional factors. *Food chemistry*; 42 (3) 265-273.
- 55a.- Ramos Ramírez, E.G.,1998, Desarrollo de nuevos productos agropecuarios a partir del mezquite en la Comarca Lagunera Proyecto 96117 COCYTED-CINVESTAV.
- 56.- Rodríguez,JG ; Cardemil,L.1994. Cell Wall Proteins in seedling Cotyledons of *Prosopis chilensis* *Phytochemistry* vol 35, Iss 2 pp 281-286.
- 57.- Rzedowski,J.1988. Análisis de la Distribución Geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoidea) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana*, vol. 3 pp 7-19
- 58.- Sanni,AI. ; Lie,E. ; Lindberg, AM . 1993. Fatty acid composition of *Prosopis africana* and its fermented product okpehe. *Chemie- Mikrobiologie-Technologie-Der-Lebensmittel*; 15 (3/4) 87-90,
- 59.- Santa Biblia, versión Reyna-Valera, revisión de 1960, Impreso por Broadman & Holman Publishers, 1995.
- 60.- Saura, C. F.; Bravo, C. L.; Ramos, R.E.; Salazar, M.; Grados, N.; Cruz, G.; (1998). New food products from *Prosopis* fruits in Latin America: A base for the extention of the culture and the prevention of desertification in arid zones. Proyect CEE-TS3-CT94-0341, Final Report, CINVESTAV-CSIC. Madrid.
- 60a.- SAS Institute Inc., 1989 (SAS/STAT USER'S GUIDE version 6, 4th Edition vol 2 CARY, NC: SAS Institute Inc., 943 pp.)
- 61.- Schneeman, O. Barbara y Gallaher D.Daniel . 1991, Fibras de la dieta. Conocimientos actuales sobre nutrición. 6^a. Ed. Organización Panamericana de la Salud
- 62.- Shimada A.S.; 1984. Fundamentos de nutrición animal comparativa. 1^a.Edición Ed. Por Consultores en Producción Animal,S.C., México.
- 63.- Silva M de A Adergal . 1990. Valor nutritivo da Algaroba (*Prosopis juliflora* (S.W.) D.C.) na alimentacao de coelhos. *Vet e Zoot.*, Sao Paulo, 2: 9-16, 1990.

- 64.- Sinha,A.K.;Pathre,U.;Sane,P.V. 1997. Purification and characterization of sucrose-phosphate synthase from *Prosopis juliflora*. *Phytochemistry-Oxford*, vol 46 (3) pp 441-447.
- 65.- Spiegel, R. M.,1991. *Estadística 2ª. Ed. En español* Ed. Mc Graw-Hill./Interamericana de México.
- 66.- Steel, R. G.D., 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos. 1ª. Ed. En español* Mc Graw Hill/Interamericana, México.
- 67.- Stephen M. A. y Cummings H. J., 1980 Mechanism of action of dietary fibre in the human colon. *Nature*, vol.284 pp 283-284.
- 68.- Sunvold D.G.,Titgemeyer C.E., Leslie D.B., 1995. Alteration of the fiber and lipid components of a defined formula diet: effects on stool characteristics, nutrient digestibility, mineral balance, and energy metabolism in humans. *Am J Clin Nutr.* 1995; 62:1252-60
- 69.- Tejada de H. Irma, 1992, *Control de Calidad y Análisis de Alimentos para animales*, Ed. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C.
- 70.- Underwood, J. Eric.,1977. *Trace Elements in Human and animal Nutrition.*, 4th. Edition Academic Press. New York U.S.A.
- 71.- Vimala, R ; Sivaprakasam, K ; Seetharaman, K., 1993, Effect of plant extracts on the incidence of brinjal wilt. *Madras-Agricultural-Journal*, 1993, 80 : 7, 409-412
- 72.- Ward, T.A, 1986. Comparison of the effects of cell wall and hull fiber from canola and soybean on the bioavailability for rats of minerals, protein and lipid. *J. Nutr.*, 116, 233-238.
- 73.- West, E.S.; Todd,W.R.; Mason,H.S.; Bruggen J.T., 1969. *Bioquímica Médica* 4ª. Edición, Editorial Interamericana. México,D.F. México.
- 74.- Yoo,B; Figueiredo, AA;. 1994. Rheological properties of mezquite seed gum in steady and dynamic shear. *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie*; 27 (2) 151-157.
- 75.- Ysley, D., 1982, *Leguminosae and Homo Sapiens*, *Economic Botany*, 36 : 46-70
- 76.- Zimmermann,H.G.1991.Biological control of mezquite, *Prosopis* sp. (Fabaceae), in South Africa. *Agric., Ecosyst. Environ*, vol 37, no. 1-3, pp. 175-186.