



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

“ EVALUACION DE LA Kochia scoparia  
PARA SU POTENCIAL USO COMO  
FORRAJE ”

TESIS MANCOMUNADA  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICA DE ALIMENTOS  
P R E S E N T A N  
LARA ESPINDOLA LLUVIA MARIA  
ZARAGOZA GOMEZ MARIA GUADALUPE



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

**PAGINACION VARIA**

**COMPLETA LA INFORMACION**

**JURADO ASIGNADO**

**Presidente** Prof. Zoila Nieto Villalobos.  
**Vocal** Prof. Josefina Viades Trejo.  
**Secretario** Prof. Marco Antonio León Félix.  
**1er Suplente** Prof. Martín Macouzet García.  
**2do Suplente** Prof. Bertha Julieta Sandoval Guillén.

**EL PRESENTE TRABAJO FUÉ REALIZADO EN LOS LABORATORIOS 4A Y 4B DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM BAJO LA DIRECCIÓN DE LA M. en C. ZOILA NIETO VILLALOBOS.**



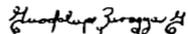
Asesor  
M. en C. Zoila Nieto Villalobos



Supervisor técnico  
Dra. Carmen Durán de Bazúa



Sustentante  
Lara Espíndola Lluvia María



Sustentante  
Zaragoza Gómez María Guadalupe

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios de todo corazón por haber incrementado nuestra fe en Él y en nosotras, por habernos iluminado lo suficiente para poder realizar este trabajo con dedicación y sobre todo, porque a través de él fortalecimos nuestra amistad.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, nuestra Alma Mater, por habernos brindado las herramientas necesarias para nuestra formación académica, nuestro desarrollo humano y por haber forjado en nosotras una mística de trabajo**

**A la Facultad de Química, nuestro hogar durante años, por brindarnos aulas y laboratorios donde compartimos experiencias y recibimos enseñanzas de excelentes profesores.**

**Al Departamento de Alimentos y Biotecnología nuestro lugar de trabajo por apoyarnos siempre, permitirnos emplear sus recursos y porque ahí cultivamos las mejores amistades.**

**A la M. en C. Zoila Nieto Villalobos, nuestra asesora, por su cariño, comprensión, apoyo incondicional, infinita paciencia y por alentarnos a lograr nuestra meta.**

**A la Dra. Carmen Durán de Bazúa por supervisar con dedicación y esmero este trabajo.**

**A la Profra. Josefina Viades Trejo por revisar nuestro trabajo en momentos difíciles para su salud anteponiendo su reponsabilidad**

**Al Prof. Marco Antonio León Félix por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis a pesar de su amplia agenda de trabajo**

**Agradecemos de manera especial, a la Unidad de Análisis de Aminoácidos y HPLC del Instituto de Investigaciones Biomédicas por su apoyo en la realización del aminograma de Kochia scoparia.**

**A todas las personas que de alguna manera hicieron posible la realización de este trabajo.**

## **DEDICATORIAS**

**A mi papá Eustolio quien ha sido para mí, el mayor ejemplo de honestidad, constancia y valentía. A mi mamá Lupita por brindarme siempre amor a manos llenas. A ellos, a quienes debo todo lo que soy.**

**A mis hermanitos Mauri y Tavo por su ejemplo y apoyo de toda la vida.**

**A la memoria de mi abuelo Ricardo por su cariño y por haber creído en mí.**

**A mi abuelita Carmen por cuidar de mis hermanos y de mí con tanta dedicación.**

**A mi amigo Javier por brindarme su cariño a lo largo de estos últimos años.**

**A Lupita, quien ha sido para mí como la hermana que nunca tuve, porque hemos compartido momentos muy lindos, además de que me ha ayudado en los momentos cuando más la he necesitado siempre con una sonrisa.**

**Lluvia.**

**A mis papás Gabriel y Mary :**

**Porque gracias a su apoyo y consejo  
he llegado a realizar la más grande de mis metas,  
la cual constituye la herencia más valiosa  
que pudiera recibir.**

**Con el más sincero amor y cariño:**

**Lupita.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi papá Gabriel, ejemplo de bondad, fortaleza, tenacidad en el trabajo, responsabilidad, amor y unión familiar, por otorgarme junto con mi mamá, el tesoro y herencia más hermosa que es mi educación y formación como persona.**

**A mi mamá Mary, por transmitirme esa energía para salir adelante, por brindarme su ternura, alegría, consuelo, amor, fe, fuerza y por constituir junto con mi papá la pieza fundamental que sostiene y brilla en nuestra familia, siendo ejemplo de unión y fortaleza.**

**A mi hermanita Gloria, por ser además de mi hermana, mi mejor amiga, ya que ha estado conmigo en los momentos alegres y tristes de mi vida, además de contar con su total apoyo en todo lo que emprendo y además por alentarme a salir adelante dando ejemplo de firmeza, constancia, perseverancia y sobre todo amor y cariño.**

**A mi hermano Gabriel y mi cuñada Gabriela, por contar con su total apoyo en cualquier momento, por mostrarme la más firme disposición y unión familiar, así como ver en ustedes esa comprensión, amor y cariño de pareja que transmiten a toda la familia.**

**A Miguel, el amor de mi vida con quien he compartido momentos de gozos y penas, los cuales nos han permitido crecer como pareja contando con su total apoyo, entrega, amor y cariño incondicionales desde el momento en que lo conocí, durante toda nuestra formación profesional en la misma Alma Mater y durante la realización de este trabajo que permitirá ver realizada mi meta. Además de ser mi ejemplo a seguir de fe, unión familiar, amistad, bondad, respeto, decisión, superación, liderazgo, excelencia en el trabajo y sobre todo por ser mi fortaleza y complemento perfecto como ser humano, la parte que engrandece más a el hombre.**

**Al Sr. Rubén, la Sra. Micaela y a Armando, por brindarme siempre su confianza, por creer en mí, contando siempre con su apoyo, ya que no sólo me abrieron las puertas de su casa, sino también las de su corazón logrando con esto que fortaleciera mi fe y llevara a mi casa ese amor y unión familiar que irradian**

**Al Sr. Eustolio, la Sra. Lupita y toda su familia, por el apoyo incondicional que me brindaron durante la realización de la tesis y sobre todo por ese amor, cariño y cuidados que me demostraron haciéndome sentir como un miembro más de su ejemplar familia.**

**Y en especial a Lluvia, mi mejor amiga, por brindarme ese cariño de hermana, acompañándome en los momentos difíciles y agradables de mi formación académica y desarrollo personal, además de compartir conmigo su ternura, cariño, comprensión y amistad que han hecho que veamos realizados nuestros objetivos con este trabajo que nos unió aún más.**

**Lupita.**

**Con nuestra mejor muestra de:**

**GRATITUD**

**a quienes, sin esperar nada de nosotras,  
dieron de sí para que nuestra carrera  
fuera más fácil y con esa ayuda hayamos  
podido alcanzar la meta que nos propusimos.**

**Lluvia y Lupita**

## ÍNDICE

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	10
2.- ANTECEDENTES	12
2.1 IMPORTANCIA DE LOS FORRAJES EN LA PRODUCCIÓN GANADERA	12
2.1.1 DIGESTIÓN ANIMAL	13
2.1.1.1 MONOGÁSTRICOS O NO RUMIANTES	14
2.1.1.2 POLIGÁSTRICOS (RUMIANTES)	15
2.2 <i>Kochia scoparia</i>	17
2.2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	17
2.2.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS	18
2.2.3.POTENCIAL FORRAJERO	19
2.2.4 VALOR NUTRITIVO	20
2.2.5 SUSTANCIAS TÓXICAS EN <i>KOCHIA SCOPARIA</i>	21
2.2.6. POTENCIAL SOCIOECONÓMICO	25
2.3. IMPORTANCIA DE LAS PROTEÍNAS	26
2.3.1 ESTRUCTURA	27
2.3.2 CALIDAD	29
2.3.2.1 EVALUACIÓN BIOLÓGICA	29
2.3.2.1.1 PRUEBAS DE CRECIMIENTO	31
2.3.2.1.2 PRUEBAS DE BALANCE DE NITRÓGENO	34
2.3.2.1.3 DIGESTIBILIDAD	36
2.3.2.2 AMINOGRAMA	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. MUESTRA	40
3.2 REACTIVOS	41

3.2.1 ANALÍTICOS	41
3.2.2 INDUSTRIALES	41
3.3 EQUIPO	41
3.4 MÉTODOS	42
3.5 ENSAYOS BIOLÓGICOS	42
3.5.1 ELABORACIÓN DE DIETAS	43
3.5.2 RELACIÓN DE EFICIENCIA DE PROTEÍNA (REP)	46
3.5.3 RELACIÓN NETA DE PROTEÍNA (RNP)	46
3.5.4 DIGESTIBILIDAD	46
3.5.5 UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (UNP)	46
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 ANÁLISIS PROXIMAL	48
4.2 ELABORACIÓN DE DIETAS	50
4.3 RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEÍNA (REP)	56
4.4 RELACIÓN NETA DE PROTEÍNA (RNP)	61
4.5 UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (UNP)	62
4.6 DIGESTIBILIDAD	65
4.7 AMINOGRAMA	68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
6. BIBLIOGRAFÍA	92
7. APÉNDICES	96

## INDICE DE CUADROS

1.- DIETA K. <i>scoparia</i> PLANTA COMPLETA	43
2.- DIETA K. <i>scoparia</i> HOJAS	43
3.- DIETA CONTROL DE CASEÍNA AL 8.7% DE FIBRA	43
4.- DIETA CONTROL DE CASEÍNA AL 5.5% DE FIBRA	43
5.- DIETA CONTROL LIBRE DE NITRÓGENO	44
6.- CUADRO COMPARATIVO DEL % DE INGREDIENTES DE LAS DIETAS ELABORADAS	45
7.- ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE SECA DE K. <i>scoparia</i> PLANTA COMPLETA	48
8.- ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE HUMEDA DE K. <i>scoparia</i> PLANTA COMPLETA	49
9.- ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE SECA DE HOJAS DE K. <i>scoparia</i>	49
10.- ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE HUMEDA DE HOJAS DE K. <i>scoparia</i>	50
11.- FORMULACIÓN EN g/kg DE LA DIETA PROBLEMA DE K. <i>scoparia</i> P. C.	51
12.- FORMULACIÓN EN g/kg DE LA DIETA PROBLEMA DE K. <i>scoparia</i> HOJAS	51
13.- FORMULACIÓN EN g/kg DE LA DIETA CONTROL DE CASEÍNA AL 8.7% DE FIBRA	51
14.- FORMULACIÓN EN g/kg DE LA DIETA CONTROL DE CASEÍNA AL 5.5% DE FIBRA	51
15.- FORMULACIÓN EN g/kg DE LA DIETA CONTROL LIBRE DE NITRÓGENO	51
16.- CUADRO COMPARATIVO DE LOS GRAMOS DE INGREDIENTE / kg DE DIETA ELABORADA Y DETERMINACIONES REALIZADAS A LAS MISMAS	52
17.- CONTENIDO DE PROTEÍNA Y FIBRA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES	53
18.- HOJA DE VACIADO DE DATOS DEL ENSAYO DE REP.	54
19.- RESULTADOS DEL ENSAYO DE REP.	55
20.- RESUMEN DE LOS VALORES DE REP PROMEDIO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	56
21.- VALORES DE REP PROMEDIO AJUSTADO DE LAS DOS DIETAS EXPERIMENTALES	59
22.- HOJA DE VACIADO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE RNP	60

23 - VALORES DE RNP PROMEDIO PARA CADA UNA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	62
24 - DATOS OBTENIDOS DE LAS DETERMINACIONES DE % N NECESARIOS PARA CALCULAR UNP	63
25 - PROMEDIO DEL CONTENIDO DE N EN LAS PATAS IZQUIERDAS DE LAS RATAS PERTENECIENTES A LOS DIFERENTES LOTES	64
26 - VALORES DE UNP OBTENIDOS PARA LAS DIETAS EXPERIMENTALES	65
27 - DATOS OBTENIDOS DE LAS DETERMINACIONES DE % N NECESARIOS PARA CALCULAR DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA	66
28 - VALORES DE DIGESTIBILIDAD OBTENIDOS PARA LAS DIETAS EXPERIMENTALES	67
29 - AMINOGRAMA	68

#### INDICE DE TABLAS

1 - REPORTES DE CONTENIDO DE PROTEÍNA DE <i>K. scoparia</i> EN ETAPA DE FLORACIÓN	20
2 - TAXONOMÍA DE <i>K. scoparia</i>	40
3 - CONDICIONES CLIMÁTICAS Y GEOGRÁFICAS DEL SITIO DE CULTIVO DE <i>K. scoparia</i>	40

#### INDICE DE FIGURAS

1.- REPRESENTACIÓN DEL ENLACE PEPTÍDICO	27
2.- ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE REP	56
3.- ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE REP AJUSTADO	57
4.- ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE RNP	61
5.- ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE UNP	62
6.- ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA	65

## INDICE DE GRÁFICAS

1.- CURVA DE CRECIMIENTO	38
2.- AMINOGRAMA PARA PROTEÍNA DE K scaparia Y M latus	69

## RESUMEN

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación multidisciplinario que propone estudiar integralmente la planta llamada Kochia scoparia, con el fin de agotar la posibilidad de su uso como forraje y alimento balanceado para animales de laboratorio, debido a que presenta un alto contenido de proteína y adaptabilidad, tanto a tierras áridas, semiáridas, salinas, así como frías y con poca irrigación.

Bajo este esquema de trabajo se caracterizó la Kochia scoparia mediante su análisis proximal, se realizó la evaluación biológica de su proteína a través de los índices: REP (Relación de la eficiencia de la proteína), RNP (Relación neta de la proteína) y UNP (Utilización neta de la proteína). También se calculó la digestibilidad de la proteína in vivo (en ratas) y se determinó el aminograma correspondiente.

La muestra de Kochia scoparia proveniente del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana fue cosechada al inicio de floración. Al ser sometida al análisis proximal se encontró que presenta un alto contenido de proteína (22.57% en base seca en el análisis de la planta completa y de 24.18% en base seca analizando sólo las hojas).

Basados en lo anterior, se calcularon 2 dietas isocalóricas e isoproteicas con respecto a una dieta de referencia de caseína (control), la primera de ellas elaborada a base de la planta completa y la otra sólo con sus hojas. La evaluación biológica se llevó a cabo utilizando 40 ratas macho raza Wistar de la colonia del Bioterio de la Facultad de Química, UNAM; mismas a las que se les suministró las dietas antes mencionadas así como los controles.

Se descartó su posible empleo como base para alimento de animales de laboratorio debido a que se obtuvieron valores negativos durante el ensayo de relación de eficiencia de proteína (REP) (-0.017 para la dieta elaborada con planta completa y -1.94 para la dieta con hojas). Los valores para la relación neta de proteínas (RNP) obtenidos fueron 0.37 para la dieta que contenía la planta completa y 0.45 para la dieta con hojas. De la misma manera, los valores obtenidos de la utilización neta de proteína (UNP) fueron de 36.89 y 40.03 para la dieta de Kochia scoparia planta completa y hojas respectivamente.

La digestibilidad verdadera calculada para las dietas de Kochia scoparia fué: para la planta completa 25.28% y para la dieta de hojas 29.41%.

En general, las ratas alimentadas con K. scoparia tanto la dieta de hojas como planta completa presentaron un cuadro de desnutrición general en contraste con las ratas alimentadas con las dietas control las cuales presentaron un desarrollo normal. Gran parte de lo anterior puede explicarse con el aminograma realizado, donde se aprecia que la planta carece de triptofano, el cual es un aminoácido esencial para la rata, así como la presencia de posibles factores antinutricios que deberán ser estudiados con más profundidad. Finalmente, se propone continuar con la determinación de la digestibilidad in vitro con líquido ruminal para posteriormente hacerlo in vivo con ganado bovino.

**FALTA PAGINA**

No. 9

## INTRODUCCIÓN

Gran parte de la producción pecuaria en nuestro país no se encuentra en forma estabulada, sino que, al no tener la infraestructura necesaria, es empleado comúnmente el libre pastoreo. De ahí la importancia de buscar alternativas forrajeras cuyas necesidades de crecimiento no sean muy estrictas y costosas, pero que a la vez proporcionen nutrimentos de calidad al ganado.

Dentro de esta búsqueda se eligió la hierba de fuego (cuyo nombre científico es Kochia scoparia) como una opción viable, por su alto contenido de proteína y su adaptabilidad, tanto a tierras áridas, semiaridas, salinas, así como frías y con poca irrigación. Además, su cultivo produce forraje en gran cantidad y de una calidad casi comparable al de la alfalfa.

Es así como, dentro del proyecto de investigación multidisciplinario que propone el uso de esta planta como un posible forraje, se decidió estudiar integralmente a la Kochia scoparia cultivada y cosechada por el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana en Perote, Veracruz. Dentro de esta investigación se abordan los siguientes aspectos:

- a) Realizar el análisis proximal de muestras de Kochia scoparia en cuatro diferentes etapas fenológicas (vegetativa, iniciación de la floración, floración y maduración fisiológica).
- b) Estudio biológico con animales de laboratorio (ratas).
- c) Digestibilidad in vitro con jugo ruminal así como determinación del contenido de oxalatos y nitratos.
- d) Elaboración de dietas y estudio con rumiantes en campo.

La parte que se abordará en este trabajo es la correspondiente al estudio biológico con animales de laboratorio (ratas), con el fin de agotar la posibilidad de su uso como forraje y alimento balanceado para animales de laboratorio.

Para dicho fin se plantean los siguientes objetivos:

- a) Caracterizar la planta mediante su análisis proximal.
- b) Realizar la evaluación biológica de la proteína de Kochia scoparia a través de los índices: REP, RNP y UNP.
- c) Calcular su digestibilidad in vivo en una especie animal monogástrica (rata).
- d) Determinar el aminograma correspondiente.

## ANTECEDENTES

## **2.1 LA IMPORTANCIA DE LOS FORRAJES EN LA PRODUCCIÓN GANADERA**

El incremento de la población humana y animal representa un reto actual para la comunidad internacional ya que cada vez se hace más drástica la escasez de alimentos para los seres humanos; además, millones de animales mueren frecuentemente por falta de forraje.

En el ámbito mundial existen alrededor de 3 300 millones de hectáreas de las cuales el 70% se encuentra en proceso de sobre-pastoreo desde el nivel más ligero hasta el más severo. La degradación de la tierra puede ser inducida por el hombre o por las variaciones climáticas presentándose en zonas áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas. El sobre-pastoreo es uno de los procesos que induce la desertificación (Anaya, 1995).

Las diversas especies animales consumen plantas gramíneas, herbáceas y arbustivas para complementar su ración. Se estima que cerca del 50% de la superficie terrestre tiene potencial para alimentar a los animales. Las gramíneas juegan un papel muy importante en la alimentación, ya que 10 de ellas se consumen periódicamente por los humanos y por la población animal. El valor de las herbáceas y las arbustivas para la producción de forraje y mejoramiento ambiental no ha recibido la atención necesaria. Los mejores aliados para combatir la desertificación en los diferentes sistemas de uso de la tierra han sido, son y serán las plantas.

El criterio ecológico que debe prevalecer se refiere a la restauración animal, es decir un ordenamiento de la actividad ganadera con el objeto de aprovechar mejor sus recursos forrajeros. Lo anterior puede lograrse con el establecimiento de módulos productivos que consideren diferentes tipos de climas, suelos y especies animales, contando para ello con la participación de los productores

### **2.1.1 DIGESTIÓN ANIMAL**

Las plantas constituyen la fuente primaria de nutrimentos y energía para el hombre y su ganado doméstico. Las plantas son capaces de sintetizar materiales complejos a partir de sustancias sencillas como el dióxido de carbono del aire, el agua y los elementos minerales del suelo. Por medio de la fotosíntesis captan la energía de la luz del sol y la emplean en estos procesos de síntesis. La mayor parte de la energía, sin embargo, queda almacenada en el interior de la planta y es entonces empleada por los animales en diversos grados de eficacia.

Estos grados de eficacia están determinados principalmente por los diferentes procesos de digestión y absorción del alimento. El objetivo de la digestión es el convertir las grandes moléculas insolubles originales en otras más pequeñas que puedan ser absorbidas, es decir, atravesar la mucosa intestinal para pasar a la linfa y a la sangre. Cabe mencionar que el proceso de digestión del ganado está adaptado a las necesidades de cada especie y es así como se encuentran animales monogástricos y poligástricos.

### **2.1.1.1 MONOGÁSTRICOS O NO RUMIANTES**

En los animales no rumiantes las proteínas del alimento son hidrolizadas en sus constituyentes, los aminoácidos, los que luego son absorbidos y transportados al hígado por la vena porta. Las enzimas secretadas por la mucosa gástrica y por el páncreas son descargadas al lumen del estómago e intestino delgado respectivamente. Existen dos tipos de enzimas: las endoenzimas, como la pepsina, tripsina y quimiotripsina y las exoenzimas, representadas por carboxipeptidasas y peptidasas.

La digestión proteica empieza en el estómago con una desnaturalización significativa de las proteínas que realiza el HCl, al que le sigue la digestión péptica que es más activa a un pH bajo. El contenido estomacal pasa al duodeno en donde es atacado por diversas enzimas pancreáticas, lo que produce una cantidad sustancial de aminoácidos libres y oligopéptidos. Estos últimos compuestos son absorbidos en forma directa por la mucosa intestinal donde son hidrolizados por acción de las peptidasas en aminoácidos y después transportados a la circulación portal. En la sangre portal no hay péptidos lo que indica que la hidrólisis fué completa antes de que éstos pasaran a la circulación sistémica (Maynard, 1981).

### 2.1.1.2. POLIGÁSTRICOS (RUMIANTES).

Se entiende por rumiantes aquellos:

animales que colectan su forraje tragándolo rápidamente sin masticación alguna, y conduciéndolo a la cámara de fermentación que se llama "rumen" o "panza". Ahí el alimento se reblandece por la acción de los líquidos y la actividad microbiana; posteriormente se regurgita y se somete a masticación más intensa tal que facilita la acción de los microorganismos, una vez que es vuelto a tragar el citado alimento al rumen. De ahí pasa a la redécilla o retículo de donde puede pasar al omaso o librillo y finalmente al abomaso o estómago verdadero (Chargoy, 1988)

Los rumiantes no poseen enzimas digestivas propias capaces de romper las paredes de las células de sus forrajes; el éxito de su sobrevivencia se debe a su relación con microorganismos simbióticos del tracto digestivo, que poseen enzimas celulolíticas.

El rumen es un microcosmos anaerobio donde existen millones de organismos: bacterias, hongos, levaduras y protozoarios. El flujo de nutrimentos es constante, puede recibir alimentos continuamente y permitir la salida de los productos de fermentación y microorganismos, que pueden pasar a formar parte de los elementos digeridos en el resto del tracto digestivo (Alba, 1981). A pesar de la ayuda de los microorganismos el desdoblamiento de la celulosa es lento, retardado más aún por la presencia de lignina (Bell, 1981)

En los rumiantes la dieta proteica es fermentada hasta amoniaco (Church, 1994; Janis, 1986), el cual puede ser usado como fuente proteica por las bacterias

o puede ser absorbido a través de la pared ruminal y ser trasladado al hígado. Aquí se transforma en urea y, de esta manera, se regresa al rumen, vía saliva producida por las glándulas parótidas o por simple difusión desde la pared ruminal (Haupt, 1993). Esta urea es totalmente empleada por las bacterias para crecer y reproducirse; después grandes cantidades de dichas bacterias son barridas hacia el abomaso donde son digeridas por proteasas. Este complicado ciclo emplea todo el nitrógeno digerible. La urea de las fuentes metabólicas es reciclada antes de ser excretada en la orina y, como la urea que se excreta, siempre se acompaña de agua, este proceso puede ayudar a los rumiantes a conservar agua (Schaller, 1988).

El particular ciclo del nitrógeno de los rumiantes les protege de deficiencias de aminoácidos en la dieta, dado que las bacterias ruminales pueden sintetizar todo lo requerido por el animal, partiendo de una dieta originalmente limitada (Moir, 1988).

El sistema ruminal de digestión de los forrajes se presenta como una resultante de la relación mutualista entre los mamíferos herbívoros que lo poseen y la comunidad de microorganismos existentes en los compartimientos pregástricos: rumen, retículo y omaso.

El rumiante proporciona el hábitat y la corriente continua de alimentos que asegura el desarrollo poblacional y la supervivencia de los microorganismos, en tanto que éstos aportan subproductos y sus mismas células para llenar los requerimientos de energía y proteína de aquél. Este sistema aparece como una estrategia tan eficiente de aprovechamiento de los forrajes, que los científicos no han escatimado en calificativos favorables conforme se ha avanzado en su estudio.

## 2.2 Kochia scoparia

Conocida comúnmente como hierba de fuego, arbusto ardiente, morenita o escobaciprés, la Kochia scoparia es una planta de alto contenido de proteínas, resistente a la sequía y que crece en suelos salinos y erosionados. Tiene una gran adaptabilidad, por lo que su utilización es cada vez mayor y aunque se desconoce la superficie a nivel mundial dedicada a esta especie, se le ha encontrado en la ExUnión Soviética, Canadá, Costa Rica, República Popular China, India, Arabia Saudita, Siria, Australia, España, Grecia, Israel, Italia, Marruecos, Estados Unidos, Argentina, Chile y México (Durham, 1982)

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La Kochia scoparia pertenece a la familia Chenopodiaceae, es una planta perenne o anual, arbustiva o herbácea, con hojas alternadas, sésiles y angostas, pistilo de las flores perfecto, algunas veces bruceolada, agrupado en la axila. Cáliz con cinco lóbulos herbáceos o membranosos, alados, o algunas veces desarrollando una ala horizontal, encerrando la fruta.

Es un miembro de la familia Chenopodiaceae, como ya fué mencionado, que presenta cinco especies: dos son nativas, arbustos medianos perennes: Kochia americana y Kochia californica; mientras que tres son hierbas anuales introducidas: Kochia alata, Kochia trichophylla y Kochia scoparia (Waller, 1983).

La Kochia scoparia frecuentemente crece hasta dos metros de altura con ramas extensas. Los tallos tienen usualmente de seis a diez centímetros de diámetro y pueden llegar a ser duros y leñosos. Sin embargo, en poblaciones

densas de maleza de hasta una planta por centímetro cuadrado la severa competencia entre especies puede restringir la altura de la Kochia scoparia a 0.5m (Smith, 1990).

La floración de K. scoparia es inducida por el fotoperíodo luminoso y por la temperatura que varía cuando el período de luz es entre trece y quince horas. Al parecer es una planta que prefiere suelos con pH cercano a la neutralidad

### **2.2.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS**

Bajo riego, los cultivos de Kochia scoparia se pueden sembrar de enero a mayo para producción de semilla y por temporal al inicio de la época de lluvias en zonas áridas y semiáridas y al final, en zonas húmedas. La densidad de siembra que se aplica es de 3.5 a 6.5 kg/ha.

El método de siembra empleado comúnmente es en hileras de 70 a 80 cm y mateado de 30 a 40 cm en terrenos planos o al voleo (técnica de siembra en la cual se arroja la semilla a puñados esparciéndola al aire) en terrenos accidentados pudiendo ser también con avioneta.

El momento apropiado para su corte es cuando se encuentra en un estado de floración de 5%, debido a que en este período su contenido de proteína varía entre el 12 y 27%. La altura recomendada para esto, es a 15 cm sobre el nivel del suelo con el objeto de facilitar el rebrote (Anaya, 1995). En cultivos de Kochia scoparia establecidos para fines de cosecha mecánica suelen aplicarse de tres a cuatro cortes por año (Espinoza, 1985).

### 2.2.3. POTENCIAL FORRAJERO

La Kochia scoparia representa una buena alternativa como productora de forraje, es originaria de Eurasia y se estableció en América a principios de este siglo. Esta planta está adquiriendo una gran popularidad entre los ganaderos de 15 países, ya que representa una de las soluciones para hacer frente a la muerte del ganado por carencia del forraje; crece bien en tierras áridas y semiaridas, también puede adaptarse en zonas húmedas y producir forraje en la época seca del año. En México se localiza en Chihuahua, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, Durango, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Veracruz y Oaxaca.

K. scoparia es una planta que germina durante el invierno. Puede ser de pastoreo, cortada cuando está verde o empacada. El valor nutritivo y la productividad pueden igualar o sobrepasar a la alfalfa pero es mucho más económica. Germina a temperaturas bajas y es muy resistente al frío al nacer, por lo que se puede sembrar al finalizar el invierno para que germine con la humedad de la primavera y así, que no exista competencia con otras plantas anuales. De manera que, mientras los competidores siembran el forraje de verano, ya la K. scoparia se está cosechando (Nieto, 1990).

Esta planta crece desde el nivel del mar hasta los 2600 metros de altitud, en condiciones de riego llega a producir más de 40 ton/ha de forraje verde en el primer corte, con producciones de más de 100 ton/ha/año. La K. scoparia es un forraje versátil ya que el ganado la puede pastorear diariamente, también se puede ensilar, henificar y además pueden hacerse "pellets".

Requiere de labranza mínima y el costo de cultivo es bajo, ya que con 2 o hasta 4 kg de semilla se puede sembrar una hectárea. Además, se puede sembrar asociada con avena y otras plantas forrajeras.

#### 2.2.4. VALOR NUTRITIVO

La composición química de la *Kochia scoparia* ha llamado la atención de los investigadores durante los últimos años, debido a que su contenido de proteína es comparable al de la alfalfa pero con menos exigencias agrícolas y por estas ventajas buscan emplearla como forraje.

La alfalfa (*Medicago sativa*) tiene de 17.1 a 25.3% de proteína dependiendo del estado de floración en que se encuentre (McDonald, 1986), mientras que ha sido reportado en *Kochia scoparia* que varía de 12 a 25% de proteína durante el mismo periodo de madurez pero dependiendo de los investigadores (Tabla 1).

REPORTE	% PROTEINA
Sherrod, 1983	14.6
Flores y Nava, 1983	17.2-25.0
Cohen, 1988	14.0-25.0
Espinoza, 1985	11.3-22.6
Conde Diaz, 1993	21.5-25.4
Anaya, 1995	12.0-26.0

Tabla 1  
PUBLICACIONES DEL CONTENIDO DE PROTEINA DE  
*K. scoparia* EN ETAPA DE FLORACION

En un estudio realizado por Sherrod (1983), en la Universidad de Texas, se comparó la composición química de *Kochia scoparia* cosechada a mitad de

floración contra alfalfa cosechada durante el mismo periodo de madurez. En ese estudio se observó que *K. scoparia* contenía menor porcentaje de fibra cruda y lignina, así como una mayor cantidad de cenizas que la alfalfa. Con respecto al contenido de proteína obtuvieron valores de 14.6 y 13.9% para *Koehia* y alfalfa, respectivamente. En este mismo estudio el autor concluye que la *Koehia scoparia* puede proporcionar un forraje aceptable durante el periodo de floración.

En un estudio realizado por el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana, se concluyó que *Koehia scoparia* tiene un alto contenido de proteína: 25.1% en la etapa vegetativa, 21.5% en el inicio de la floración, 22.4% en la floración y 21.65% en la etapa de madurez fisiológica en base seca. Los valores de digestibilidad *in vitro* reportados fueron de 55.07% en la etapa vegetativa, 47.45% en el inicio de la floración, 41.15% en la floración y 49.49% en la etapa de madurez fisiológica (Conde-Díaz, 1990).

Cohen (1988) reporta que la digestibilidad *in vitro* en forraje de *K. scoparia* disminuye marcadamente con el avance de la madurez de la planta. Para plantas de *Koehia* en plena floración determinó una digestibilidad *in vitro* de 61.10%, mientras que en plantas cosechadas ya con semilla tierna, la digestibilidad fue de 36.70%. Es importante mencionar que es precisamente durante la etapa de floración cuando se recomienda cosechar la planta.

### 2.2.5 SUSTANCIAS TÓXICAS PRESENTES EN *K. scoparia*

Se entiende por sustancia tóxica aquella que, bajo ciertas condiciones, al entrar en contacto con el organismo tiene efectos dañinos o causa la muerte por la acción de los principios químicos que posee (Intosh, 1972).

En un sentido amplio, son aquellas que originan graves alteraciones del estado de salud en los animales, susceptibles a sus efectos por el consumo de estas sustancias (Flores, 1980).

La Kochia scoparia ha sido considerada por algunos autores como una planta potencialmente tóxica, debido a que puede presentar concentraciones de oxalatos y nitratos que llegan a afectar a los animales si no se controlan adecuadamente.

Los agentes causantes de la toxicidad varían dependiendo del tipo de suelo, condiciones climáticas y factores ambientales en los que se desarrolle la planta (Cohen, 1989). De esta forma, de acuerdo a Coxworth (1988), los posibles efectos tóxicos pueden ser disminuidos con un buen manejo del forraje.

## **OXALATOS**

El ácido oxálico ( $\text{HOOC-COOH}$ ) por sí mismo es raramente considerado como un problema tóxico; sin embargo, éste es el único ácido orgánico vegetal que es tóxico para el ganado bajo condiciones naturales (Kingsbury, 1964). A este respecto, James (1978), menciona que el ácido oxálico es un ácido orgánico dicarboxílico que rápidamente forma sales insolubles con calcio y magnesio, aunque a su vez forme también sales solubles.

El contenido de oxalatos puede alcanzar niveles peligrosos para el ganado que consume el forraje durante períodos prolongados (Coxworth, 1988). En términos generales, un nivel de oxalatos del 7% puede ser tóxico para el ganado. Karachi (1988), menciona que niveles de oxalatos que excedan un 4.5% son

considerados tóxicos para ruminantes. Hernández (1986) encontró que para que una planta sea potencialmente tóxica debe contener 10% o más de ácido oxálico, pero Coxworth (1988) sugirió que pueden ser ingeridos aproximadamente 0.2% del peso del animal de oxalatos solubles en un periodo de un día sin efectos negativos.

Los síntomas que puede presentar el ganado en casos de extrema toxicidad son :

1. Producción de hipocalcemia aguda que conduce rápidamente a la muerte. Esto es poco frecuente, aunque el oxalato puede alterar el metabolismo del calcio lo suficiente para intervenir en la producción de leche y el crecimiento óseo de los animales en lactancia y en gestación.

2. Alteraciones renales que determinan el bloqueo de los túbulos por los cristales de oxalato de calcio. Esta lesión no provoca necesariamente la muerte.

El contenido de oxalatos de la Kochia se encuentra fuertemente correlacionado con el contenido de proteína cruda. Esto es, durante la maduración de la planta, se tiene un efecto muy similar en el contenido de oxalatos y proteína; de esta manera, a mayores estados de madurez, el contenido de oxalatos disminuye (Coxworth, 1988).

Sosulski (1988) concuerda con lo anterior y señala que el contenido de oxalatos solubles en las plantas de K. scoparia decrece conforme avanza el estado de madurez, de manera que durante el pre-botonamiento contiene 3.6% de oxalatos y en el estado de madurez decrece hasta 1.7% de los mismos. En el mismo estudio se concluye que alimentar al ganado con K. scoparia a niveles que no excedan del 50% de la dieta, evita cualquier problema de toxicidad.

## NITRATOS

Se sabe que los nitratos son sustancias que pueden existir en plantas y que, aunque no son tóxicos por sí mismos, se reducen a nitritos que si lo son debido a las condiciones del rumen. También los pastos que son abonados con exceso de fertilizantes nitrogenados presentan un elevado contenido de nitratos (McDonald, 1986).

Gutiérrez (1979) señala que los nitritos, una vez absorbidos por el organismo del animal, actúan a nivel de la hemoglobina, oxidando el ión ferroso y transformándola a metahemoglobina, que no puede aceptar el oxígeno de la sangre, impidiendo la fijación de oxígeno a nivel molecular y causando con esto hipoxia o anoxia por una oxigenación pobre de la sangre.

Los síntomas tóxicos son temblor, movimientos vacilantes, respiración rápida y muerte. Se ha dicho que los animales que consumen pastos cuya materia seca contiene más de 0.7 g/kg de nitrato presentan síntomas tóxicos, aunque la concentración letal es mucho más elevada. Algunos autores han citado la cifra de 2.2 g/kg en materia seca de nitrato, mientras otros asignan valores mucho más altos. En apariencia, el nitrato es menos tóxico cuando la dieta contiene carbohidratos solubles (McDonald, 1986).

Algunas plantas en crecimiento rápido que tienden a acumular nitrato de potasio ven acelerado este fenómeno por el "estrés hídrico". Al analizar muestras de *Kochia scoparia* se encontró que el 83% de ellas contenía niveles menores a 0.5% de nitratos, y el 77% contenía solamente trazas o nada de nitratos (Coxworth, 1988). Esto es interesante, si se analiza con los resultados obtenidos

por Karachi (1988) quien señala que niveles de 0.5% de nitratos pueden causar toxicidad crónica y niveles de 1% o más pueden causar toxicidad crítica.

En general, la toxicidad de los nitratos puede estar determinada por:

- a) la cantidad de carbohidratos disponibles en la dieta (Mc Donald, 1986)
- b) estado nutricional y patológico del animal (Gutiérrez, 1979)
- c) el tiempo de consumo (Gutiérrez, 1979)
- d) consumo de forrajes "ad libitum" en plantíos ya maduros (Gutiérrez, 1979)
- e) especie de Koehia empleada (Hanson, 1988)
- f) dosis de fertilización nitrogenada aplicada al cultivo (Flores y Nava, 1985)
- g) presencia de nitratos en el suelo (Coxworth, 1988)
- h) estados de desarrollo de la planta (Taylor y Ralphs, 1988)

### 2.2.6 POTENCIAL SOCIOECONÓMICO

Desde el punto de vista social y económico, la Koehia scoparia representa una opción para la producción de forraje ya que se desarrolla en climas áridos, semiáridos y subhúmedos. El consumo de agua de la K. scoparia es bajo, ya que con solo 200 mm de lluvia se llegan a producir de 30 a 40 ton/ha de forraje verde bajo condiciones de temporal; en riego con 30 a 40 cm de agua se pueden producir de 80 a 130 ton/ha de materia verde, lo que equivale a 4 ó 5 veces menos agua de la que necesita la alfalfa. Por estos factores y el hecho de que requiere una labranza mínima, se convierte en una alternativa para disminuir los costos de producción, al mismo tiempo que reduce el abatimiento de los mantos acuíferos.

### **2.3. IMPORTANCIA DE LAS PROTEÍNAS**

Debido a su escasez y a la importancia que tienen como nutrimento, estos compuestos se han convertido actualmente en el principal foco de atención de la mayoría de los investigadores en el mundo; a pesar de existir una gran cantidad de nitrógeno en la Tierra, éste se encuentra en forma elemental en la atmósfera y no es aprovechable para llenar las necesidades biológicas de los animales, ya que para la síntesis de sus proteínas, de ácidos nucleicos y de otras sustancias nitrogenadas de gran interés sólo utilizan el nitrógeno orgánico proveniente de los polipeptidos que obtienen de su alimentación. Por el contrario, los vegetales pueden producir estos nutrimentos a partir de moléculas sencillas, como nitrógeno inorgánico, agua y anhídrido carbónico. La gran importancia que tienen las proteínas está incluso implícita en su nombre, que deriva del griego y que significa "ser primero".

Estas sustancias desempeñan funciones biológicas en los organismos, entre las que se cuentan principalmente la regeneración y la formación de tejidos, la síntesis de enzimas, anticuerpos y hormonas y como constituyente de la sangre, entre otras; forman parte del tejido conectivo y muscular de los animales y de otros sistemas rígidos estructurales (Badui, 1993).

Un animal adulto en estado de equilibrio metabólico requiere proteína en la dieta para reponer los aminoácidos esenciales y nitrógeno metabolizado que se elimina durante el recambio metabólico. El nitrógeno se pierde en orina, heces, saliva, descamación de la piel, cabellos y uñas (Harper, 1994).

Para que el alimento sea utilizado con la máxima eficiencia, el animal ha de recibir los aminoácidos esenciales en las cantidades adecuadas y ha de disponer también de los no esenciales en cantidad suficiente para hacer frente a las demandas metabólicas. Los animales monogástricos, como los cerdos y las aves, obtienen estos aminoácidos por hidrólisis de las proteínas durante la digestión y la absorción; en los animales poligástricos como los rumiantes el proceso es más complicado, ya que debido a la degradación y síntesis de proteínas que tiene lugar en el rumen, el material del que finalmente dispone el animal para ser digerido difiere considerablemente del que se encontraba en el alimento en un principio. Por lo tanto, son necesarios enfoques distintos para valorar las fuentes de proteína en los rumiantes y en los no rumiantes.

### 2.3.1 ESTRUCTURA

Las proteínas son el producto de la unión heterogénea de aminoácidos a través de enlaces amida o peptídicos, los que a su vez se forman por una condensación entre un grupo carboxilo y un amino, con la consecuente eliminación de agua.

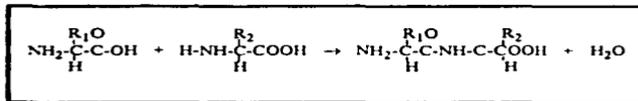


Figura 1  
REPRESENTACIÓN DEL ENLACE PEPTÍDICO

Es debido a esto, que sus características físicas y químicas dependen completamente del tipo, de la concentración y de la secuencia de unión de los monómeros constituyentes. Dos proteínas podrán estar integradas por aminoácidos iguales y en concentraciones semejantes, pero si el orden en que se encuentran es diferente, los polímeros muestran propiedades muy distintas.

Con el fin de comprender con mayor facilidad la compleja organización estructural de las proteínas ha sido dividida en cuatro estructuras principales.

**Estructura primaria:** Es la que se refiere al orden u ordenamiento en que se encuentran unidos los aminoácidos en la cadena; es una propiedad controlada genéticamente, altamente reproducible y única para cada fracción.

**Estructura secundaria:** Se refiere al orden u ordenamiento regular y periódico de las proteínas en el espacio, a lo largo de su eje o dirección y que se estabiliza por diversas fuerzas, de las cuales las electrostáticas, los puentes de hidrógeno, las interacciones hidrófobas y las dipolo-dipolo son las más importantes.

**Estructura terciaria:** Este término se refiere al modo en que la cadena polipeptídica se curva o se dobla tridimensionalmente para producir una estructura estrechamente plegada y compacta, característica de las proteínas globulares; a diferencia de las fibrosas, que son moléculas lineales, las globulares tienen sus cadenas compactas con un alto grado de organización y presentan uniones covalentes, hidrófilas, hidrófobas y también iónicas.

**Estructura cuaternaria:** A diferencia de las anteriores esta estructura no necesariamente existe en todos los polipéptidos y se refiere a la asociación de dos o más cadenas (iguales o diferentes) a través de uniones no covalentes; pone de manifiesto la disposición en el espacio de las proteínas compuestas por más de una fracción (Badui, 1993).

### **2.3.2 CALIDAD**

La calidad de una dieta proteica es una medida de su utilidad en el cuerpo, es decir hasta qué punto los aminoácidos proveídos satisfacen los requerimientos. Esta calidad se mide por comparación de las proporciones de aminoácidos esenciales en un alimento con las proporciones necesarias para una buena nutrición. Mientras más se aproximen estas cantidades, más elevada es la calidad de la proteína (Macrae, 1993).

Un aminoácido esencial se define como aquel que no puede ser sintetizado en el cuerpo o por lo menos no en las cantidades adecuadas. No es necesario suministrar en la dieta a los llamados aminoácidos no esenciales ya que pueden ser sintetizados a partir de los esenciales (Bigwood, 1982).

#### **2.3.2.1 EVALUACIÓN BIOLÓGICA**

Aunque se ha hecho mucho énfasis en la investigación biológica para el desarrollo de métodos químicos y físicos que permitan al investigador trabajar con pocas células individuales, estos métodos no contestan o resultan satisfactorias para ser aplicados al hombre o incluso a la especie de las cuales fueron inicialmente removidas. Para poder entender con más propiedad los factores involucrados en el funcionamiento de organismos tan complejos, se requiere de estudios en el animal intacto; esto último es aplicable a la investigación nutricional.

Se ha reportado que el hombre se comporta en forma semejante a la rata, particularmente en su utilización metabólica de alimentos proteínicos por lo que respecta a su crecimiento, indicando que los resultados de pruebas de crecimiento en ratas, podían ser aplicables para la evaluación de dietas en humanos. Además, algunas otras razones por lo cual la rata es ampliamente utilizada son:

a) Es un animal omnívoro y puede ser alimentado con la misma ración a lo largo de su vida, si dicha ración es adecuada nutrimentalmente

b) Son fáciles de manejar y cuidar.

c) Un número relativamente grande de individuos pueden ser colocados en una pequeña área.

d) Hay un largo periodo después del destete, durante el cual continúan creciendo e incrementando su peso corporal, esto último es de interés en muchos estudios nutrimentales, donde se requiere el uso de animales que continúen ganando peso sobre periodos extensivos.

e) Las primeras pruebas de evaluación de la calidad nutrimental de una proteína, se hicieron comparando las tasas de crecimiento de grupos de ratas alimentadas con las dietas por evaluar con grupos alimentados con proteínas que se sabía eran de buena calidad biológica (leche, huevo).

Existen dos métodos principales para medir la calidad de una proteína con animales de experimentación. Uno de ellos se basa en el balance entre la ingesta y la excreta de nitrógeno y la segunda se basa en el crecimiento (Yang, 1974).

**2.3.2.1.1 PRUEBAS DE CRECIMIENTO****RELACIÓN DE EFICIENCIA DE LA PROTEÍNA (REP)**

Uno de los principales métodos para medir la calidad de una proteína se basa en el grado de crecimiento de un animal bajo condiciones definidas. En 1919, Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de REP, el cual modificado en varias formas es probablemente el método más ampliamente usado por la mayoría de los investigadores y corresponde al peso ganado por el animal con respecto a la proteína consumida, bajo ciertas condiciones bien establecidas, las cuales se describen a continuación brevemente.

a) Dieta: Es necesario tener el análisis proximal de la fuente proteínica, para poder ajustar la dieta en estudio y poderla comparar con la dieta de referencia (caseína).

b) Animales de experimentación: Ratas machos de la misma colonia y mantenidas durante el período previo al destete bajo dieta y condiciones adecuadas que permitan un desarrollo normal. La edad del destete debe ser de  $\geq 21$  días pero  $\leq 28$ ; el intervalo de peso individual entre las ratas debe ser de 45 a 55g y la diferencia entre el peso promedio de los lotes no debe superar los 10g. Cuando se requiere el transporte de animales al laboratorio de experimentación, es aconsejable un período de aclimatación  $\geq 3$  días pero  $\leq 7$ .

c) Período de ensayo: A lo largo del estudio las ratas son mantenidas en jaulas individuales y se les suministra dieta y agua "ad libitum". Se registran el peso corporal de cada rata al inicio del ensayo y, posteriormente, tanto el peso corporal como la cantidad de alimento ingerido a intervalos regulares que no sean  $> 7$  días y, por último, al día 28 (final del ensayo).

d) Cálculos/Tabulación: Se calcula el promedio del peso ganado y proteína ingerida por cada rata de cada grupo. A continuación se calcula el valor de REP de cada grupo y se determina la relación x 100 de cada uno con respecto al valor de REP de caseína; finalmente, se reporta la calidad proteica como relación porcentual del valor de REP de la muestra con respecto al de la caseína.

$$\text{REP} = \frac{\text{incremento en peso (g)}}{\text{proteína consumida (g)}}$$

Todo lo antes descrito se refiere a las condiciones establecidas en el método oficial propuesto por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), sin embargo, otros investigadores proponen reportar el valor de REP del alimento de prueba, como un valor de REP corregido, suponiendo que el valor de REP de caseína permanezca constante en un valor de 2.5, por lo tanto, se tendría que realizar el siguiente cálculo:

$$F = \frac{2.5}{\text{REP}_{\text{experimental}} \text{ del gupo de caseína}}$$

$$\text{REP ajustado} = \text{REP}_{\text{exp}} * F$$

Sin embargo, hay que reconocer algunas desventajas del método. Primero, supone que todo el peso ganado es debido a la proteína de tejido, mientras que la grasa acumulada puede variar con diferentes alimentos. Segundo, los resultados varían con la cantidad de proteína; por ejemplo, con el total de alimento consumido. Tercero, las proteínas con valores biológicos menores a 40 (poco comunes), no pueden ser medidos debido a que esto corresponde a un valor de PER de cero.

## RELACIÓN NETA DE PROTEÍNA (RNP)

Bender y Doell más tarde propusieron el uso de la llamada Relación Neta de Proteína (RNP), como una prueba biológica nutricia, en donde se toma en cuenta la pérdida de peso de un grupo control negativo. Dicho decremento de peso se suma al peso ganado del grupo de prueba y se divide por la proteína consumida.

Básicamente el método involucra alimentar un lote de animales con una dieta conteniendo una proteína de referencia (caseína), además se introduce un grupo control con una dieta libre de nitrógeno (DLN) y se corren al mismo tiempo que las dietas de prueba, que deberán ser, al igual que en el valor de REP, isoproteicas e isocalóricas con respecto a la dieta de referencia.

$$RNP = \frac{\text{incremento en peso (g)} - \text{decremento en peso del grupo DLN}}{\text{proteína consumida}}$$

En esta prueba se supone que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso de las ratas alimentadas con la dieta libre de nitrógeno (DLN), es equivalente a la proteína necesaria para el mantenimiento de los animales. Sin embargo, una falla de esta determinación es que frecuentemente sobreestima el valor de las proteínas de baja calidad.

Este tipo de cálculo sobrepone las variaciones en alimento ingerido encontradas en el valor de REP; además, permite trabajar con dietas que producen un pobre crecimiento (Lucas, 1993).

### 2.3.2.1.2 PRUEBAS DE BALANCE DE NITRÓGENO

#### UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (UNP)

Siguiendo la metodología propuesta por Thomas y Mitchell, basada en un esquema de balance de nitrógeno, se puede definir el valor de UNP, como la proporción de nitrógeno consumido que queda retenido en el organismo y está influenciado, tanto por la digestibilidad (D) como por la calidad de la proteína (VB).

$$UNP = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ ingerido}} \cdot 100$$

$$UNP = \frac{I - (F - FM) - (U - UE)}{I} \cdot 100$$

I = Nitrógeno ingerido

F = Nitrógeno fecal

FM = Nitrógeno fecal metabólico

U = Nitrógeno urinario

UE = Nitrógeno urinario endógeno

Así:

$$UNP = \text{Digestibilidad} \cdot \text{Valor biológico}$$

$$UNP = \frac{N \text{ absorbido}}{N \text{ ingerido}} \cdot \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ absorbido}} \cdot 100 = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ ingerido}} \cdot 100$$

Sin embargo, en 1953, Bender y Miller describieron una forma más sencilla y rápida para poder estimar el valor de UNP, la cual se basa en determinar directamente el nitrógeno corporal; o sea, determinar directamente el nitrógeno retenido en la canal, a diferencia del método anterior que se podría considerar como una determinación indirecta del valor de UNP.

Se sabe que:

$$UNP = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ ingerido}} \cdot 100$$

donde  $N \text{ retenido} = N \text{ en la canal final} - N \text{ en la canal inicial}$ .

**Nota:** Como es imposible determinar el  $N$  inicial en la canal sin sacrificar al animal es necesario trabajar al mismo tiempo un lote con dieta libre de nitrógeno. De manera que:

$$N \text{ retenido experimental} = N \text{ exp final} - N \text{ exp inicial}$$

$$N \text{ retenido DLN} = N_{DLN} \text{ final} - N_{DLN} \text{ inicial}$$

si se considera que:

$$N \text{ exp inicial} = N_{DLN} \text{ inicial}$$

tenemos que:

$$UNP \text{ ESTANDARIZADO} = \frac{N \text{ retenido exp} - N \text{ retenido DLN}}{N \text{ ingerido}}$$

$$UNP \text{ ESTANDARIZADO} = \frac{(N_{exp} \text{ final} - N_{exp} \text{ inicial}) - (N_{DLN} \text{ final} - N_{DLN} \text{ inicial})}{N \text{ ingerido}} \cdot 100$$

y finalmente:

$$\text{UNP ESTANDARIZADO} = \frac{\text{N}_{\text{exp final}} - \text{N}_{\text{olv final}}}{\text{N ingerido}} \cdot 100$$

Debido a que el UNP es un índice que es afectado tanto por la digestibilidad y la calidad de la proteína, se puede considerar como un indicador de mayor utilidad práctica (Pellet, 1980).

### 2.3.2.1.3 DIGESTIBILIDAD (D)

Es un índice o coeficiente de digestibilidad de la proteína en el alimento, o sea, la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la (s) proteína (s) para ser absorbidos por el organismo de prueba. Debido a que la digestibilidad está influenciada por la solubilidad y susceptibilidad de la proteína al ataque enzimático, existen algunos aspectos que la afectan:

a) La fracción proteínica puede estar protegida de la actividad enzimática por materiales celulares estructurales (celulosa, hemicelulosa, quitina, etc).

b) Algunas plantas contienen factores antinutrimientales tales como: inhibidores de proteasas, hemaglutininas, taninos y ácido fítico (Pellet, 1980).

Así, la digestibilidad se define como:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{\text{N absorbido}}{\text{N ingerido}}$$

donde:

$$\text{Digestibilidad aparente} = \frac{N_{\text{ingerido}} - N_{\text{fecal}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

$$\text{Digestibilidad verdadera} = \frac{N_{\text{ingerido}} - (N_{\text{fecal}} - N_{\text{fecal endógeno}})}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

### 2.3.2.2 AMINOGRAMA

La composición de aminoácidos se efectúa por métodos de cromatografía de intercambio iónico basados en el comportamiento ácido-base de cada aminoácido; normalmente, se emplean dos resinas, una catiónica y otra aniónica con capacidad de separar las moléculas del aminoácido debido a la afinidad por cada una de ellas. El primer paso es la hidrólisis del polímero, para lo cual se emplean condiciones muy drásticas, tanto ácidas como alcalinas: en el primer caso, se somete la proteína a una temperatura de 120°C, con HCl 6N durante 10-24h.

Este tratamiento tienen el inconveniente de que destruye el triptófano y un porcentaje de la serina y la treonina; además, permite que los grupos R amino de la asparagina y la glutamina se liberen para transformarse en ácido aspártico y ácido glutámico, respectivamente; no se produce un alto grado de racemización y sólo la L-cistina se transforma en una mezcla de los isómeros D y L.

La hidrólisis en medio alcalino se lleva a cabo con NaOH a temperatura de ebullición; la principal ventaja de este método es que el triptófano no se destruye, pero en este caso se produce una fuerte racemización de la mayoría de los

aminoácidos y la destrucción de un porcentaje de cisteína, cistina, serina, treonina, asparagina, glutamina y lisina. Este método se emplea generalmente cuando se desea determinar triptofano.

El hidrolizado de la proteína se pasa a través de las columnas de intercambio iónico, en donde los aminoácidos se eluyen a diferentes velocidades de acuerdo con la afinidad que tengan por los grupos reactivos de las resinas; en estas condiciones cada uno de ellos se puede identificar con base en el tiempo que tarda en salir de dicha columna. Este es el principio técnico con el que funcionan los equipos llamados analizadores de aminoácidos (Badur, 1993).

En la cromatografía líquida de alta resolución o CLAR (HPLC por sus siglas en inglés), la mezcla de componentes, en disolución que se requieren identificar o separar, se pasa a través de una columna densamente empacquetada con pequeñas cuentas de resina insoluble. En la cromatografía en columna cuanto más pequeñas sean las cuentas de resina y más empacada se encuentren, mejor será la resolución de esta técnica de separación. En esta técnica, en particular, la resina está tan densamente empacada que, para superar la resistencia que la columna ofrece al paso del líquido, éste debe ser bombeado a elevada presión. En consecuencia, en el CLAR o HPLC se emplean bombas de precisión de alta presión y las tuberías y columnas son metálicas y no de cristal o plástico como lo son en la cromatografía a presión atmosférica. Las cuentas de resina pueden recubrirse con grupos cargados, en cuyo caso los compuestos se separarían por intercambio iónico o con residuos hidrofóbicos, con lo que las moléculas no polares que pasen a través de la resina se retrasarán. La reproducibilidad de los tiempos de retención en la columna y la resolución son extremadamente elevados en las separaciones por CLAR o HPLC (Devlin, 1989; Stryer, 1993).

**FALTA PAGINA**

No. 39

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estudio de la actividad enzimática

#### Preparación de extractos de levadura

#### Preparación de sustratos

#### Medición de la actividad enzimática

## 3.1 MUESTRA

En la presente investigación se analizó la planta *Kochia scoparia*. La tabla 2 presenta su taxonomía.

Reino	Plantal
División	Antiphyta
Clase	Dicotyledonae
Orden	Centros permales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Kochia
Especie	scoparia

Tabla 2  
TAXONOMÍA DE *K.scoparia*

La muestra fué proporcionada por el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana, Av. Dos Vistas s/n, carretera Xalapa - Las Trancas, Apartado Postal 177, 91000 Xalapa, Veracruz, México. El estado de maduración en el cual fué recibida ésta fué al inicio de la floración. A continuación, la tabla 3 describe las condiciones climáticas de Perote, Veracruz; sitio donde fué cultivada y cosechada la muestra en estudio:

Ciudad	Perote
Estado	Veracruz
País	México
Temp. media	12 °C
Precipitación	525.2mm
Altitud	2465msnm
Latitud norte	19° 34'
Longitud W de Greenwich	97° 14'

Tabla 3  
CONDICIONES CLIMÁTICAS Y GEOGRÁFICAS DEL  
SITIO DE CULTIVO DE *Kochia scoparia*

La muestra fué recibida deshidratada y debido a la estrategia de la investigación para su uso potencial en alimento balanceado para animales de laboratorio; hubo necesidad de dividirla en dos lotes: el primero constituido únicamente por las hojas y el segundo incluyendo toda la planta. En ambos casos se redujo el tamaño de partícula con ayuda de una licuadora hasta que atravesara una malla No 40. Fueron entonces, almacenadas en recipientes de vidrio limpios, secos y debidamente etiquetados.

### **3.2 REACTIVOS**

**3.2.1 ANALÍTICOS:** Sulfato de sodio, sulfato de cobre pentahidratado, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, rojo de metilo, etanol, zinc, éter etílico, proveídos por Química Barsa de México, S.A.

**3.2.2. INDUSTRIALES:** Aceite de maiz marca Mazola, Maizena elaborado por Productos de Maiz, sacarosa comercial (azúcar de mesa) marca Aurrerá, caseína provista por Harlan Teklad (Catalog No 160040), celulosa provista por Harlan Teklad (Catalog No. 121003), mezcla de vitaminas AIN-76 (Catalog No. 40075) y mezcla de minerales Rogers Harper (Catalog No 170760) ambas provistas también por Harlan Teklad.

### **3.3 EQUIPO**

Estufa marca Lab Line Instruments, Inc; modelo 3512, mufla marca Thermolyne modelo 1500, licuadora marca Osterizer de 127Voltz 50-60Hz, modelo 450-20, balanza analítica marca Sartorius modelo BP210S, balanza granataria marca Sartorius modelo 1303MP, cernidor marca Portable Sieve Shaker

modelo RX24, digestor y destilador Kjeldahl, desecador, extractor Soxhlet, licuadora, crisoles, pesafiltros, mortero, filtro de porcelana, buretas de 50 mL, probetas de 500mL, probetas de 100 mL, matraces kitasato, matraces Erlen meyer de 500mL, matraces Erlen meyer de 250mL, vasos de precipitado de 250 mL, vasos de precipitado de 100mL, vidrio de reloj, agitador de vidrio, todos ellos marca Pyrex.

### 3.4 MÉTODOS

A la Kochia scoparia deshidratada, se le practicó un análisis proximal (Apéndice A) aplicando los siguientes métodos:

- 1.- Humedad.- Métodos 7.002 y 7.003 del AOAC (1984)
- 2.- Cenizas .- Método 7.009 del AOAC (1984)
- 3.- Proteína cruda.- Métodos 2.057 y 7.015 del AOAC (1984)
- 4.- Extracto etéreo .- Métodos 7.061 y 7.062 del AOAC (1984)
- 5.- Carbohidratos, calculados por diferencia.

### 3.5 ENSAYOS BIOLÓGICOS

La evaluación biológica se llevó a cabo utilizando 40 ratas macho raza Wistar de la colonia del Bioterio de la Facultad de Química, UNAM, con un peso inicial comprendido entre 40 y 49g, repartidas en lotes de acuerdo a la distribución de "culebra-japonesa" entre las cinco dietas experimentales y se alojaron individualmente en jaulas metálicas tipo gaveta de las siguientes dimensiones: 18cm de ancho, 18 cm de alto y 24.5 cm de profundidad.

## 3.5.1 ELABORACIÓN DE DIETAS

Para este análisis fue necesario elaborar cinco dietas; de las cuales dos fueron problema y tres controles. Las dietas problema contenían *K. scoparia*, la primera de ellas la planta completa y la otra únicamente las hojas. Los tres controles estaban comprendidos de la siguiente manera: Dieta control de caseína al 5.5% de fibra, dieta control de caseína al 8.7% de fibra y una dieta libre de nitrógeno (Benevenga, 1995). Su composición se muestra a continuación, en los cuadros 1 a 4.

INGREDIENTES	(%)
Proteína de <i>Kochia scoparia</i> planta completa	10.00
Sacarosa	10.00
Almidón de maíz	62.00
Aceite de maíz	5.00
Celulosa	8.70
Mezcla de vitaminas	1.00
Mezcla de minerales	4.00

Cuadro 1  
DIETA *Kochia scoparia*  
PLANTA COMPLETA

INGREDIENTES	(%)
Caseína	10.00
Sacarosa	10.00
Almidón de maíz	62.00
Aceite de maíz	5.00
Celulosa	8.70
Mezcla de vitaminas	1.00
Mezcla de minerales	4.00

Cuadro 3  
DIETA CONTROL DE CASEÍNA  
AL 8.70 % DE FIBRA

INGREDIENTES	(%)
Proteína de <i>Kochia scoparia</i> hojas	10.00
Sacarosa	10.00
Almidón de maíz	65.00
Aceite de maíz	5.00
Celulosa	5.50
Mezcla de vitaminas	1.00
Mezcla de minerales	4.00

Cuadro 2  
DIETA *Kochia scoparia*  
HOJAS

INGREDIENTES	(%)
Caseína	10.00
Sacarosa	10.00
Almidón de maíz	65.00
Aceite de maíz	5.00
Celulosa	5.50
Mezcla de vitaminas	1.00
Mezcla de minerales	4.00

Cuadro 4  
DIETA CONTROL DE CASEÍNA  
AL 5.50% DE FIBRA

INGREDIENTES	(%)
Sacarosa	10 (0)
Almidón de maíz	62 (0)
Acetate de maíz	5 (0)
Celulosa	8 (0)
Mezcla de vitaminas	1 (0)
Mezcla de minerales	4 (0)

Cuadro 5  
DIETA CONTROL LIBRE DE  
NITRÓGENO

Para preparar todas las dietas, se homogenizaron los componentes con ayuda de una mezcladora por espacio de una hora; transcurrido este tiempo, cada dieta fué almacenada en envases de plástico y refrigerada a 4°C.

Las dietas problema fueron isocalóricas e isoproteicas con respecto a la dieta de referencia (caseína). A lo largo del ensayo se mantuvo cada rata en su jaula individual, se les proporcionó la dieta correspondiente y el agua "ad-libitum". Durante este mismo periodo se mantuvieron las condiciones del entorno tan uniformes como fue posible, en particular la temperatura del bioterio, la cual fué controlada midiendo diariamente tanto, la temperatura máxima como la mínima.

Ingrediente	Dieta 1 (%)	Dieta 2 (%)	Dieta 3 (%)	Dieta 4 (%)	Dieta 5 (%)
Proteína de <i>Kochia scoparia</i> completa	10.00	-	-	-	-
Proteína de <i>K. scoparia</i> hojas	-	10.00	-	-	-
caseína a	-	-	10.00	10.00	-
sacarosa	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
almidón de maíz	62.00	65.00	62.00	65.00	75.00
aceite de maíz	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
celulosa	8.70	5.50	8.70	5.50	5.50
mezcla de vitaminas b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
mezcla de minerales c	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Cuadro 6

CUADRO COMPARATIVO DEL % DE INGREDIENTES DE LAS DIETAS ELABORADAS

**DIETA 1:** *Kochia scoparia* planta completa

**DIETA 2:** *Kochia scoparia* hojas

**DIETA 3:** Control caseína al 8.7% de fibra

**DIETA 4:** Control caseína al 5.5% de fibra

**DIETA 5:** Control libre de nitrógeno

a.- Cantidad de caseína a dar 10% de proteína en la dieta

b.- Mezcla de minerales según Roger & Harper (ver Apéndice B)

c.- Mezcla de vitaminas según AIN-76 (ver Apéndice C)

### **3.5.2 RELACIÓN DE EFICIENCIA DE PROTEÍNA (PER)**

El estudio se mantiene por espacio de 28 días durante el cual se registra el peso corporal y la ingesta de alimento a intervalos regulares no mayores a 7 días así como los pesos iniciales y finales (AOAC, 1984).

### **3.5.3 RELACIÓN NETA DE PROTEÍNA (NPR)**

Esta prueba tiene una duración de 10 días durante los cuales se proporciona la dieta libre de nitrógeno al mismo tiempo que se registra la pérdida de peso corporal y la ingesta de alimento a intervalos regulares, incluyendo los pesos iniciales y finales (AOAC, 1984).

### **3.5.4 DIGESTIBILIDAD**

Pasados los siete días iniciales de PER y NPR se colectaron las heces de los cinco lotes y se registró la ingesta de alimento durante tres días seguidos, después de los cuales las heces se secaron en estufa a 100°C, durante 12 horas, se molieron y se les determinó proteína por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984).

### **3.5.5 UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (NPU)**

Una vez concluido el ensayo se sacrificaron las ratas y se les cortó la pata izquierda, las cuales se pusieron a secar en la estufa a 100°C durante 12 horas, se molieron y se les determinó proteína por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984).

**FALTA PAGINA**

No. 47

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal de la planta completa de *Kochia scoparia* se muestra en el Cuadro 7, en base seca y en el Cuadro 8, en base húmeda. En base seca puede apreciarse que el contenido de proteína coincide con lo reportado por Cohen en 1988. Cabe destacar que este porcentaje de proteína es tan alto como el reportado para la alfalfa, cuyos valores se encuentran en un intervalo que oscila entre el 17.1% y el 25.3%, dependiendo del estado de madurez en que se encuentre. Es debido a esto que la *Kochia scoparia* puede ser considerada en cuanto a su cantidad de proteína como una planta con potencial forrajero.

DETERMINACIÓN	(g/100g)
Cenizas	18.20
Grasa	2.63
Proteína	22.57
Fibra	18.24
Carbohidratos	38.36

Cuadro 7  
ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE SECA  
DE *Kochia scoparia* PLANTA COMPLETA

DETERMINACIÓN	(g/100g)
Humedad	7.63
Cenizas	16.81
Grasa	2.43
Proteína	20.85
Fibra	16.85
Carbohidratos	35.43

**Cuadro 8**  
ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE HUMEDA  
DE *Kochia scoparia* PLANTA COMPLETA

El análisis proximal de las hojas de *Kochia scoparia* se presenta en el Cuadro 9 en base seca y en el 10 en base húmeda.

DETERMINACIÓN	(g/100g)
Cenizas	16.14
Grasa	3.90
Proteína	24.18
Fibra	13.05
Carbohidratos	42.73

**Cuadro 9**  
ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE SECA  
DE HOJAS DE *Kochia scoparia*

DETERMINACIÓN	(g/100g)
Humedad	5.81
Cenizas	15.20
Grasa	1.67
Proteína	22.78
Fibra	12.29
Carbohidratos	40.25

Cuadro 10  
ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE HUMEDA  
DE HOJAS DE *Kochia scoparia*

#### 4.2. ELABORACIÓN DE DIETAS

Basados en el análisis proximal, se calcularon las dietas de manera que fueran isocalóricas e isoproteicas con respecto a una dieta referencia de caseína. Debido a que al ajustar el contenido de proteína al 10%, la muestra de *Kochia scoparia* planta completa, presentó un nivel del 8.7% de fibra en la dieta y el método establece un 5%, fue necesario elaborar una dieta control de caseína con este mismo porcentaje; para ver si el contenido de ésta tenía alguna influencia en los resultados, evitando una variable más durante el experimento. De igual forma, se elaboró una dieta control de caseína al 5.5% de fibra para la muestra elaborada a base de hojas de *Kochia scoparia*.

Los Cuadros 11 al 15 muestran las formulaciones de las dietas elaboradas. Para facilitar su comparación, el Cuadro 16 muestra una compilación, así como los resultados de las determinaciones del % de proteína y fibra obtenidos.

INGREDIENTES	g/kg dieta
K. scoparia planta completa	443.0
Sacarosa	100.0
Almidón de maíz	168.70
Aceite de maíz	38.30
Celulosa	0.00
Mezcla de vitaminas	10.00
Mezcla de minerales	40.00

**Cuadro 11**  
FORMULACIÓN EN g/kg DE LA  
DIETA PROBLEMA DE K. scoparia  
PLANTA COMPLETA

INGREDIENTES	g/kg dieta
K. scoparia hojas	413.50
Sacarosa	100.0
Almidón de maíz	402.50
Aceite de maíz	34.00
Celulosa	0.00
Mezcla de vitaminas	10.00
Mezcla de minerales	40.00

**Cuadro 12**  
FORMULACIÓN EN g/kg DE LA  
DIETA PROBLEMA DE K. scoparia  
SOLO HOJAS

INGREDIENTES	g/kg dieta
Caseína	100.00
Sacarosa	100.00
Almidón de maíz	613.00
Aceite de maíz	50.00
Celulosa	87.00
Mezcla de vitaminas	10.00
Mezcla de minerales	40.00

**Cuadro 13**  
FORMULACIÓN EN g/kg DE LA  
DIETA CONTROL DE CASEÍNA  
AL 8.70% DE FIBRA

INGREDIENTES	g/kg dieta
Caseína	100.00
Sacarosa	100.00
Almidón de maíz	645.00
Aceite de maíz	50.00
Celulosa	55.00
Mezcla de vitaminas	10.00
Mezcla de minerales	40.00

**Cuadro 14**  
FORMULACIÓN EN g/kg DE LA  
DIETA CONTROL DE CASEÍNA  
AL 5.50% DE FIBRA

INGREDIENTES	g/kg dieta
Caseína	100.00
Sacarosa	100.00
Almidón de maíz	613.00
Aceite de maíz	50.00
Celulosa	87.00
Mezcla de vitaminas	10.00
Mezcla de minerales	40.00

**Cuadro 15**  
FORMULACIÓN EN g/kg DE LA  
DIETA CONTROL LIBRE DE  
NITRÓGENO

Ingrediente	Dieta 1 (g/kg)	Dieta 2 (g/kg)	Dieta 3 (g/kg)	Dieta 4 (g/kg)	Dieta 5 (g/kg)
K. scoparia completa	519.20	-	-	-	-
K. scoparia hojas	-	465.90	-	-	-
caseína a	-	-	100.00	100.00	-
sacarosa	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
almidón de maíz	292.30	349.10	613.00	645.00	745.00
aceite de maíz	38.30	35.00	50.00	50.00	50.00
celulosa b	0.00	0.00	8.70	5.50	5.00
mezcla de vitaminas c	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
mezcla de minerales d	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
calorías Kcal/100g	377.6	379.6	378.8	391.9	391.9
% proteína	10.47	10.00	10.27	10.40	0.87
% fibra	8.78	5.63	8.72	5.59	5.48

Cuadro 16  
CUADRO COMPARATIVO DE LOS GRAMOS DE INGREDIENTE / kg DE DIETA ELABORADA Y DETERMINACIONES REALIZADAS A LAS MISMAS

DIETA 1: *Kochia scoparia* planta completa

DIETA 2: *Kochia scoparia* hojas

DIETA 3: Control caseína al 8.7% de fibra

DIETA 4: Control caseína al 5.5% de fibra

DIETA 5: Control libre de nitrógeno

a.- Cantidad de caseína a dar 10% de proteína en la dieta. Marca Harlan Teklad

b.- Celulosa Marca Harlan Teklad

c.- Mezcla de minerales según Roger & Harper (ver apéndice B)

d.- Mezcla de vitaminas según AIN-76 (ver apéndice C)

El Cuadro 17 presenta los resultados obtenidos al determinar proteína y fibra por los métodos del AOAC (1984) a todas las dietas elaboradas; incluyendo la dieta control libre de nitrógeno.

DIETA	(g proteína/100g)	(g fibra/100g)
Kochoa <i>scoparia</i> PLANTA COMPLETA	10.47	8.78
Kochoa <i>scoparia</i> HOJAS	10.60	5.63
CONTROL DE CASEÍNA AL 8.7% FIBRA	10.27	8.72
CONTROL DE CASEÍNA AL 5.5% FIBRA	10.40	5.59
CONTROL LIBRE DE NITRÓGENO	0.02	5.48

Cuadro 17  
CONTENIDO DE PROTEÍNA Y FIBRA  
EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES

De esta manera se pudo comprobar que, en todos los casos, el nivel de proteína está incluido entre los límites establecidos en la técnica cuyos valores van desde 9.5 hasta 10.5g proteína /100g de dieta. El contenido de fibra según el método debe ser de 5.0 +/- 0.5g fibra/100g de dieta. Debido al alto contenido de fibra de la planta completa de *K. scoparia* (18.24% en base seca), al momento de estandarizar la dieta al 10% de proteína, se obtuvo un contenido de fibra del 8.7%. Debido a esto, se pensó formular otra dieta control con el mismo contenido de fibra y así controlar esta variable. De la misma manera se procedió con la dieta que contenía únicamente las hojas de *K. scoparia*. En este caso, el contenido de fibra de la dieta fue del 5.5% y, en consecuencia, su dieta control tuvo este mismo contenido.

	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 4	RATA 5	RATA 6	RATA 7	RATA 8	PROMEDIO
Dieta <u>K</u> isocornaria completa	$\Delta P = -2.51$ AI=174.78	$\Delta P = -10.2$ AI=142.6	$\Delta P = -2.6$ AI=148	$\Delta P = -2.55$ AI=184.78	$\Delta P = 2.9$ AI=166.4	$\Delta P = 0.3$ AI=168.6	$\Delta P = 0.5$ AI=201.3	$\Delta P = -6.1$ AI=251.8	$\Delta P = -2.53$ AI=179.78
Dieta <u>K</u> isocornaria hojas	$\Delta P = -3.2$ AI=138.0	$\Delta P = -2.81$ AI=150.44	$\Delta P = -5.3$ AI=154.5	$\Delta P = 1.0$ AI=131.6	$\Delta P = -2.3$ AI=142.4	$\Delta P = -9.8$ AI=128.1	$\Delta P = -3.5$ AI=177.2	$\Delta P = 3.4$ AI=181.3	$\Delta P = -2.81$ AI=150.44
Dieta caseina al 8.7% fibra	$\Delta P = 96.4$ AI=353.9	$\Delta P = 95.8$ AI=369.4	$\Delta P = 84.9$ AI=340.2	$\Delta P = 89.1$ AI=334.9	$\Delta P = 73.2$ AI=280.5	$\Delta P = 95.8$ AI=373.5	$\Delta P = 107.3$ AI=409.5	$\Delta P = 91.7$ AI=359.2	$\Delta P = 91.77$ AI=352.63
Dieta caseina al 5.5% fibra	$\Delta P = 100.7$ AI=349.2	$\Delta P = 79.1$ AI=294	$\Delta P = 75.4$ AI=281.6	$\Delta P = 97.2$ AI=340	$\Delta P = 71.3$ AI=253.5	$\Delta P = 89.3$ AI=327.3	$\Delta P = 70.5$ AI=274.7	$\Delta P = 93.9$ AI=335.1	$\Delta P = 84.67$ AI=306.92

Cuadro 18  
HOJA DE VACIADO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE REP

Se analizaron los datos estadísticamente con el programa Glaxstat y se no se encontraron diferencias significativas entre las  $\Delta P$  y el AI de los diferentes lotes, así como tampoco entre las ratas que conforman cada lote. Todo fué hecho con un  $\alpha$  de 0.5. (Apéndice D).

$\Delta P$  = Incremento de peso en gramos

AI = Alimento ingerido en gramos

	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 4	RATA 5	RATA 6	RATA 7	RATA 8	PER PROMEDIO
Dieta de Mantenimiento completa	-0.018	-0.68	-0.16	-0.018	0.160	0.016	0.023	-0.230	-0.018
Dieta de Mantenimiento baja	-2.310	-2.05	-1.430	0.75	-1.61	-7.65	-1.97	1.87	-2.05
Dieta control de raciones al 8.7% de fibra	2.65	2.52	2.42	2.59	2.54	2.49	2.55	2.48	2.53
Dieta control de raciones al 5.5% de fibra	2.77	2.58	2.57	2.74	2.70	2.62	2.46	2.69	2.64

Cuadro 19  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA RELACIÓN DE EFICIENCIA DE PROTEÍNA (REP)

PER = Relación de eficiencia de proteína

### 4.3. RELACIÓN DE EFICIENCIA DE PROTEÍNA (REP)

Para calcular el valor de REP de cada una de las ratas en experimentación, se utiliza la ecuación que se muestra en la Figura 2.

$$\text{REP} = \frac{\text{incremento de peso (en gramos)}}{\text{proteína ingerida (en gramos)}} = \frac{\Delta P}{(\Sigma AI) (F)}$$

Figura 2  
ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE REP

F = Factor que corresponde al contenido de proteína de la dieta, expresado en fracción decimal (10% = 0.1)

Una vez culminado el experimento se reunieron los resultados en una hoja de vaciado de datos para facilitar su manejo (Cuadro 18). De esta manera, se calculó el valor de REP propio de cada rata en experimentación en todas las dietas, con el fin de poder obtener un valor promedio. Los resultados de dichos cálculos se presentan en los Cuadros 19 y 20. Éste último presenta un resumen de los valores de REP promedio.

	Dieta de balanceo completa	Dieta de balanceo hojas	Dieta control de caecotro al 8.7% de fibra	Dieta control de caecotro al 5.5% de fibra
REP PROMEDIO	-0.018	-2.05	2.53	2.64

Cuadro 20  
RESUMEN DE LOS VALORES DE REP  
PROMEDIO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Para que los datos sean comparados con datos bibliográficos, es necesario expresarlos en valores de REP ajustado; o sea tomando como referencia el valor de 2.5 para la dieta de caseína (lote control) (Figura 3).

$$\text{REP ajustado} = \text{REP(prueba)} \times \frac{\text{REP CASEINA (Ref.)}}{\text{REP CASEINA (Exp.)}}$$

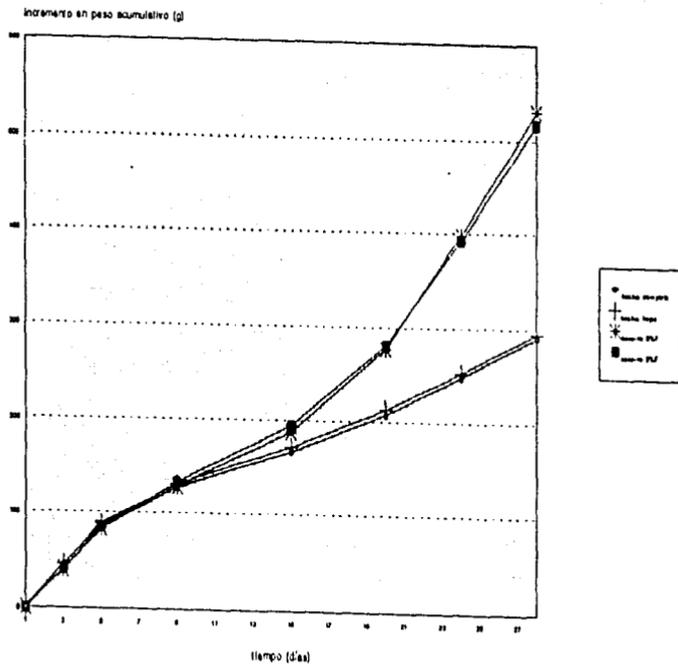
Figura 3  
ECUACIÓN PARA EL CALCULO DE REP AJUSTADO.

donde REP CASEINA (Ref.) = 2.5

En la Gráfica 1 se muestra la curva de crecimiento que expresa el incremento en peso acumulativo en gramos que manifestaron los lotes de animales sujetos a experimentación con las diferentes dietas en relación al tiempo transcurrido en la prueba. En esta misma curva se puede observar que el incremento en peso acumulativo tanto en las dietas experimentales como en los controles de caseína era muy similar hasta el día 9. Sin embargo a partir de esta misma fecha, la pendiente de las curvas correspondientes a los controles de caseína se incrementaron notablemente hasta alcanzar una diferencia de cerca de 200g en incremento en peso acumulativo para el día 28, que culminó la experimentación. (Apéndice D. Incremento en peso acumulativo).

# CURVA DE CRECIMIENTO

## GRAFICA 1



Por otro lado, como se puede apreciar en el Cuadro 21, los valores de REP obtenidos, tanto para la dieta elaborada a base de la planta completa de K. scoparia como para aquella elaborada a base de sus hojas, fueron valores negativos.

	Dieta de <u>K. scoparia</u> planta completa	Dieta de <u>K. scoparia</u> hojas
REP PROMEDIO AJUSTADO	-0.017	-1.94

Cuadro 21  
VALORES DE REP PROMEDIO AJUSTADO DE  
LAS DOS DIETAS EXPERIMENTALES

Debido a esto se pueden hacer los siguientes análisis:

- a) La diferencia en por ciento de fibra cruda en la dieta no fué estadísticamente significativa trabajando a un  $\alpha = 0.05$ . ( REP = 2.64 al 5.5% de fibra y REP = 2.54 al 8.7% de fibra).
- b) Tanto en la dieta elaborada con la planta completa de K. scoparia como utilizando sólo las hojas, el REP es negativo, por lo tanto se puede decir que esta planta debido a su alto contenido de fibra o carbohidratos no digeribles, no puede utilizarse en alimentación de animales monogástricos, es decir, en la elaboración de pellets para animales de laboratorio.

Rata	IPPC	IPH	IPC5.5%	IPC8.7%	IPNP	AIPC	AIH	AICS.5%	AIC8.7%
1	-2.51	-3.2	100.70	96.40	-6.30	174.78	138.00	349.20	351.90
2	-10.20	-2.81	79.10	95.80	-8.70	142.60	150.44	294.00	369.40
3	-2.60	-5.30	75.40	84.90	-7.90	148.00	154.50	281.60	349.20
4	-2.55	1.00	97.20	89.10	-8.90	184.78	131.60	340.00	334.90
5	2.90	-2.30	71.30	73.20	-10.30	166.40	142.40	253.50	280.50
6	0.30	-9.80	89.30	95.80	-14.20	168.60	128.10	327.30	373.50
7	0.50	-3.50	70.50	107.30	-10.50	201.30	177.20	274.70	469.50
8	-6.10	3.40	93.90	91.70	-10.00	251.80	181.30	335.10	359.20
Promedio	-2.53	-2.81	84.67	91.77	-9.6	179.78	150.44	306.92	352.63

Cuadro 21  
HOJA DE VACIADO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE RNP

Al analizar los datos estadísticamente los datos del Cuadro 22 no se encontraron diferencias significativas entre IPPC y IPH; entre IPC5.5% y IPC8.7%; entre AIPC y AIH así como para AICS.5% y AIC8.7%. Tampoco se encontraron diferencias entre las ratas que conforman cada lote. Todo esto analizado con un  $\alpha$  de 0.5 (Apéndice D).

IPPC	Incremento en peso (g) de ratas alimentadas con la dieta de <i>Kochoa scoparia</i> planta completa
IPH	Incremento en peso (g) de ratas alimentadas con la dieta de <i>Kochoa scoparia</i> sólo hojas
IPC5.5%	Incremento en peso (g) de ratas alimentadas con la dieta control de caseína al 5.5% de fibra
IPC8.7%	Incremento en peso (g) de ratas alimentadas con la dieta control de caseína al 8.7% de fibra
IPNP	Incremento en peso (g) de ratas alimentadas con la dieta control libre de nitrógeno
AIPC	Alimento ingerido (g) por ratas alimentadas con la dieta de <i>Kochoa scoparia</i> planta completa
AIH	Alimento ingerido (g) por ratas alimentadas con la dieta de <i>Kochoa scoparia</i> sólo hojas
AICS.5%	Alimento ingerido (g) por ratas alimentadas con la dieta control de caseína al 5.5% de fibra
AIC8.7%	Alimento ingerido (g) por ratas alimentadas con la dieta control de caseína al 8.7% de fibra

#### 4.4 RELACION NETA DE PROTEINA (RNP)

Para obtener este valor es necesario reunir los datos obtenidos durante la experimentación en una hoja de vaciado (Cuadro 22), para después calcular el RNP según la Figura 4:

$$\text{RNP} = \frac{\Delta P \text{ del grupo de prueba} - \Delta P' \text{ del grupo no protéico}}{\text{Proteína ingerida de prueba}}$$

Figura 4  
ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL RNP

$\Delta P$  = Incremento de peso expresado en gramos

$\Delta P'$  = Incremento de peso del grupo con la dieta libre de nitrógeno (debe ser un valor negativo)

P.I. = Proteína ingerida expresada en gramos

En el Cuadro 23 se aprecian valores bajos de RNP promedio, tanto para la dieta de K. scoparia planta completa como para sus hojas, al ser ambos comparados con su control de caseína. Estadísticamente, no hubo diferencia significativa entre los lotes de prueba de K. scoparia ni tampoco entre los dos lotes control; todo esto con un  $\alpha$  de 0.05%.

	Dieta de <u>K. scoparia</u> planta completa	Dieta de <u>K. scoparia</u> hojas	Dieta de Caseína al 6.7% de fibra	Dieta de Caseína al 5.5% de fibra.
RNP PROMEDIO	0.37	0.45	2.79	2.95

Cuadro 23  
VALORES DE RNP PROMEDIO PARA  
CADA UNA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

#### 4.5 UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (UNP)

La fórmula necesaria para calcular la utilización neta de proteína se muestra en la Figura No 5:

$$UNP = \frac{N_{\text{retenido}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100 = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Figura 5  
ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE UNP

Determinación	% NPPC	% NPH	%NPC5.5	%NPC8.7	% NPNP
1	3.4566	3.0359	2.8442	3.0863	1.0577
2	3.3843	3.1112	3.0058	2.8941	1.6343
3	3.4440	3.0140	2.9960	3.1260	1.4489
4	3.4647	3.0876	3.0292	2.9793	1.4554
5	3.3924	3.2084	3.1908	3.1715	0.8723
6	3.4050	2.9842	3.0390	2.9396	1.0512
promedio	3.4245	3.0735	3.0175	3.0328	1.2533

**Cuadro 24**  
DATOS OBTENIDOS DE LAS DETERMINACIONES  
DE % NITROGENO NECESARIOS PARA CALCULAR UNP

Al analizar estadísticamente los datos reportados en el Cuadro 24, se encontró que no hubo diferencias significativas entre %NPPC y %NPH, ni para los lotes %NPC5.5 y %NPC8.7. Tampoco las hubo entre las 6 diferentes determinaciones de cada lote. Todo esto con un  $\alpha$  de 0.5 (Apéndice D).

- % NPPC :** %Nitrógeno en la pata izquierda de ratas pertenecientes a la dieta K *scoparia* planta completa
- % NPH :** %Nitrógeno en la pata izquierda de ratas pertenecientes a la dieta de hojas de K *scoparia*
- % NPC5.5 :** %Nitrógeno en la pata izquierda de ratas pertenecientes a la dieta control de caseína al 5.5% de fibra
- % NPC8.7 :** % Nitrógeno en la pata izquierda de ratas pertenecientes a la dieta control de caseína al 8.7% de fibra
- % NPNP :** % Nitrógeno en la pata izquierda de ratas pertenecientes a la dieta libre de nitrógeno

A = promedio del nitrógeno del cuerpo de las ratas alimentadas con dieta problema

B = Promedio del nitrógeno del cuerpo de las ratas alimentadas con dieta libre de nitrógeno

C = Promedio de nitrógeno ingerido de la dieta problema.

El Cuadro 24 presenta una compilación de datos obtenidos de las determinaciones de % de nitrógeno en las extremidades inferiores izquierdas (patas) de ratas pertenecientes a los lotes alimentados con las dietas experimentales y la dieta control libre de nitrógeno. También se presenta el tratamiento estadístico de los mismos. De la misma forma, el Cuadro 25 muestra un resumen de los valores promedio del % de nitrógeno obtenido en cada caso.

Lote	g N promedio /100 g en la pata izquierda
K. <i>scoparia</i> planta completa	3.4245
K. <i>scoparia</i> hojas	3.0735
Control de caseína al 5.5% de fibra	3.0175
Control de caseína al 8.7% de fibra	3.0328
Libre de nitrógeno	1.2533

Cuadro 25  
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LAS PATAS IZQUIERDAS DE LAS RATAS PERTENECIENTES A LOS DIFERENTES LOTES

En el Cuadro 26 se presentan los valores calculados de UNP para las dos dietas experimentales y sus controles de cascina.

	Dieta de Nacerrita planta completa	Dieta de Nacerrita hojas	Dieta control de cascina al 8.7% de fibra	Dieta control de cascina al 5.5% de fibra
UNP	36.89	40.03	72.79	69.54

Cuadro 26  
VALORES DE UNP OBTENIDOS  
PARA LAS DIETAS EXPERIMENTALES

#### 4.6 DIGESTIBILIDAD

En el presente trabajo se manejaron dos valores de digestibilidad; digestibilidad aparente y digestibilidad verdadera. Para el cálculo de ambas se emplearon las ecuaciones presentadas en la Figura 6:

$$D = \frac{N_{\text{absorbido}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

$$D_{\text{aparente}} = \frac{N_{\text{ingerido}} - N_{\text{fecal}}}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

$$D_{\text{verd}} = \frac{N_{\text{ing}} - (N_{\text{fecal}} - N_{\text{fecal}}(\text{endógeno}))}{N_{\text{ingerido}}} \times 100$$

Figura 6  
ECUACIONES PARA EL CALCULO DE LA DIGESTIBILIDAD,  
DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA

Determinación	% NFPC	% NFH	%NFC5.5	%NFC8.7	% NFE
1	1.6432	1.7564	0.5007	0.7145	0.2319
2	1.1983	1.5984	0.6904	0.9009	0.2010
3	1.4621	1.6400	0.5285	0.6931	0.2359
4	1.5839	1.5674	0.7271	0.7699	0.2115
5	1.1390	1.4094	0.5374	0.5835	0.2424
6	1.3201	1.5258	0.6993	0.7913	0.2075
promedio	1.3911	1.5829	0.6139	0.7422	0.2217

**Cuadro 27**  
**DATOS OBTENIDOS DE LAS DETERMINACIONES DE % NITRÓGENO**  
**NECESARIOS PARA CALCULAR DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA**

No se encontraron diferencias significativas entre %NFPC y %NFH, ni para %NFC5.5 y %NFC8.7. Tampoco se encontraron diferencias entre las determinaciones para los diferentes lotes trabajados. Se trabajó estadísticamente con un  $\alpha$  de 0.5.

**% NFPC :** %Nitrógeno fecal determinado en el lote de ratas alimentado con la dieta de *K. scoparia* planta completa

**% NFH :** %Nitrógeno fecal determinado en el lote de ratas alimentado con la dieta de hojas de *K. scoparia*

**% NFC5.5 :** % Nitrogeno fecal determinado en el lote de ratas alimentado con la dieta de caseína al 5.5% de fibra

**%NFC8.7 :** % Nitrogeno fecal determinado en el lote de ratas alimentado con la dieta de caseína al 8.7% de fibra

**% NFE :** %Nitrógeno fecal determinado en el lote de ratas alimentado con la dieta libre de nitrógeno (%Nitrógeno fecal endógeno)

El Cuadro 28 presenta una síntesis de los valores de digestibilidad aparente y verdadera para las dos dietas experimentales.

Lote	% Digestibilidad aparente	% Digestibilidad verdadera
Kochia scoparia planta completa	29.55	25.28
Kochia scoparia hojas	33.98	29.41
Cascina al 5.5% de fibra	87.72	92.16
Cascina al 8.7% de fibra	86.92	90.82

Cuadro 28  
VALORES DE DIGESTIBILIDAD  
OBTENIDOS PARA LAS DIETAS EXPERIMENTALES

## 4.7 AMINOGRAMA

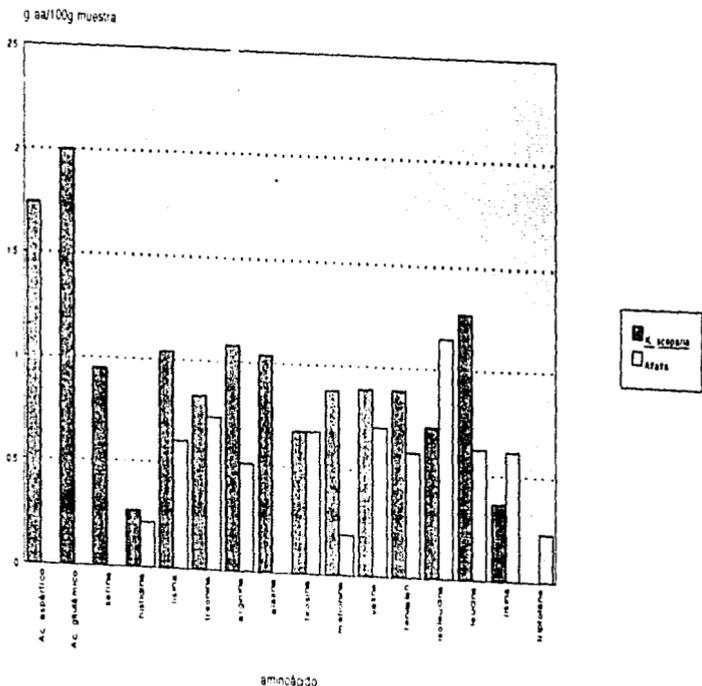
El resultado del análisis de aminoácidos totales en la muestra correspondiente a la planta completa de *Kochia scoparia* realizado gracias al apoyo del Instituto de Investigaciones Biomédicas por medio de su Unidad de Análisis de Aminoácidos y CLAR ó HPLC, se presenta en el Cuadro 29, comparado con su similar de *M. sativa* (alfalfa). De la misma manera, se presentan en la Gráfica 2.

Aminoácido	<i>K. scoparia</i> g/100g	<i>M. sativa</i> g/100g
ac aspártico	1.74	b
ac glutámico	2.00	b
serina	0.95	b
histidina	0.28	0.22
lisina	1.04	0.61
treonina	0.83	0.73
arginina	1.08	0.51
alajina	1.04	b
tirosina	0.68	0.26
metionina	0.88	0.19
valina	0.89	0.71
fenilalanina	0.89	0.59
isoleucina	0.72	1.15
leucina	1.27	0.62
lisina	0.37	0.61
triptófano	0.00	0.22

Cuadro 29  
AMINOGRAMA

- (a) gramos requeridos por 100g de dieta  
(b) datos no reportados

AMINOGRAMA PARA PROTEÍNA DE *K. scoparia* Y *M. sativa* (ALFALFA).  
 GRAFICA 2



Se puede apreciar que K. scoparia carece de un aminoácido esencial que es el triptofano, en comparación con M. sativa la cual contiene 0.22g/100g muestra. Asimismo K. scoparia presenta un contenido bajo en isoleucina y lisina. Al comparar el resto de los aminoácidos se puede observar que presenta niveles similares y en ocasiones superiores al de M. sativa. Cabe aclarar que en el caso de los ácidos aspártico y glutámico y de la serina y alanina no fué posible su comparación debido a que no se tuvo el reporte del contenido de éstos en M. sativa.

No se realizaron análisis de ácido oxálico ni de nitratos por lo que se recomienda, cuando se lleven a cabo este tipo de estudios considerar estas dos variables.

A continuación se presentan fotografías y textos que describen algunos estudios histopatológicos realizados después de sacrificar a los animales de prueba.

## DIETA DE CASEÍNA AL 5.5% DE FIBRA

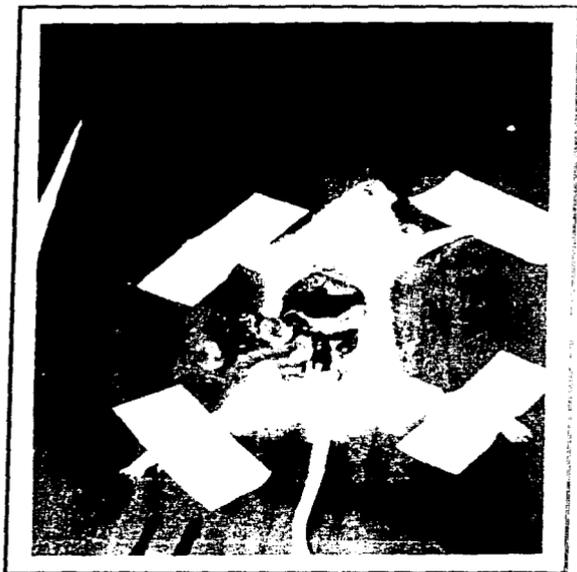


**DESCRIPCIÓN:** Se observa una coloración rojo intenso, propio de un hígado sano, así como una coloración rosa característica de intestinos en buen funcionamiento. El diafragma se encuentra firme y de buen aspecto, el músculo de la cavidad torácica está bien desarrollado. Pelo, dientes y uñas firmes, no presenta distrofias. Desarrollo testicular normal. Color de patas, cola y orejas rosado.

**DIETA DE CASEÍNA AL 8.7% DE FIBRA**



**DESCRIPCIÓN:** Presenta las mismas características citadas con anterioridad pero en este caso, se puede comprobar que presenta riñones y páncreas con coloraciones normales.

DIETA DE K. scoparia PLANTA COMPLETA

**DESCRIPCIÓN:** Se observan hígado, riñones y páncreas con coloración anormal. El intestino presenta inflamación y retención de gases en algunas zonas. El diafragma se observa débil. Distrofia muscular, caída de pelo, dientes y uñas débiles. Desarrollo testicular nulo. Color de patas, cola y orejas rosa tenue.

**DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA  
vs DIETA CASEÍNA AL 8.7% FIBRA**



**DESCRIPCIÓN:** Se observa marcado desarrollo muscular en la rata alimentada con dieta de caseína al 8.7% de fibra en contraste con la distrofia muscular que presentó la rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa.

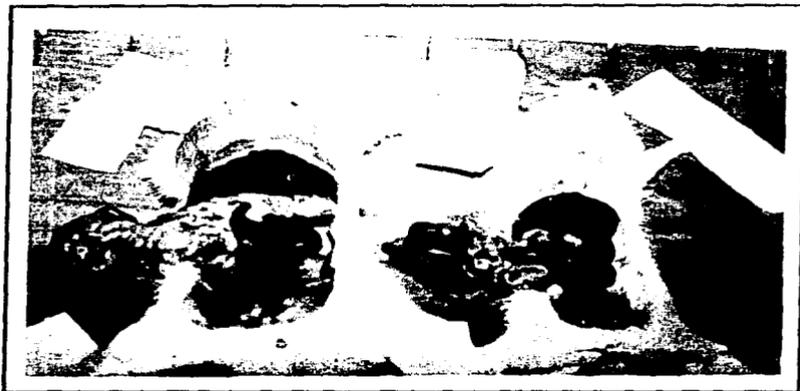
Los intestinos de esta última rata certifican la extremada inflamación debida a la retención de gases y a la gran cantidad de materia fecal contenida, todo esto en comparación a la rata alimentada con la dieta de caseína al 8.7% de fibra que se observa con un funcionamiento normal.

**DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA  
vs DIETA CASEÍNA AL 8.7% FIBRA**



**DESCRIPCIÓN:** La diferencia de tamaños es muy notable. La rata alimentada con la dieta de caseína al 8.7% de fibra midió 22.4cm por solamente 14.8cm de la rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa.

DIETA K. scoparia HOJAS vs  
DIETA CASEÍNA AL 5.5% FIBRA



**DESCRIPCIÓN:** Se observa marcado desarrollo muscular en la rata alimentada con dieta de caseína al 5.5% de fibra en contraste con la distrofia muscular que presentó la rata alimentada con la dieta de K. scoparia hojas.

DIETA K. scoparia HOJAS

**DESCRIPCIÓN:** Presenta las mismas características que la rata alimentada con dieta de K. scoparia planta completa aunque la distrofia muscular no está tan acentuada.

DIETA K. scoparia HOJAS vs  
DIETA CASEÍNA AL 5.5% FIBRA



**DESCRIPCIÓN:** La diferencia de tamaños es bastante notable. La rata alimentada con la dieta de caseína al 5.5% de fibra midió 23.1cm por solamente 16.2cm de la rata alimentada con la dieta de K. scoparia hojas.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

DIETA CASEÍNA AL 5.5% FIBRA vs  
DIETA CASEÍNA AL 8.7% FIBRA



**DESCRIPCIÓN:** No se observa diferencia evidente entre las ratas alimentadas con las dietas de caseína al 5.5% y 8.7%de fibra respectivamente. Ambas presentan un desarrollo normal.

DIETA K. scoparia HOJAS vs  
DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA



**DESCRIPCIÓN:** La única diferencia aparente que presentan las ratas alimentadas con las dietas de K. scoparia es el hecho de que la rata alimentada con la dieta de K. scoparia hojas no presenta una distrofia muscular tan marcada, como la rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa.

DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA

**DESCRIPCIÓN:** Se observa el diminuto tamaño que presenta esta rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa, así como su deficiente crecimiento. Muestra falta de color en cola, patas, hocico y orejas observándose un color rosa pálido. Su mucosa nasal es deficiente y presenta daños en el ano. Sus uñas son quebradizas y su pelo es débil y se cae con facilidad.

DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA

**DESCRIPCIÓN:** Se observa el diminuto tamaño que presenta esta rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa, así como su deficiente crecimiento. Muestra falta de color en cola, patas, hocico y orejas observándose un color rosa pálido. Su mucosa nasal es deficiente y presenta daños en el ano. Sus uñas son quebradizas y su pelo es débil y se cae con facilidad.

DIETA K, sconaria HOJAS



**DESCRIPCIÓN:** Presenta las mismas características anteriormente, con la única diferencia de que tiene menos dañado el ano.

DIETA CASEÍNA AL 5,5% FIBRA vs.  
DIETA *K. scoparia* HOJAS



Ver la siguiente página



**DESCRIPCIÓN:** Se observa el gran tamaño de 22.4 cm que alcanza la rata alimentada con la dieta de caseína al 5.5% de fibra, y su buen crecimiento. Presenta buen color rosado en cola, patas, hocico y orejas. Buena lubricación nasal y ningún problema al defecar, buen estado anal. Uñas y pelo fuertes. Todo esto en contraste a la rata alimentada con la dieta de K. scoparia hojas, la cual mide 14.8cm y presenta las características contrarias.

DIETA CASEÍNA AL 8.7% DE FIBRA vs.  
DIETA K. scoparia PLANTA COMPLETA



**DESCRIPCIÓN:** Se presentan las diferencias de pesos alcanzados por la rata alimentada de caseína al 8.7% de fibra que fué de 151.4g y por la rata alimentada con la dieta de K. scoparia planta completa que fué de 44.0g.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Esta especie de Kochia scoparia cosechada en su inicio de floración, presenta un alto contenido de proteína (22.57% en base seca en el análisis de la planta completa y de 24.18% en base seca analizando sólo las hojas) lo cual puede representar una buena opción como alimento para rumiantes.

Puede descartarse su posible empleo como base para alimento de animales de laboratorio debido a lo siguiente:

a) Se obtuvieron valores negativos durante el ensayo de relación de eficiencia de proteína (REP) (-0.017 para la dieta elaborada con planta completa y -1.94 para la dieta con hojas) que evidencia que la K. scoparia no promueve crecimiento alguno en estos animales. Se descartan errores en la determinación debido a que los controles de caseína tuvieron un desarrollo normal presentando valores de REP de 2.53 y 2.64 para la dieta con 8.7% y 5.5% de fibra respectivamente.

b) Al comparar los valores de la relación neta de proteína (RNP) obtenidos entre los lotes control de caseína y los de experimentación de K. scoparia, la diferencia es evidente. Mientras que los controles de caseína presentaron valores de 2.79 y 2.95 para las dietas con 8.7% y 5.5% de fibra respectivamente, los valores obtenidos de las dietas experimentales fueron: 0.37 para la dieta que contiene la planta completa y 0.45 para la dieta con hojas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

118

c) De la misma manera, los valores obtenidos de la utilización neta de proteína, tanto para los lotes control como los de experimentación, fueron muy diferentes ya que los primeros fueron de 72.79 y 69.54 para las dietas al 8.7% y 5.5% de fibra respectivamente, mientras que para la dieta de Kochia scoparia planta completa y hojas, los valores fueron de 36.89 y 40.03 respectivamente.

d) La digestibilidad verdadera calculada para las dietas de Kochia scoparia fue: para la planta completa 25.28% y para la dieta de hojas 29.41%. Estos valores contrastan con los obtenidos para las dietas control de caseína al 8.7 % y 5.5% de fibra que fueron de 90.82% y 92.16% respectivamente.

e) Gran parte de lo anterior puede explicarse con el aminograma realizado, donde se aprecia que la planta de Kochia scoparia carece de triptófano el cual es un aminoácido esencial para la rata, así como posibles factores antinutricios que deberán ser estudiados con mayor profundidad.

f) Al comparar el aspecto físico que presentaron las ratas que conformaban los lotes alimentados con las dietas a base de Kochia scoparia planta completa y hojas contra aquellas alimentadas con las dietas de caseína al 5.5% y a. 8.7% de fibra (controles) se observa que:

- i) Su talla y su peso fué mucho menor que las ratas control.
- ii) Los dientes y uñas se presentaron frágiles y quebradizos así como caída de pelo. Esto no ocurrió en las ratas control donde hubo un desarrollo normal.

iii) El color de patas, cola y orejas fué pálido a diferencia de los controles los cuales presentaron un color rosado.

iv) Al realizar la exploración de los órganos internos se observaron hígado, riñones y páncreas histéricos, el intestino presentó inflamación así como la presencia de distrofia muscular, todo esto a comparación de las ratas control las cuales presentaron coloraciones normales, propias de vísceras sanas; así como buen funcionamiento y coloración de intestinos; del mismo modo hubo un buen desarrollo muscular.

En general, las ratas alimentadas con K. scoparia tanto hojas como planta completa presentaron un cuadro de desnutrición general debido a que las dietas de prueba no les proporcionaron la calidad de proteína necesaria para un desarrollo normal.

Debido a que éste es sólo parte de un proyecto multidisciplinario, el cual comenzó con el análisis de las variaciones del contenido de proteína según el estado de maduración de la planta y gracias al mismo se pudo saber que el inicio de la floración es el momento en el cual se alcanza un máximo y por tanto es en esta etapa donde es mejor cosechar.

Sin embargo, es necesario continuar con los estudios referentes a su posible empleo como forraje. Es importante profundizar en la determinación de su contenido de oxalatos y nitratos para lo cual se propone un estudio mas completo donde se analicen los contenidos de oxalatos, nitratos y proteína según el estado de maduración de K. scoparia en donde se busque el estado de maduración al cual, no se sacrifique el contenido de proteína pero se tengan las concentraciones mínimas de los factores antinutricionales.

De igual manera se propone continuar con la determinación de la digestibilidad in vitro con líquido ruminal para posteriormente hacerlo in vivo con ganado bovino.

También se cree que es importante establecer una red de investigadores de las diferentes Universidades e institutos que puedan estar estudiando este mismo campo para poder crear una línea de retroalimentación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, J. M., 1993. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 1995. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 1996. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 1997. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 1998. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 1999. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2000. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2001. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2002. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2003. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2004. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2005. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2006. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2007. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2008. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2009. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2010. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2011. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2012. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2013. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2014. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2015. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2016. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2017. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2018. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2019. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2020. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2021. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2022. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2023. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2024. *El agua en España*. Madrid: Alianza.
- Alfaro, J. M., 2025. *El agua en España*. Madrid: Alianza.

- AOAC, 1984. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS**. Helrich, K., ed. Arlington, EEUUA.
- Alba, J. 1981. **Alimentación del ganado en América Latina**. La Prensa Médica Mexicana. Vol 2, 15, 35-38. México.
- Anaya, M. 1995. ***Kochia scoparia*: una opción forrajera para zonas áridas semiáridas**. Pub. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO) México.
- Badui, S. 1993. **Química de los alimentos**. Ed Alhambra. México.
- Bell, R.H.V. 1981. **A grazing ecosystem in the Serengeti**. Sci. Am., 225(1):86-93.
- Benevenga, N.J. 1995. **Nutrient Requirements of Laboratory Animals**. National. Research Council. National Academic Press. Washington, D.C. EEUUA.
- Bigwood, E.J. 1982. **Protein and aminoacid functions**. Pergamon Press. Londres, Inglaterra.
- Chargoy, C. 1988. **Digestión ruminal**. Pub. Dirección de Difusión Cultural, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Church, D.C. 1984. **Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes**. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Cohen, R.D.H. 1989. **The effect of amoniation on the feed value of tall wheat grass compared to Kochia at two stages of maturity and to alfalfa**. En: **Improving the agronomics and feed value of Kochia**. (Final Report). Edited by Coxworth, E.; Green, D. y Kernan J.A. Saskatchewan Research Council. Technical Report No 221. Saskatchewan, Canadá.

Conde-Díaz, E. 1993. *Kochia scoparia*, una planta silvestre de zonas semiáridas y su uso potencial como forraje. Tesis profesional. Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

Coxworth, E. 1988. Potential antinutritive components of *Kochia*: Nitrate. En: Improving the agronomics and feed value of *Kochia* (Final Report). Edited by Coxworth, E., Green, D. y Kernan J.A. Saskatchewan Research Council. Technical Report No 221. Saskatchewan, Canadá.

Devlin, M. 1989. *Bioquímica con aplicaciones médicas*. Ed. Interamericana. México.

Durham, R.M. 1982. *Kochia*: its potencial forage production. *Herbage Abstr.*, 52(2):71.

Espinoza, P. J. 1985. Viabilidad y germinación bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura de la semilla de *Kochia scoparia*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Guaymas, Sonora, México.

Flores, M. E. y Nava, V. G. 1985. Viabilidad y germinación de *Kochia scoparia* bajo tratamientos con dos fitoreguladores. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Nuevo León, Monterrey, México.

Flores, M. J. A. 1980. *Bromatología Animal*. Ed. Limusa. México, D.F.

Gutiérrez, L. 1979. Análisis toxicológicos de los alimentos para animales. En: Memorias del curso de actualización sobre análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH. México.

Hanson, J. 1988. Farmers trials and experience with *Kochia*. En: Improving the agronomics and feed value of *Kochia* (Final Report). Edited by Coxworth, E.,

- Green, D. y Kernan J.A. Saskatchewan Research Council. Technical Report No 221. Saskatchewan, Canadá.
- Harper, 1994. **Bioquímica de Harper**. Ed Interamericana. México.
- Haupt, T.R. 1983. Urea utilization by rabbits fed a low protein diet. *Am. J. Physiol.* 205:1144-1150.
- Intosch, C.H. 1972. Chronic oxalate poisoning. *Aust. Vet. J.* 48(9):535.
- Janis, C. 1986. The evolutionary strategy of the equidae and the origins of ruman and cecal digestion. *Evolution.* 30 744-757.
- Karachi, M. K. 1989. The quality and toxic principles in Kochia scoparia. *Herbage Abts.* 59(6):216.
- Lucas, B. 1993. **Memorias del Curso Metabolismo y Nutrición**. UNAM. México.
- Macrae, R. 1993. **Encyclopaedia of Food Science. Food Technology and Nutrition**. Academic Press Limited. Somerset, Reino Unido.
- Mc Donald, R.A. 1986. **Nutrición Animal**. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Moir, R.J. 1988. Ruminant like digestion in a marsupial. *Nature.* 173:269-270.
- Nieto, A. 1990. Kochia un forraje excepcional. Windy Acres Farm. Texas, EEUUA.
- Pellett, P.L. 1980. **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. Pub. The United Nations University. Tokio, Japón.
- Schaller, G.B. 1988. **The deer and the tiger**. University of Chicago Press. Chicago, EEUUA.

Sherrod, L.B. 1983. Nutritive value of Kochia scoparia. Agron. J. 63:343-344.

Smith, D.T. 1990. Postemergence control of Kochia and Russian thistle in early Spring. Agron. J. 67:752-754.

Sosulski, K. 1988. Effect of stage of maturity on yield, feed value and constituents of Kochia forage grown on a saline soil. En: Improving the agronomics and feed value of Kochia (Final Report). Edited by Coxworth, E., Green, D. y Kernan J.A. Saskatchewan Research Council. Technical Report No 221. Saskatchewan, Canadá.

Taylor, C. y Ralphs, M. 1988. The importance of poisonous plants and forage in the prairies and Southwest. En: The ecology and economic impact of poisonous plants on livestock production. Eds. Lynn, F.J.; Michael, H. R. y Darwin, B. N. USDA-ARS, Society for Range Management and the Utah Agricultural Experiment Station. Utah, EEUUA.

Waller, S.S. 1983. Germination characteristics of two varieties of Kochia prostrata. J. Rang. Manag. 36:242-245.

Yang, M.G. 1974. Laboratory Animals in Nutritional Research. En: Methods of Animal Experimentation. Ed. Academic Press. Nueva York, EEUUA.

## APÉNDICES

## APÉNDICE A

### TÉCNICAS ANALÍTICAS EMPLEADAS

**HUMEDAD.** Se pesaron 2-3g de muestra preparada en un pesafiltro con tapa, que fué previamente pesado después de ponerlo a peso constante dos horas a  $130^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Se secó la muestra una hora a la estufa a  $130^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$  con la tapa del pesafiltro a un lado. Se retiró de la estufa, se tapó, se dejó enfriar en desecador y se pesó tan pronto como se equilibró con la temperatura ambiente

**CENIZAS.** Se pesaron aproximadamente de 3 a 5g de muestra en un crisol previamente tarado después de meterlo a la mufla dos horas a  $600^{\circ}\text{C}$ . Se calcinó la muestra. Para ello se carbonizó primero con mechero hasta que no se desprendieran humos y se metió a la mufla cuidando que la temperatura no pasara de  $550^{\circ}\text{C}$ . Se suspendió el calentamiento cuando las cenizas estuvieron blancas o grises, aproximadamente después de dos a tres horas. Se enfrió en desecador y se pesó.

**PROTEÍNA.** Se pesaron en balanza analítica de 0.5 a 1.0g de muestra en papel delgado blanco, y con todo y papel se introdujo en un matraz de Kjeldahl de 800mL; se agregaron 0.3g de sulfato de cobre pentahidratado, 5g de sulfato de sodio, 15mL de ácido sulfúrico concentrado y se añadieron perlas de vidrio para regular la ebullición en la destilación. Se colocó el matraz en el digestor del aparato Kjeldahl, se abrió el extractor del vacío y se calentó hasta la total destrucción de la materia orgánica. Después de dos horas se retiró la solución completamente cristalina.

Una vez fría se diluyó con 350mL de agua destilada y se colocó en baño de hielo. Se agregaron 40mL de una solución concentrada de hidróxido de sodio, que también fué enfriada sobre hielo. Se adicionaron 0.2g de polvo de zinc y se conectó inmediatamente el matraz a la trampa de Kjeldahl, unida al refrigerante que, a su vez, estaba conectada a una alargadera introducida en 50mL de ácido clorhídrico 0.1N, contenidos en un matraz Erlen meyer de 500mL, y adicionados de 5 gotas de indicador rojo de metilo 0.1% en alcohol.

Una vez conectado se agitó y se colocó en la parrilla ya caliente del destilador. Se destilaron aproximadamente 250mL. Fue titulado el exceso de ácido con solución valorada de hidróxido de sodio 0.1N hasta virre amarillo del indicador. De la misma manera se elaboró un blanco.

**EXTRACTO ETÉREO.** Fueron pesados entre 4 y 5 g de muestra en un cartucho especial de celulosa, el cual fué tapado con algodón y colocado en el extractor. Por otro lado se puso a peso constante el matraz utilizado para la extracción. Se adicionaron 40mL de éter etílico y se mantuvo en reflujo durante cuatro horas. Pasado este tiempo se recuperó el éter y el matraz fue colocado en una estufa a 100°C durante dos horas. Se enfrió y se pesó.

**FIBRA CRUDA.** Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y seca. Se colocó en un vaso digestor junto con 200 mL de solución de ácido sulfúrico al 1.25% (0.255N) hirviente y se reflujo durante 30 min. Pasado este tiempo se filtró a través de papel de seda especial usando vacío al mismo tiempo que se lavó con agua caliente. El residuo se regresó cuantitativamente al digestor repitiéndose la operación esta vez con 200 mL de hidróxido de sodio al 1.25% (0.313 N) hirviente.

Una vez pasados los 30 min de reflujo se volvió a filtrar sobre el mismo papel de seda, se lavó con 25 mL de ácido sulfúrico al 1.25%, con tres porciones de 50 mL de agua caliente y finalmente con 25 mL de alcohol.

Se pasó cuantitativamente el residuo a un vaso de precipitados lavado con agua y se filtró sobre un crisol. Se llevó a la estufa a  $130^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , se enfrió y pesó. Fué calcinado en la mufla a  $600^{\circ}\text{C}$  durante 30 min, enfriado y pesado.

**APÉNDICE B**  
**COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DE VITAMINAS**  
**SEGÚN AIN-76A**

Vitamina	g/kg de mezcla
tiamina HCl	0.6
riboflavina	0.6
piridoxina HCl	0.7
niacina	3.0
pantotenato de calcio	1.6
ácido fólico	0.2
biotina	0.02
vitamina B12 (0.01% triturado en manitol)	1.0
palmitato de vit. A seca (500U/g)	0.8
acetato de vit. E seca (500U/g)	10.0
vit. D3 triturada (400U/g)	0.25
complejo de bisulfito de sodio y menadion	0.15
polvo fino de sacarosa	981.08

Disñada para ser empleada a un nivel de 1% en la dieta. (10g/kg)

**Referencia:**

Second Report of ad hoc Committee of Standards for Nutritional Studies (1980). J. Nutrition 110:1726. Report of the American Institute of Nutrition ad hoc Committee on Standards for Nutritional Studies (1977). J. Nutrition 107:1340-1348.

## APÉNDICE C

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DE MINERALES  
SEGÚN ROGER & HARPER

Mineral	Fórmula	g/kg de mezcla
Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ $4\text{H}_2\text{O}$	0.025
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$	292.9161
Fosfato dibásico de Ca	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4.3002
Sulfato cuproso	$\text{CuSO}_4$	1.5601
Citrato férrico, USP	(16.7% Fe)	6.2303
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	99.8055
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.2101
Yoduro de potasio	KI	0.0050
Fosfato monobásico de potasio	$\text{KH}_2(\text{PO}_4)$	343.1189
Cloruro de sodio	NaCl	250.6138
Selenito de sodio	$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	0.0150
Cloruro de zinc	$\text{ZnCl}_2$	0.2000

Diseñada para ser empleada a un nivel de 5% en la dieta.

**Referencia:**

Rogers, Q. R. & Harper, A. E. (1965). J. Nutrition 87:267-273.  
(modificada).

**APÉNDICE D**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON EL PAQUETE  
GLAXSTAT.**

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lluvia has 2 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: planta hojau  
MEAN: -0.087500 2.214125  
VAR: 0.079865 0.78874#

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5982913	7	7	27.2702	2.276047

P = .7429125

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
38.99049	1	7	21.18991	3.804245

P = 4.265555E-04

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lluvia has 2 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: planta hojau  
MEAN: -0.087500 2.214125  
VAR: 0.079865 0.788748

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5982913	7	7	27.2702	2.276047

P = .7429125

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
38.99049	1	7	21.18991	3.804245

P = 4.265555E-04

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lluvia has 2 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: planta hojas  
MEAN: -0.087500 2.214125  
VAR: 0.079865 0.788748

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5982913	7	7	27.2702	2.276047

P = .7429125

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
38.99049	1	7	21.18991	3.804245

P = 4.265555E-04

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lluvia has 2 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: planta hojas  
MEAN: -0.087500 2.214125  
VAR: 0.079865 0.788748

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5982913	7	7	27.2702	2.276047

P = .7429125

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
38.99049	1	7	21.18991	3.804245

P = 4.265555E-04

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: IPPC IPH  
MEAN: -2.532500 -2.813750  
VAR: 16.89345 15.57552

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.4680076	7	7	227.5992	72.45879

P = .831081

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
1.430556E-02	1	7	.3164063	154.824

P = .9081558

There is NOT a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: IPPC IPH  
MEAN: -2.532500 -2.813750  
VAR: 16.89345 15.57552

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.4680076	7	7	227.5992	72.45879

P = .831081

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
1.430556E-02	1	7	.3164063	154.824

P = .9081558

There is NOT a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 4 5  
NAME: AIPC AIH  
MEAN: 179.783 150.443  
VAR: 1199.469 394.047

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
3.319168	7	7	14598	8572.062

P = .0680295

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
9.333023	1	7	3443.344	2582.594

P = 1.845279E-02

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 4 5  
NAME: AIPC AIH  
MEAN: 179.783 150.443  
VAR: 1199.469 394.047

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
3.319168	7	7	14598	8572.062

P = .0680295

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
9.333023	1	7	3443.344	2582.594

P = 1.845279E-02

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

a:\lupita has 5 samples/variables.  
How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 3  
NAME: IPPC IPNP  
MEAN: -2.532500 -9.600001  
VAR: 16.89345 5.385709

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5131617	7	7	355.7523	52.88904

P = .8007485

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
13.56995	1	7	199.7982	103.0651

P = 7.820918E-03

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

A:\LUPLUV has 3 samples/variables.

How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: %NPPC %NPH  
MEAN: 3.424500 3.073550  
VAR: 0.001207 0.006551

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
.5330118	5	5	.4083023	1.348877E-02

P = .7467428

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
73.00573	1	5	.3695068	.0253067

P = 3.615928E-04

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

A:\LUPLLUU has 3 samples/variables.

How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 3  
NAME: %NPPC %NPNP  
MEAN: 3.424500 1.251300  
VAR: 0.001207 0.089706

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
1.059098	5	5	14.5969	.2338028

P = .475648

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
320.3154	1	5	14.14234	.2207565

P = 9.989786E-06

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

A:\DIGEST has 3 samples/variables.

How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 2  
NAME: %NFPC %NPH  
MEAN: 1.391100 1.582900  
VAR: 0.042307 0.013441

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
4.601518	5	5	.3890972	.2289753

P = 5.965925E-02

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
11.08916	1	5	.1103611	4.976082E-02

P = 2.077809E-02

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?

TWO-WAY ANALYSIS OF VARIANCE

A:\DIGEST has 3 samples/variables.

How many variables do you want to include in the ANOVA? 2  
Enter these 2 sample numbers:

Sample #: 1 3  
NAME: %NFPC %NFE  
MEAN: 1.391100 0.221700  
VAR: 0.042307 0.000294

F (ROW)	df N	df D	TOTAL SS	ROW SS
1.026512	5	5	4.31549	.1078935

P = .4888961

There is NOT a significant difference between ROWS

F (COLUMN)	df N	df D	COL SS	RESIDUAL
195.1581	1	5	4.10249	.1051068

P = 3.374367E-05

There is a significant difference between COLUMNS

Do you want to perform another ANALYSIS OF VARIANCE  
using this datafile?