



2
300627
201

UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA UNAM**

**EMPLEO DE LA UREA PARA INCREMENTAR
LA DIGESTIBILIDAD Y EL CONTENIDO
NITROGENADO DE LA PAJA DE AMARANTO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO-FARMACEUTICO-BIOLOGO
P R E S E N T A
MARIA MERCEDES ALONSO APARICIO



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

CAPITULACION.

I INTRODUCCION

II OBJETIVOS

III GENERALIDADES

- 1) Composición y estructura de la paja en general.
 - a) Celulosa (reacciones químicas y biológicas).
 - b) Hemicelulosa.
 - c) Pectinas.
 - d) Lignina.
 - e) Sílice.
 - f) Proteínas.
 - g) Otros componentes.
- 2) Uso de la paja en la alimentación animal.
 - a) Forrajes toscos.
 - b) Utilización de la paja por los rumiantes.
 - c) Anatomía y fisiología del sistema digestivo del rumiante.
- 3) Tratamientos para mejorar el valor nutritivo de las pajas.
 - a) Físicos.
 - b) Biológicos.
 - c) Químicos.
- 4) Descripción y clasificación botánica del Amaranto.
- 5) Composición química del Amaranto.
 - a) Nitratos.
 - b) Oxalatos.

IV MATERIAL Y METODOS.

V RESULTADOS Y DISCUSION.

VI CONCLUSION.

VII BIBLIOGRAFIA.

I INTRODUCCION.

Uno de los principales problemas de actualidad es el abastecimiento de alimentos de alto valor proteico para la población humana, debido a que la demanda de proteínas aumenta en forma acelerada (75); ya que existe una diferencia entre el ritmo con que crece la población y la producción de alimentos en el mundo (5).

Los animales juegan un papel muy importante en la nutrición humana, importancia que ha ido aumentando con el tiempo, por lo mencionado anteriormente, obteniéndose las proteínas de fuentes animales (30).

Es un hecho que, en países con bajo consumo de proteínas (50 % de la población mundial), solamente el 5% de los cereales son destinados a la alimentación animal y por tanto a la producción de proteína, y el resto se utiliza directamente para la alimentación humana (5,75). En países con alto consumo de proteínas, el 62% de la producción de cereales se destina a la alimentación animal y consecuentemente a la producción de proteína (75).

Los animales siempre serán una de las principales fuentes de alimentación humana, sobre todo en lo que se refiere al aporte proteico. Entre las principales especies se encuentran la porcina, ovina, bovina, roedores y peces. Los ruminantes tienen una importancia muy especial, ya que aportan alrededor de la mitad de la carne producida en el mundo y prácticamente toda la producción de leche. Es de consideración, por tanto, cuanto contribuya a mejorar su nutrición y condiciones de vida (9).

Los ruminantes, en general, consumen alimentos que no son apetecibles o que resultan de difícil digestión y bajo valor nutritivo tanto para el hombre como para los animales monogástricos, por esto como tienen la capacidad de transformar tales alimentos de escaso valor alimenticio en otros de mayor provecho para la especie humana, es factible su utilización en la nutrición animal (9,75).

Actualmente, resultan insuficientes las fuentes de abastecimiento proteico para la población mundial, así como los piensos para animales, por lo tanto es positivo dar énfasis al aprovechamiento de aquellos subproductos agrícolas que comúnmente no se utilizan, como son las pajas de los cereales, los residuos de madera y otros desechos lignocelulósicos como los residuos de papas y otros; o bien desechos animales como las excretas susceptibles de ser utilizados por los ruminantes (4,28,32,33,58). Las pajas de cereales, entre otros, son residuos de cosechas que, por su disponibilidad, bajo costo, y fácil conservación representan un potencial utilizable para la alimentación y fomento de la ganadería (32).

La mayoría de los esquilmos agrícolas en México se queman o se incorporan al suelo, aprovechándose sólo el 25% para la alimentación animal, proporción que con el uso de técnicas adecuadas se podría elevar significativamente (4,11,22).

Las pajas y rastrojos se encuentran disponibles en muchos países en grandes cantidades, pero a pesar de ser una buena fuente de carbohidratos, tienen una baja digestibilidad, lo cual limita en cierto grado la alimentación para el ganado. Este, es un aspecto que puede ser técnicamente superado (65).

Para aumentar la digestibilidad de las pajas, se han utilizado diferentes métodos: físicos, químicos y biológicos, siendo los dos últimos los que han tenido mejores resultados (55).

En México, algunos de estos tratamientos han sido probados en pajas y rastrojos, generalmente de manera experimental, no siendo utilizados por el ganadero o campesino en forma práctica sea por ignorancia, por el alto costo que representa adquirir el equipo necesario, o por el peligro que significa el empleo de determinados compuestos por personas que no están capacitadas para manejarlos (55).

Una alternativa para tratar de mejorar la digestibilidad de las pajas, sería el emplear productos fácilmente disponibles, de bajo costo y cuya aplicación no sea peligrosa, como la urea y el sulfato de amonio, los cuales han sido usados con este propósito obteniéndose resultados satisfactorios. Ambos se utilizan como fertilizantes, son fáciles de obtener y cuentan con un precio menor que otros compuestos químicos designados a la misma finalidad (16,55).

Los usos más comunes de las pajas son actualmente (4):

- a) alimentación del ganado
- b) fuente de combustible de bajo poder calorífico
- c) punto de partida para la producción de compuestos químicos y biológicos, proteína microbiana y compuestos fenólicos.

Este trabajo se centrará únicamente en el mejoramiento y aprovechamiento de la paja de amaranto como alimento destinado para el ganado.

II OBJETIVOS.

1) OBJETIVO GENERAL.

Aumentar la digestibilidad de la paja de amaranto mediante un tratamiento con urea (a diferentes concentraciones y tiempos de tratamiento), para obtener un mayor aprovechamiento del esquilmo en la alimentación animal.

2) OBJETIVOS PARTICULARES.

- a) Evaluar la composición del material tratado y del testigo en base al análisis químico proximal.
- b) Identificar las fracciones de fibra.
- c) Medir la digestibilidad in vitro, tanto en la materia seca como en la orgánica.
- d) Evaluar la energía en bomba calorimétrica.
- e) Medición del pH.
- f) Determinación de nitrógeno amoniacal.
- g) Determinación de oxalatos y nitratos.

III GENERALIDADES.

1) COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LA PAJA EN GENERAL.

La paja se define como los restos del tallo y hojas de las plantas cultivadas que aparecen en la superficie del terreno después de haberse cosechado los frutos, tiene muy poco valor nutricional, especialmente la paja de cereales y es principalmente usada para producir la saciedad en los animales (4).

La paja contiene celulosa, hemicelulosa, pectinas, lignina, sílice, grupos acetil, lípidos y proteínas; es generalmente pobre en fósforo y nitrógeno (70).

Los diferentes tipos de pajas varían en sus contenidos dependiendo de la variedad, condiciones de crecimiento y otros factores, como son las características del terreno en que se sembró el cereal y la edad a la que se cosechó (4,70).

a) Celulosa.

La celulosa es un polímero de la D-glucosa unido por enlaces beta(1-4) (27). Su fuerte estructura mecánica es característica, al igual que su resistencia a los compuestos químicos (70). La celulosa se encuentra unida al complejo lignina-hemicelulosa, y es uno de los principales factores que afectan la digestibilidad de ésta en el rumen (73,74). También se pueden presentar uniones entre una y otra cadena de celulosa por medio de enlaces cruzados de puentes de hidrógeno, formando la celulosa cristalina (73). El grado de cristalización y polimerización de la celulosa indigerible es variable en las distintas pajas (28), siendo también el componente predominante de las pajas. La única diferencia química entre el almidón y la celulosa, es que la celulosa contiene enlaces beta(1-4) y el almidón alfa(1-4). Esta diferencia le confiere a la celulosa la fuerza física y la rigidez, de manera que, la mayoría de las enzimas secretadas en el tracto intestinal de los animales monogástricos no la puedan atacar (4).

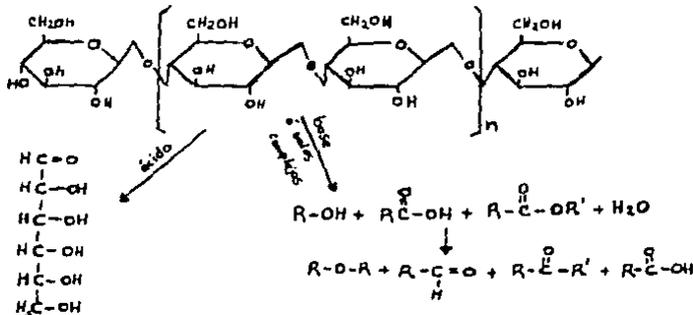
Los rumiantes, sin embargo, pueden utilizar la celulosa por los microorganismos localizados en el rumen, los cuales estan dotados de la enzima celulasa. Esta es una enzima compleja. Actualmente se ha aceptado que hay dos tipos de enzimas susceptibles de intervenir en la degradación de la celulosa nativa, C1 y C2. C1 actúa sobre la celulosa cristalina convirtiéndola en regiones amorfas, de manera que C2 pueda actuar posteriormente. Por otro lado, C1 puede actuar rompiendo o debilitando las fuerzas que cohesionan a la cadena de celulosa (4).

La enzima C2 tiene un modo de acción aún desconocido ya que no se sabe si actúa como una exo o una endo enzima. Pero, de todas maneras, lo más apropiado es usar el término de celulasa para las enzimas C1, C2 y beta-glucosidasa (4).

- Reacciones químicas y biológicas.

Las reacciones de la celulosa se parecen a las de los azúcares simples. Principalmente se encuentran incluidos los grupos reductores potenciales de los residuos de glucosa en los enlaces glucosídicos entre los miembros individuales de la cadena; la celulosa disminuye la acción reductora de la mayoría de los azúcares simples. Por eso las acciones predominantes de la celulosa son aquellas de sus grupos hidroxilo (4).

La posición C-6 es la primaria y la C-2 y C-3 son las secundarias. Los grupos hidroxilos libres reaccionan como alcoholes para formar la adición de compuestos con álcalis y ciertas sales complejas, y, bajo ciertas condiciones, también reaccionan con sodio metálico para formar compuestos celulósicos. Además, los grupos hidroxilos reaccionan para formar ésteres y éteres, y hasta oxidación son convertidos ya sea en grupos carbonílicos o carboxílicos (4).



Los productos de la celulosa y el hidróxido de sodio, llamados Alcalis de celulosa, son usados en la producción de éteres y xantanos de celulosa. También pueden ser preparados varios éteres de celulosa, por reacción de ésta con ácidos orgánicos anhídros. La hidrólisis ácida de la celulosa produce glucosa, la cual puede ser convertida a hexano por reducción con ácido yodhídrico y fósforo rojo, o sorbitol, por reducción con amalgama de sodio (4).

La celulosa puede ser degradada, biológica, química y térmicamente. Los principales productos de la degradación son alcoholes, bióxido de carbono, ácido acético, ácido butírico, ácido propiónico, carbón, bióxido de carbono y agua (4).

b) Hemicelulosa.

La hemicelulosa es un grupo complejo de polisacáridos heterogéneos. Contiene una gran diversidad de enlaces glucosídicos y residuos de azúcares. El fragmento más común es el arabinoxilán, el cual contiene un número variable de enlaces glucurónicos (73). Presentando además, arabinosa, que se halla en los puntos de ramificación. La hemicelulosa es menos cristalina que la celulosa y por consiguiente más soluble y parcialmente digerible por los rumiantes (74).

c) Pectinas.

La pectina consiste en cadenas largas y no ramificadas de ácido poligalacturónico con los grupos carboxilo parcialmente esterificados con alcohol metílico.

Se sabe que algunas veces los grupos acetil sustituyen a los grupos xilano (70). Cuando hay grupos acetil en elevadas cantidades, limitan la digestión de los polisacáridos de la pared celular vegetal, ya que, al desacetilar la paja, su digestibilidad aumenta (7).

d) Lignina.

Se trata de un componente no carbohidratado que resiste a la biodegradación. Es, además, un polímero aromático que contiene un sistema condensado de enlaces de fenil propano que a menudo dificulta la hidrólisis (70,73). La lignina es un polímero aromático tridimensional de fenilpropano alcohol, que actúa como cemento entre la celulosa y las fibrillas. Por esta razón, los organismos lignocelulolíticos son de primera importancia en cuanto se refiere a la degradación de celulosa nativa (4). La cantidad de lignina aumenta con la edad de la planta, le da rigidez y además retarda la penetración de agua a la pared celular determinando una reducción en la digestibilidad de la paja (10,74).

La degradación de la lignina en el tracto digestivo de los

rumiantes queda limitada por la ausencia de oxígeno en la fermentación de la celulosa, puede también suceder a través de hongos aeróbicos por un proceso que requiere meses (70).

Hay evidencia de enlaces covalentes entre la lignina y los carbohidratos (70,73,74). En las gramíneas, el enlace ocurre entre la lignina y la cadena de xilano de alto peso molecular de la hemicelulosa (32).

e) Silice.

El silice es un mineral procedente del ácido opálico polisilícico (74). Este es tomado por la raíz del vegetal como ácido opálico monosilícico y transportado al interior de la planta. El agua que pierde está en la transpiración, deposita el silice en la pared celular, de lo que pudiera inferirse que, se deposita, al mismo tiempo que los polisacáridos, durante la formación de la pared celular secundaria (28).

La cantidad de ácido monosilícico tomado por la raíz, y después depositado en la planta, varía de acuerdo al tiempo de cosecha, tipo de suelo, especie de la planta, variedad de cereal y otros factores (28).

Se ha comprobado que la presencia de silice en la pared celular limita la digestibilidad de los carbohidratos en el rumen. El mecanismo no es claro todavía, aunque se puede deber a que el ácido opálico polisilícico endurece los carbohidratos estructurales. Por otro lado, el silice puede reducir el tiempo de digestión de la paja por disminución de la disponibilidad de minerales traza esenciales (71,72).

f) Proteínas.

Las pequeñas cantidades de proteínas (glicoproteínas) presentes en la pared celular pueden estar también combinadas en uniones covalentes con polisacáridos (pectinas, fructanos y almidones) o con constituyentes fenólicos de la pared celular (70).

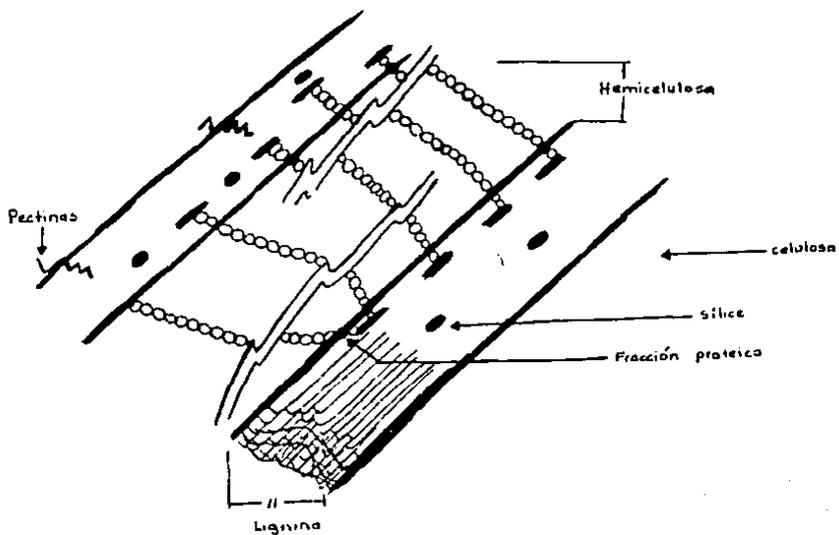
g) Otros componentes.

i) Ácido fítico (mio-inositol hexafosfato), que puede estar presente en pajas de cereales y jugar un papel negativo en el aprovechamiento de algunos elementos, como fósforo, hierro, calcio y cinc (28,74).

ii) Algunos metales catiónicos están unidos a complejos con grupos carboxilos, en la fracción lignina, o con grupos carboxilo de ácido urónico; tales asociaciones pueden llegar a limitar la biodegradabilidad de la pared celular (70).

iii) Otros componentes se encuentran alrededor de la lignina, como alcaloides, terpenoides y taninos. En algunos casos, tales compuestos pueden tener una relación importante en la disminución de la digestibilidad de las pajas, incluso más que la lignina (74).

ESQUEMA DE LA PARED CELULAR DE LA PAJA.



Tomado de Albersheim, 1975, (3).

2) USO DE LA PAJA EN LA ALIMENTACION ANIMAL.

La composición química y el valor nutritivo de las pajas depende de diversos factores, el principal es el grado de maduración de las plantas. Durante ésta, los nutrimentos son transferidos al fruto, mientras que otros, muy pocos, permanecen en las restantes partes de la planta. Esto quiere decir que los nutrimentos están desigualmente distribuidos en la totalidad de la planta, siendo relativamente más ricas en ellos las partes cercanas al fruto. Esta viene siendo la regla, dentro de condiciones normales, en el crecimiento y maduración (4).

Si la maduración es interrumpida por alguna razón, como sequía, granizo, etc., los nutrimentos permanecen en la paja, en detrimento del contenido que hubiera correspondido al fruto. En dichos casos, la proporción de proteínas contenida en la paja puede llegar a duplicarse (4).

Otros factores que influyen en la calidad nutritiva de la paja son la fertilización y las condiciones climáticas (4).

En el caso de los rumiantes, la paja puede ser incluida en la ración, puesto que contribuye a la función ruminal, ya que estimula la regurgitación por ser un material fibroso (4,74).

A) Forrajes toscos.

Se clasifican como forrajes toscos aquellos que contienen más del 20% de fibra, o menos de 2.5 megacalorías de energía metabolizable por kilogramo de materia seca (2).

El forraje tosco es insustituible en la producción ganadera debido a su bajo costo y capacidad de crecer en tierras de poca fertilidad que reciben poca lluvia. Constituye en ciertas tierras la única producción vegetal posible, que al ser utilizada por animales, rinde un producto útil al hombre (2).

En los forrajes toscos pueden ocurrir variaciones en la composición por una o varias de las siguientes causas:

- 1) Por la maduración o edad de la planta.
- 2) Por efectos de la temperatura, humedad o luz.
- 3) Por la rapidez con que crece.
- 4) Por el efecto del suelo o la fertilización.
- 5) Por el manejo, frecuencia de cortes, altura o intensidad de la cosecha.
- 6) Por la selección de variedades artificiales o naturales.

El nitrógeno es el elemento más influyente en el crecimiento, por eso algunas forrajeras que responden con facilidad a su presencia en suelo, aumentan su porcentaje de proteína además de su rendimiento total (2).

Uno de los factores más importantes en la composición de un pasto es su edad, la cual es reflejo del grado de crecimiento a que se encuentra un forraje. A mayor rapidez de crecimiento, mayor cantidad de proteína y menor contenido de fibra. Las gramíneas pierden su valor nutritivo con mayor rapidez que las leguminosas. Este fenómeno se explica por la tendencia en las gramíneas de aumentar sus proporciones de tallo con respecto a hojas a medida que avanzan en edad, y algunas hojas inferiores, caen y se marchitan (2).

El tamaño o edad de la planta afecta su valor nutritivo también por efectos sobre la lignificación de la fibra, a mayor madurez, mayor cantidad de lignina. Esta es la parte menos digerible de la fibra y que también impide la buena digestión de todos los nutrientes (2).

El clima como modificante del valor nutritivo de los forrajes no ha sido estudiado extensamente debido a la dificultad de aislarlo del factor suelo. El avance de la estación de crecimiento tiene gran influencia sobre el valor nutritivo del forraje. En el trópico con estaciones de lluvia y de sequía moderada bien definidas, la calidad, por lo menos en términos de proteína, se ve poco afectada. Tiene mayor influencia sobre el % de proteína la fertilización nitrogenada que la estación del año en que se hace el corte (2)

Es importante mencionar, que existe una relación entre la forma física del forraje y su valor energético (2):

- el forraje molido y convertido en comprimidos, pasa con mayor rapidez a través del rumen. Esto es el conocido efecto de que al molar un forraje su desaparición del receptáculo del rumen es más acelerada, aunque a expensas de una reducción en la digestión ruminal

- el forraje molido y comprimido es consumido en mayores cantidades por los ruminantes, que el mismo forraje en forma entera. De tal manera la productividad del animal puede terminar siendo mayor, a pesar de la pérdida de digestibilidad en el rumen

- alimentos de alto valor energético, no tiene mucho caso convertirlos en comprimidos, excepto por la conveniencia de manejarlos con mayor facilidad. Esta ventaja es palpable al hacer mezclas de alimentos concentrados y voluminosos en un solo comprimido (2).

B) Utilización de las pajas por los rumiantes.

Los rumiantes tienen la capacidad de aprovechar alimentos bastos de mala calidad (4). Esto es posible por la naturaleza de su tracto gastrointestinal, que está formado por varios compartimentos. El rumen es el que se encuentra en primer orden, y ahí es donde se lleva a cabo la mayor degradación de dichos materiales, esto es posible gracias a la microflora ruminal que posee el animal (4,9). Con esta capacidad los rumiantes pueden cubrir sus requerimientos de proteína entre un 10 y 15% de lo establecido por el National Research Council. Los requerimientos de proteína de los animales difieren en especie, edad, condiciones de mantenimiento, lactancia o reproducción y trabajo (4).

Desde el punto de vista nutricional, las pajas contienen lignocelulosa, que consta de tres fracciones (4):

a) lignina, que es esencialmente inaprovechable por la microflora ruminal,

b) la fracción de energía digerible, fácilmente aprovechable, celulosa, y

c) la fracción energía potencialmente digerible, hemicelulosa que es muy resistente al ataque de las bacterias, pero que puede aprovecharse mediante tratamientos especiales (58).

La simbiosis que llevan a cabo los rumiantes con las bacterias del rumen, permite utilizar la celulosa y hemicelulosa de estos materiales, fermentándose a su vez a ácidos grasos volátiles, con la consecutiva síntesis de ATP (10,58).

Al añadir a estos materiales algunas fuentes de nitrógeno, como el nitrógeno no proteico, los microorganismos del rumen sintetizan proteína de origen microbiano que es utilizada por el rumiante (58,76).

C) Anatomía y fisiología del sistema digestivo
del rumiante.

- Anatomía:

Las especies ruminantes poseen diferencias particularmente en la estructura del labio para facilitar la selección y consumo de materiales alimenticios; así como también en la movilidad de la lengua (15).

La boca de los ruminantes se diferencia de la de otros mamíferos en que no tienen incisivos superiores ni caninos. Sus molares están constituidos de tal forma que pueden masticar solamente de un lado de la mandíbula en un mismo momento, ayudando los movimientos laterales de ésta a desmenuzar las tan difíciles plantas fibrosas (15).

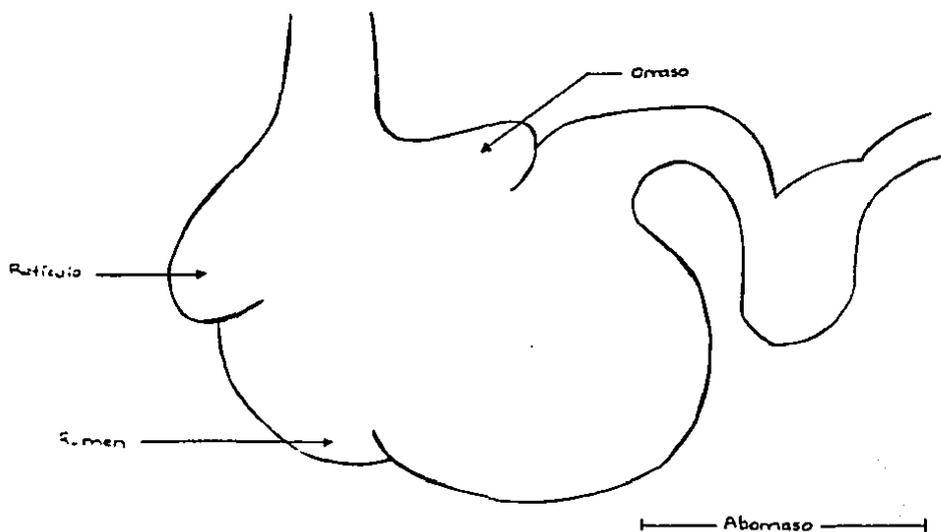
Sus glándulas salivales alcanzan una producción de saliva de hasta 15 litros/día en vacas adultas y de 10 litros/día o más en ovejas. Esta producción es continua relativamente, aunque es mayor cuando comen y rumian (15).

El esófago va a desembocar en el estómago -que está constituido por cuatro compartimientos: retículo, rumen, omaso y abomaso-, específicamente en una estructura especializada de paredes gruesas dentro del retículo. Estas paredes gruesas y prolongadas del esófago, tienen abertura continua a esa estructura, pero pueden unirse de tal modo que formen una continuación del esófago hacia el omaso (canaladura esofágica) (2).

El retículo y el rumen no se encuentran totalmente separados pero tienen diferentes propósitos funcionales. El retículo va a mover la comida ingerida hacia el rumen y hacia el omaso, además de ayudar a que se lleve a cabo el fenómeno de regurgitación. El rumen tiene una elevada población microbiana y va a actuar como una gran cuba de fermentación. Del omaso no se conoce bien su función, aunque se cree que ayuda a reducir el tamaño de las partículas y ocurre además cierta absorción de nutrimentos. El abomaso es comparable con el estómago de las especies monogástricas (15).

El intestino delgado se divide en duodeno, yeyuno e ileon y se continúa con el intestino grueso y recto (2).

ESTOMAGO DEL RUMIANTE.



Tomado de William, J., 1981 (77).

- Fisiología:

El tracto gastrointestinal de los rumiantes es relativamente largo. En los rumiantes jóvenes, el rumen, retículo y omaso están poco desarrollados, ya que el animal lactante depende primeramente del abomaso y del intestino para sus funciones digestivas; una vez que comienza a ingerir alimentos sólidos, los otros compartimientos evolucionan rápidamente, alcanzando su madurez física y funcional (15).

La leche pasará directamente hasta el omaso-abomaso a través de la canaladura esofágica, escapando de esta manera de la fermentación bacteriana del rumen. El que se cierre este canal es estimulado por el reflejo de succionar, debido a ciertos iones y a sólidos en suspensión con líquidos. Esto no ocurre en adultos a menos que permanezcan bajo una dieta de líquidos (15).

El proceso de digestión es aquél mediante el cual los alimentos son reducidos mecánica y químicamente en componentes más sencillos que pueden ser utilizados en el metabolismo. El trabajo mecánico es desarrollado principalmente por la masticación; pero también contribuyen a este proceso la maceración y los movimientos de contracción del aparato digestivo (2). El proceso químico es primordialmente de hidrólisis y consiste en el rompimiento de las moléculas grandes mediante la introducción de agua en una de las ligaduras entre los átomos, trayendo consigo una reducción gradual en moléculas menores. Cada reacción de hidrólisis es catalizada por una enzima. Las enzimas de la digestión son extracelulares, es decir, actúan completamente fuera de las membranas celulares y son secretadas por las glándulas digestivas que las entregan al contacto con el alimento macerado y en suspensión con agua en el interior del aparato digestivo. Estas enzimas son poco específicas y requieren de ciertas condiciones para actuar, estas se suceden en las diferentes partes del aparato digestivo. Las que hidrolizan almidones son las amilasas, las lipasas y proteasas hidrolizan grasas y proteínas respectivamente (2).

Así tenemos que en la digestión de los alimentos durante el proceso de masticación, éstos son mezclados con la saliva, que contiene un principio enzimático (amilasa) la cual inicia la digestión del almidón (2). La saliva va a proveer además nitrógeno en forma de urea y mucoproteínas, fósforo y sodio que van a tener la propiedad de actuar como amortiguadores, ayudando a tener el pH adecuado en el rumen (15).

El alimento va a pasar entonces a través del esófago y retículo al rumen que es una verdadera cámara de fermentación con temperatura constante (39 grados C) y acidez variable; pero sin llegar nunca a los extremos. Sus condiciones son anaeróbicas (sin oxígeno) y por lo tanto ciertos organismos solamente pueden vivir en este medio. Se conocen más de treinta especies de infusorios

que viven en cantidades de hasta 4 millones/cm cúbico de material del rumen. Las bacterias son las más numerosas y de muchas clases, existiendo también ciliados, protozoarios, levaduras y hongos. Estos organismos son muy variados y cambian con los diferentes forrajes y estaciones del año (2,15).

El sistema del rumen-retículo contribuye con un medio ambiente favorable para la supervivencia y multiplicación microbiana; ahí se lleva a cabo la entrada y salida de los productos de la digestión y es mediante la utilización de estos que los microorganismos se van a multiplicar (2,15).

De esta manera el rumen al recibir nuevos alimentos va a tener la peculiaridad de dejar salir los productos de la fermentación y grandes cantidades de los propios microorganismos, mismos que serán utilizados como elementos nutritivos al pasar al resto del aparato digestivo.

Así tenemos, que la comida ingerida es expuesta a la extensa fermentación microbiana y después lo será a una serie de enzimas gástricas, entéricas y sustancias químicas (15).

Los rumiantes observan un patrón bien establecido de contracciones rítmicas en los diversos compartimientos de su estómago; éstas son muy importantes, porque ayudan a circular la ingesta y además facilitan la regurgitación durante la rumia. Rumiar es una manera controlada de vomitar, permitiendo que el material semilíquido sea regurgitado en el esófago y que los líquidos sean deglutidos; además ayuda a que los sólidos sean remasticados y redeglutidos. Esta actividad puede durar de 8 hr. ó más/día, dependiendo de la naturaleza de la dieta. El origen de la rumia no es aun muy claro, pero es un avance de la evolución que permite que estos animales consuman rápidamente los alimentos y después puedan masticarlos libremente (15).

El factor más importante que opera sobre el tiempo de permanencia del alimento en la cámara de fermentación del rumen es el tamaño de las partículas ingeridas. El principio general de la rumia es en esencia reducir el tamaño de las partículas, aumentar su peso específico y así poder pasar por la ranura esofágica hacia la redcilla (retículo) y el cuajar (abomaso). El ataque bacteriano sobre el material celulósico juega también un papel muy importante en reducir el tamaño de las partículas (2).

Agregar concentrados, es decir, mayor cantidad de materia seca, permite acelerar a la máquina de la digestión su labor realizada en un lapso dado, disminuyendo la retención en el rumen del material ingerido; pero el problema de reducir el tiempo de permanencia del alimento en la panza (rumen), no solo obedece al estado físico del alimento ingerido, sino también al estado nutricional interno del animal (2).

La digestión en el rumen tiene como objetivo principal la obtención de energía metabolizable a partir de la celulosa y sustancias similares (2). Las enzimas que van a actuar en el

Estos ácidos grasos son absorbidos directamente por las paredes del rumen y transportados por la sangre para su utilización en el hígado, o en caso de animales lactantes por la ubre. Como subproductos expulsados sin utilización aparecen el bióxido de carbono y el metano; esta expulsión se logra mediante un mecanismo muy importante en ruminantes, que es el eructo, el cual se da por contracciones producidas en los sacos superiores del rumen que fuerzan el gas hacia adelante y hacia abajo, el esfíngo después se dilata y permite que escape el gas (15).

Otros elementos menos volátiles y ácidos aminados absorbidos en digestión posterior a la del rumen, también se originan en éste. La peculiar situación del rumiante de poder utilizar ácido acético en la ubre, esta relacionada con la producción de grasa en la leche. El ácido propiónico es utilizado por la ubre para producir el azúcar de la leche, lactosa. El ácido acético se utiliza también para depositar grasa en el cuerpo y el propiónico sirve para formar glucógeno en el hígado.

Existen otras circunstancias favorables para el desarrollo microbiano en el rumen, la más importante es el nivel de nitrógeno en la dieta; este puede ser de cualquier origen, proteico o no proteico. La flora y la fauna van a requerir de un nivel mínimo de este elemento para poder desarrollarse y varias pruebas indican que esta alrededor de 1.4% de nitrógeno; o sea, 8.75% en términos de proteínas (2).

Según Campling y colaboradores, según reporta Alba, J., 1971 (2), mantuvieron a vacas bajo una dieta de paja de la cual comían alrededor de 6 Kg/día. Al introducir 25 g. de urea diarias (directamente en rumen), el aprovechamiento se elevó en un 26% y con 75 g un 40%. El efecto máximo se estabilizó ocho días después de iniciada la suplementación con urea, elevándose la digestibilidad de la paja de un 21% a un 33% con el mayor ingreso de nitrógeno al rumen. Las paredes del rumen van a permitir la absorción del nitrógeno en forma de amoníaco y los niveles de éste en sangre van a ser muy variables dependiendo de la producción en el rumen; en cambio los niveles de urea en sangre son constantes y el envenenamiento debido a un exceso de urea en la dieta es, realmente una intoxicación por amoníaco en la sangre ya que la urea es desdoblada a este compuesto (2).

Todos estos productos una vez en sangre van a entrar a las diferentes rutas metabólicas; y la ingesta va a seguir su camino hacia el abomaso. El agua va a jugar un papel muy importante en todos los fenómenos de absorción. Al pasar la ingesta por el omaso sufre una pérdida muy importante de agua y al ingresar al abomaso la misma agua perdida se vuelve a recuperar en el volumen equivalente de jugos gástricos; de tal manera que aun cuando la proporción materia seca/agua, sea igual en el material ingerido que en el que sale del abomaso; el agua ya ha perdido contacto con el alimento dos veces (acarreado nutrientes) y ha regresado dos veces más. La regulación hormonal es de básica importancia en la concentración de líquidos del cuerpo y es la corteza

suprarrenal la glándula más importante en esta función (2).

Una vez que el bolo alimenticio se encuentra en el abomaso (estomago verdadero), se van a secretar jugos digestivos. Las glándulas secretoras del abomaso pueden ser de dos tipos: las que secretan ácido clorhídrico y las que secretan pepsinógeno. Este arreglo es sumamente conveniente al animal debido a que el pepsinógeno es una enzima inactiva que solo adquiere capacidad digestiva en un medio muy ácido. La secreción prosigue en presencia de alimento. Del estómago, el bolo alimenticio pasa al duodeno, donde recibe las secreciones digestivas del hígado (bilis), el jugo pancreático y las de las paredes del propio duodeno. Estas secreciones son intermitentes y dependen de una hormona llamada secretina que proviene de la pared intestinal estimulada por la presencia de alimento, llegando al hígado y páncreas por el torrente sanguíneo (2).

3) TRATAMIENTOS PARA MEJORAR EL VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS.

Desde finales del siglo pasado se han hecho intentos para mejorar el valor nutritivo de la paja y otros forrajes de mala calidad, mediante diferentes tratamientos (16), como son:

A) FISICOS (19,40,44,57,71):

- i) Remojo
- ii) reducción del tamaño de la partícula
 - picado
 - molienda fina
 - granulación (paletizado)
 - obleaje (waffers)
- iii) irradiación
 - rayos gamma
 - electrones a alta velocidad
 - rayos ultravioleta
- iv) temperatura
 - vapor de agua a alta presión
 - expansión con calor húmedo (extrusión)
 - expansión con calor seco

Este tipo de tratamientos pretenden lograr un cambio en la calidad nutritiva de las pajas, para obtener las siguientes respuestas (57,65):

- 1.- incremento de consumo voluntario
- 2.- incremento de la digestibilidad
- 3.- incremento de la energía metabolizable y de su eficiencia en cuanto a su utilización
- 4.- influencia en el pH del rumen, producción de metano y proporción de ácidos grasos volátiles.

Por otro lado, existe la desventaja de que estos métodos resultan antieconómicos para realizarlos a nivel granja e incluso industrial (17,23,27).

B) BIOLÓGICOS.

- 1) Ensilados
 - sin aditivo
 - con aditivo, los más usados son la melaza, piedra caliza y otros (32).

- por medio de fermentaciones con hongos, levaduras y bacterias, produciéndose enzimas, proteína celular, algunas vitaminas y ácidos aminados (biomasa) (56).

c) QUIMICOS.

i) agentes alcalinos (10):

- método de mojado de Beckmann (usando hidróxido de sodio)
- método de Togrimsby (usando hidróxido de sodio)
- método seco de Wilson y Pidgen (usando hidróxido de sodio) (78)
- reacción de corto tiempo creado por Rexen, Vestegaard y Waagepetersen (59,76). Los agentes alcalinos más comúnmente utilizados son el hidróxido de sodio o de potasio en forma de cristales, hidróxido de amonio en forma líquida, carbonato de sodio y amoniaco anhidro en forma gaseosa (10,32,33,38).

ii) agentes oxidantes

- se han empleado compuestos como: óxido de azufre en forma gaseosa, dióxido de nitrógeno, clorato de sodio el cual degrada la celulosa cristalina, peróxido de sodio, sulfito de sodio y tiosulfato de sodio, utilizándose además el ozono (32,33,38).

El primer método químico aplicado comercialmente para mejorar el material lignocelulósico fue creado por Beckmann en Alemania (1919), el que a su vez se basó en los trabajos realizados por Kellner y Kholer en el año de 1900 (32,33,61).

El método de Beckmann consistía en sumergir la paja a intervalos ocho veces en agua, la cual tenía una concentración de hidróxido de sodio al 1.5 (p/v) por kilogramo de paja, dejándola sumergida en esta solución un mínimo de cuatro horas (42). La paja se lavaba después, con agua, dejándola escurrir hasta quedar libre de álcali, con esto se incrementaba la digestibilidad de la materia seca un 60-70% (32,33). La desventaja de este método es, la gran cantidad de agua utilizada en el lavado que causa contaminación del medio ambiente y, por consiguiente, se produce una pérdida de nutrientes de un 20 a 25% durante el proceso de lavado (33,38,59). El material tratado con hidróxido de sodio permanece con un exceso de sodio después del tratamiento, este exceso añadido a la paja es excretado por la orina y heces, y pueda agravar con ello los problemas de salinidad del suelo existentes en muchas regiones (36). El alto consumo de sodio

pueda considerarse como dano potencial para el ríñon (26).

Estudios realizados posteriormente por Wilson y Pidgeon (1964) (78), indican que es posible mejorar este procedimiento adicionando la sosa en forma de espray concentrado. Estudios más recientes en los que se utilizó este método, demostraron que se logra un mayor aumento en la digestibilidad utilizando concentraciones de hidróxido de sodio que oscilan entre 4 y 6% del porcentaje de la materia seca (33).

Otra modalidad del tratamiento con sosa ha sido la adición de vapor a presión, disminuyendo con esto, primero la concentración de hidróxido de sodio a un 3 o 5 % y, segundo el tiempo requerido para dicho tratamiento (52,59). Este método es muy usado en Dinamarca (40).

Se han llegado a utilizar álcalis combinados, como el hidróxido de sodio, de calcio y de potasio, en diferentes porcentajes (4,33).

Dichos estudios demuestran que la combinación de estos álcalis es más efectiva que el tratamiento con uno solo, siendo la mejor combinación la de hidróxido de sodio con hidróxido de potasio, ya que el hidróxido de calcio requiere de más tiempo para actuar, debido probablemente a su baja constante de disociación (32,33).

Sin embargo, uno de los métodos de tratamiento más prometedores es el de amoniatización usando ya sea amoniaco anhidro (en forma gaseosa) o soluciones de amoniaco y agua (amonio en forma acuosa), ya que se ha demostrado que mejoran el valor nutritivo de los forrajes bastos de mala calidad. Se han reportado resultados satisfactorios con la aparición de amoniaco a las pajas desde hace varios años en literatura europea (65).

Otra fuente de nitrógeno que ha sido utilizada ultimamente para el mejoramiento del valor nutritivo de las pajas, es la urea (16). Bergner y colaboradores han empleado métodos basados en la liberación de amoniaco a partir de paja tratada con 2 % de urea por medio de calor y presión y al haber sido utilizada posteriormente para alimentar ovejas, aumento la digestibilidad de la materia orgánica de 38 % en la paja no tratada a 52 % en la ya tratada, aumentando también el consumo voluntario de materia orgánica de 10 a 29 g/ Kg de peso vivo (33,65).

Vander Merwe al utilizar ureasa consiguió la liberación de amoniaco a partir de urea (72). Dolberg menciona que la urea se pueda descomponer en amoniaco en el rastrojo de maíz que contenga un 55% a 65% de materia seca. En estudios realizados con paja de arroz tratada con 3% a 5% de urea se encontró que aumenta su contenido de nitrógeno después del tratamiento (16,61).

Estudios recientes demuestran que los mejores resultados se obtienen tratando las pajas con 4% de urea y 40% de humedad con un tiempo de almacenamiento de 30 días, con lo cual se ha

obtenido un incremento de nitrógeno y de digestibilidad de la materia orgánica en el material tratado, al igual que una elevación del consumo voluntario (26).

Otra fuente de nitrógeno también utilizado es la orina de oveja, manejada en una proporción 1/1, (1 kg de paja por 1 litro de orina) (50,61).

Se considera asimismo, que el amoniaco liberado por la urea es similar al hidróxido de sodio y es menos tóxico en niveles bajos, por lo que es meritorio su uso ya que además del efecto alcalino sobre la paja, mejora su calidad en lo que respecta al contenido de nitrógeno (26,70). La cal y la urea son baratas y puede estudiarse la interacción de estos compuestos pues se ahorrarian costos y resultarían de más fácil aplicación.

4) USOS DESCRIPCION Y CLASIFICACION BOTANICA DEL AMARANTO.

Los Amarantos se han utilizado como verdura desde la prehistoria en casi todo el mundo. En la actualidad, con la semilla, se hacen dulces preparados, "alegrías", pinole, tamales, etc. También se han utilizado como remedio para la disenteria las semillas negras variedad silvestre quintonil y como tratamiento para la gonorrea, usando raíces de *A. spinosus* (1,12).

En general, en nuestros días, se ha tratado de incrementar la tecnología de alimentos en cuanto al uso de la semilla, ya que es conocida como un alimento de alto valor nutritivo, de manera de poder lograr adaptarla a la dieta cotidiana de los mexicanos, en forma de pastas, galletas, productos de botana, harinas, etc.

El tallo y las hojas se han usado como colorantes para embutidos comestibles (en forma de cenizas) y la planta entera como forraje. Sin embargo, el uso de los primeros como forraje puede ocasionar efectos tóxicos en el ganado en ciertos casos, aunque esto acontece raras veces (62).

El Amaranto pertenece a la familia de las Amarantaceas, la cual esta constituida por 70 géneros y alrededor de 850 especies, son plantas herbáceas o arbustivas de flores pequeñas de diversos colores (1).

Dentro de estas especies las que más importancia representan son aquellas que producen semillas comestibles (1).

El *Amaranthus hypocondriacus* es una planta herbácea anual de 1.5 a 2 metros de altura. Tiene un tallo rojizo, ramificado desde la base y marcado con estrias longitudinales. Sus hojas están largamente pecioladas y ovadas que miden 15 cm de largo y 10 cm de ancho, suelen presentar diversos colores y de ahí que se utilicen como plantas de ornato (68). Contiene, además, numerosas flores moradas, unisexuales que miden de 4 a 5 mm. El fruto es una cápsula con dehiscencia transversal y uniovascular. La semilla es lisa, brillante y ligeramente aplanada (1).

En el Edo. de México se encuentran tres variedades de semillas de *Amaranthus hypocondriacus* que son: blanca (cachuacentli), parda (ojo de pajarero) y negra (cuitiacoche) (12).

Las especies de Amaranto cultivadas para grano son muy semejantes entre sí, a eso se debe la confusión taxonómica existente (62).

5) COMPOSICION QUIMICA DEL AMARANTO.

La planta es de excelente follaje y de abundantes semillas que pueden cultivarse fácilmente, tanto en el campo como en patios, jardines, etc., lo cual promueve la idea de aprovecharla como alimento dada la composición química de todas las partes de la planta y el bajo costo, tanto de su cultivo como de su procesamiento a nivel rural; pues no depende de disponibilidad de sistema de riego, ni de fertilización abundante o uso masivo de insecticidas y fungicidas (62).

Desde el punto de vista bromatológico, las hojas de muchas de las especies de Amaranto resultan muy interesantes como fuente de vitaminas y minerales esenciales.

Las partes verdes pueden contener de 1.8% a 6.9% de proteínas, 400 a 800 mg % de calcio, 50 a 80 mg % de fósforo y el hierro se encuentra en proporción de 18 a 25 mg % (62).

Se han llevado a cabo ensayos bromatológicos de diferentes especies pudiendo cuantificar exactamente el contenido de los diversos componentes, tanto de semilla (principalmente) como de hojas y tallo.

En el simposio sobre Amaranto celebrado en Pensilvania en 1977, se presentó un trabajo que puso de manifiesto la alta concentración de proteína de los extractos foliares de diversas plantas incluyendo el Amaranto (62).

COMPOSICION DE LOS NUTRIMENTOS EN HOJAS DE HORTALIZAS CRUDAS SELECCIONADOS EN 100 g. DE MUESTRA.

	%Hu- medad	Pro- teína (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fa (mg)	Vit A (UI)	Vit B 1 (mg)	Vit B 6 (mg)	Vit B 2 (mg)	Vit C (mg)
Amaranto (A. hypo- chondria- cus)	86.9	3.5	267	67	3.9	6100	0.08	0.16	1.4	80
Acelga	91.1	2.4	88	39	3.2	6500	0.06	0.17	0.5	32
Col rizada	85.3	4.8	250	82	1.5	9300	0.16	0.31	1.7	152
Col común	87.5	4.2	179	73	2.2	8900	--	--	--	125
Espinaca	90.7	3.2	93	51	3.1	8100	0.10	0.20	0.6	51

Tomado de Sánchez, M.A., 1980, (62).

Lo que es de hacer notar es que la porción proteínica de los extractos foliares contiene aminoácidos esenciales como son: lisina (5.6-7.3%) y metionina (1.6-2.6%); además exista una excelente proporción de ácidos grasos insaturados (60%) y apreciables cantidades de almidón, vitamina A y minerales (62).

Los tallos usualmente contienen de 2.8% a 5.9% de proteína, 350 mg de calcio o más, alrededor de 30 mg de fósforo y 2 mg de hierro (en 100 g de tallo). Estos datos señalan que los tallos también poseen, un alto valor nutritivo y su único inconveniente sería la porción no digerible de la fibra cruda (63).

Las plantas son capaces de utilizar la energía solar para la formación de sustancias que servirán para alimentar a los demás miembros de la cadena alimenticia. Para esto usan bióxido de carbono, agua, nitratos y otras sales minerales dando origen a compuestos orgánicos como son: carbohidratos, proteínas y vitaminas (42).

A medida que la planta crece, el tallo tiende a acumular una mayor cantidad de celulosa, volviéndose menos digerible.

La hoja tiene un alto contenido de agua, constituyentes protoplásmicos y proteína (35). Se ha demostrado que el contenido de proteína total se incrementa con el uso de fertilizantes (18).

El *A. hypochondriacus* no es deficiente en aminoácidos esenciales; sin embargo, se ha demostrado que su digestibilidad en ratas es baja, debido posiblemente a que la proteína se encuentra ligada a compuestos fenólicos, o bien, a la presencia de saponinas u otros compuestos tóxicos (13).

El follaje del Amaranto se presta para producir concentrado proteínico foliar (CPF), pues es capaz de producir una gran cantidad de proteína, el método para obtener el CPF, consiste en desintegrar la planta en un medio acuoso, exprimir el jugo y, posteriormente, calentarlo y acidularlo (40).

La hoja contiene el tejido fisiológicamente más activo de la planta y, por lo tanto, es rica en vitaminas y minerales. El beta-caroteno se encuentra en grandes cantidades en las hojas, al igual que la vitamina C y riboflavina y otras vitaminas del complejo B en cantidades regulares (61).

Los niveles de calcio, hierro y azufre, son relativamente altos. Sin embargo, la disponibilidad de calcio puede verse seriamente afectada por altos niveles de fitatos y oxalatos presentes en el Amaranto (51).

Olufolaji, et al (1980), determinaron que hay cambios en el contenido de materia seca y minerales en relación a la edad de las plantas (53).

A) NITRATOS

Los nitratos, así como una gran cantidad de otras sustancias son productos naturales que se encuentran en la mayoría de las hojas vegetales.

Se consideran como sustancias indeseables, aunque solo afectan cuando los animales consumen plantas con niveles medios de nitratos por largas temporadas, o bien, cuando consumen plantas acumuladoras de estos (16).

El Amaranto, como todas las plantas de rápido crecimiento, requiere y absorbe grandes cantidades de nitratos, ya que es necesario para la síntesis de proteína (16).

Los factores que pueden afectar el contenido de nitratos en los vegetales son:

1) Contenido y forma del nitrógeno en el suelo antes y después de la fertilización.

2) Nivel y tipo de otros iones presentes en el suelo.

3) Crecimiento de las plantas bajo condiciones de poca luz que tiende a incrementar el contenido de nitratos en el tejido vegetal y en el grano.

4) La fertilización nitrogenada y la aplicación de ciertos herbicidas como el 2,4-D, que aumentan el nivel de nitratos en las plantas (42).

El nitrato ocupa una posición central en la nutrición de la planta ya que es la fuente principal de nitrógeno. El material nitrogenoso de la planta y de los animales, es convertido por bacterias nitrificantes en nitratos.

La utilización de los nitratos por las plantas, depende del uso y combinación con los carboxilatos para formar aminoácidos. En general, este proceso es tan rápido que muy poco nitrato permanece, ya que también parte se reduce a nitrito e hidroxilamina. Cuando ocurre una mayor absorción de nitrato y amonio, la planta es estimulada a acumular mayores concentraciones de nitratos (18).

Los factores que interfieren en la habilidad de las plantas para convertir nitratos a nitrógeno orgánico y, por tanto, que favorecen la acumulación de nitrógeno, son:

- 1) Diferencia de especies.
- 2) Estado de madurez de la planta.
- 3) Actividad de nitrato reductasa.
- 4) Deficiencia de molibdeno (constituyente de dicha enzima).
- 5) Aplicación de fertilizantes.
- 6) Deficiencia de nutrientes esenciales (fósforo).
- 7) Factores que interfieran la actividad fotosintética como son, cambios de temperatura, herbicidas, dano por insectos, etc. (50).

Por décadas se ha informado que partes vegetativas de los Amarantos pueden contener altos niveles de nitrato y que han estado implicados en numerosos casos de envenenamiento del ganado. Algunos autores reportan niveles tóxicos de nitratos cuyos valores oscilan entre 0.21% y 2% en base seca. En análisis cuantitativos se toma como aceptable todo lo menor al 2% de nitratos, arriba del 2%, representa un peligro potencial (18).

Los nitratos se absorben desde el tracto digestivo, siendo la orina la principal vía de excreción en humanos, no así en ruminantes. En éstos la reducción de nitratos a nitritos a nivel ruminal es un fenómeno normal que se continúa hasta hidroxilamina y amonio. Cuando la concentración de nitratos es muy alta, se puede sobrepasar la capacidad reductora de líquido ruminal, presentándose una acumulación de nitritos que, al ser absorbidos, se combinan con hemoglobina originando metahemoglobina que finalmente causa cianosis y muerte (37).

Las intoxicaciones subletales son atribuidas a la ingestión de plantas que contienen entre 0.5% y 1.5% de nitratos (en base seca) y se asocian con aborto, reducción en la producción de leche, bajas ganancias de peso, deficiencia de vitamina A, ya que los nitratos interfieren en la conversión de caroteno a vitamina A (21).

Los nitratos también pueden provocar una intoxicación similar a la de monóxido de carbono producida por dióxido de nitrógeno o tetróxido de nitrógeno, estos gases son altamente tóxicos y se forman durante el ensilaje de forrajes con altos niveles de nitratos. El efecto tóxico del nitrato puede ser disminuido si la dieta contiene abundancia de carbohidratos solubles ya que es más fácil reducir la cantidad de nitritos producida (43).

El envenenamiento por nitratos es debido a la oxidación de la hemoglobina por el nitrito e hidroxilamina trayendo consigo una reducción en la capacidad de acarrear oxígeno por la sangre. Los signos clínicos que lo denotan son: disturbios

gastrointestinales, aumento respiratorio y anoxia cerebral (49).

El nitrato ingerido por los rumiantes puede ser absorbido por los microbios del rumen y transformado a amoniaco, los pasos intermedios son via nitritos e hidroxilamina. La extensión con la que se acumulan los productos intermedios depende de la cantidad de nitratos consumida. Ambos, nitratos e hidroxilamina, son rápidamente absorbidos en el rumen. Algunos nitratos e hidroxilamina también se pueden formar en sangre y en tejidos, pero esto no ocurre al referirse a niveles considerables, que resultan difíciles de ser alterados (49).

Mientras que los niveles de amoniaco en el rumen son fáciles de variar, en sangre estos no lo son, debido quizá a la ulterior formación de urea en el hígado.

B) OXALATOS.

Niveles altos de oxalatos en los forrajes, han sido reconocidos como factores que afectan negativamente su calidad, especialmente si se consumen por periodos prolongados (63).

Aparentemente, los factores genéticos son los que determinan la acumulación de oxalatos en hojas, aunque factores del medio ambiente y prácticas culturales pueden ejercer modificaciones.

El alto contenido de oxalatos en hojas, está generalmente acompañado de un contenido relativamente elevado de cationes. El ácido oxálico, es un producto final obligado en la respiración incompleta de los sustratos orgánicos y los iones calcio, magnesio, potasio y sodio son retenidos en las células para mantener el balance electroquímico. Es posible que el ácido oxálico se sintetice en respuesta a la presencia de un exceso de cationes acumulados debido a la incorporación metabólica de aniones inorgánicos (nitrato, fosfatos, cloruros, etc.) en las células de las hojas (63).

La formación de ácido oxálico en plantas, también se debe al metabolismo de carbohidratos, como resultado de interconversiones entre componentes del ciclo de los ácidos tricarbóxicos, al metabolismo del glicolato y al del piruvato (51).

Los oxalatos se presentan en las plantas en formas solubles (sodio, potasio) e insolubles (calcio). El ácido oxálico no es tóxico por su acidez sino por las reacciones del ion oxalato. El calcio presente en las hojas de plantas con altos niveles de oxalatos es completamente indisponible debido a que el oxalato fija firmemente cationes divalentes, particularmente calcio, impidiendo su absorción en el tracto digestivo. Además, induce la formación de cálculos urinarios, contribuye a la oxaluria, a la

oxalemia y es responsable de lesiones a nivel renal (6,12,63).

Los ruminantes adaptados a dietas con altos niveles de oxalatos pueden llegar a tolerar niveles que serian letales para animales que no lo están (34). Aparentemente la adaptación involucra la proliferación de bacterias anaeróbicas que degradan oxalatos y que lo utilizan como fuente de energía.

CONTENIDO PROMEDIO DE OXALATOS Y NITRATOS EN HOJAS Y TALLOS DE AMARANTO.

Año	Fración Analizada	Nitratos (% M.S.)*	Oxalatos (%M.S.)*
1978	hojas	0.43	3.4
1978	tallos	1.72	0.63
1979	hojas	0.54	5.6

Tomado de Maderosian et al (1980) (41).

* M.S. Materia seca

Se ha establecido en general que, las plantas que contengan más del 10% de oxalato en base seca, presentan toxicidad (14). Aunque también se estableció un nivel tóxico de oxalato aún más bajo, del 6% (69).

IV MATERIAL Y METODOS.

El trabajo se realizó en el departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

MATERIAL.

A) Paja de amaranto: se obtuvo la paja de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en Tulyehualco, México D.F. Esta paja fue cosechada en los meses de noviembre y diciembre de 1986 y enero de 1987.

B) Sustancias químicas: urea para el tratamiento y otros reactivos utilizados para realizar las diferentes metodologías, proporcionados por el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

C) Equipo: termobalanza, mufla, aparato Kjeldahl, Goldfish, bomba calorimétrica, bano metabólico, balanza analítica, agitadores, potenciómetro, estufa, balanza granataria, etc.

METODOS.

Primeramente se efectuó el método físico que consistió en el picado de la paja, el cual se hizo con una maquina picadora que tenían los campesinos de Tulyehualco, el tamaño de la paja fue de 8-10 cm. aproximados por vara, con el propósito de homogeneizarla para poder pesar muestras representativas de todo el lote.

Preparación de los tratamientos:

Esta consistió en hacer cuatro tratamientos diferentes más el testigo, o grupo control. Los tratamientos fueron los siguientes:

- (1) paja almacenada con 3% de urea durante 30 días.
- (2) paja almacenada con 5% de urea durante 30 días.
- (3) paja almacenada con 3% de urea durante 45 días.
- (4) paja almacenada con 5% de urea durante 45 días.
- (5) paja almacenada durante 30 días (control).

La paja fue pesada y separada en grupos de 5 Kg. Después se le añadió la cantidad de urea necesaria para alcanzar su concentración según el tratamiento siendo ésta disuelta en el 15% de agua en base al peso de la paja. Se esparció la urea sobre la paja, se revolvió y homogeneizó lo más posible cada lote de paja. Posteriormente, cada lote se metió dentro de bolsas de plástico

negras perfectamente selladas y se almacenó en un cuarto a temperatura ambiente. El testigo consistió en meter la paja sola en una bolsa de plástico y sellarla de igual manera que se acaba de mencionar para después mantenerla en almacenamiento bajo las mismas condiciones, es decir, a temperatura ambiente y durante un periodo de tiempo de 30 días.

Una vez terminado el plazo de tiempo de cada tratamiento, las bolsas se muestrearon y se les determinó de inmediato el pH y la humedad. Posteriormente se dejó secar la paja y se molió para efectuar los análisis de laboratorio.

En total fueron quince bolsas, teniendo tres bolsas por cada tratamiento, incluyendo el control. Al muestrear se tomó una muestra representativa de la paja contenida en cada bolsa y el análisis de cada bolsa obtenida del muestreo fue hecho por duplicado, teniendo un total de seis determinaciones por cada tratamiento.

Análisis de laboratorio.

Se realizaron los siguientes análisis tanto en el material tratado como en el testigo:

- 1) Análisis químico proximal por los métodos de la A.O.A.C. (48).
 - a) humedad (por termobalanza). Método 14.062.
 - b) cenizas (por mufla). Método 3.004.
 - c) proteína cruda (método de Kjeldahl). Método 27.007.
 - d) grasa (extracción con solventes, Goldfish). Método 13.031.
 - e) fibra cruda (hidrólisis Ácido-alcalina). Método 10.179
 - f) extracto libre de nitrógeno (diferencia).

- 2) Determinación de fracciones de fibra por el método descrito por Goaring y Van Soest (68).
 - a) fibra ácido detergente
 - b) fibra neutro detergente
 - c) lignina
 - d) celulosa
 - e) hemicelulosa

- 3) Prueba de digestibilidad in vitro por el método descrito por Tilley y Terry (68).
 - a) Materia seca
 - b) Materia orgánica

4) Otras determinaciones.

- a) Energía bruta, por medio de bomba calorimétrica (marca Parr) (8).
- b) Determinación del pH, con un potenciómetro (marca Beckmann zeromatic II). Método 14.022 (48).
- c) Contenido de nitrógeno amoniacal (método descrito por la AOAC). Método 3.124 (48).
- d) Contenido de nitratos y oxalatos (39,67).

Análisis Estadístico.

El análisis estadístico se hizo con base en el análisis de varianza para un diseño completamente al azar balanceado y prueba de Tukey para determinar la diferencia entre medias con una confiabilidad mínima del 99% (64).

V RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal practicado a la paja de Amaranto tratada con urea y sin tratar se muestran en el cuadro 1. En este se observa un aumento en cuanto al contenido de proteína cruda en comparación con el grupo control ($P < 0.01$), quizá por un posible efecto del tiempo de reacción, esto es debido a que, con la adición de urea a la paja de Amaranto se le proporciona nitrógeno no proteico que se fija en la misma, elevando el valor de proteína cruda, en comparación con la paja no tratada (32,33,66). Este incremento es notable, alcanzando un máximo en los tratamientos de 5% de urea, sin embargo aunque no haya significancia estadística ($P > 0.01$), se nota un ligero aumento de 1.13 unidades porcentuales en la paja con 3% de urea y 45 días en comparación con la de 30 días; asimismo en la de 5% de urea durante 45 días de tratamiento hubo 0.5 unidades porcentuales más que la de 5% de urea durante 30 días. Con los tratamientos alcalinos puede haber liberación del nitrógeno que se encuentra enlazado con la lignina (33).

En lo referente al extracto etéreo y a las cenizas, estos no se ven afectados con respecto al testigo, estadísticamente hablando ($P > 0.01$).

La fibra cruda si sufre un cambio aparente, alcanzando su valor mínimo en el tratamiento de 5% de urea durante 45 días. Esto era de esperarse si es que el tratamiento tuvo algún efecto ya que no hay que perder de vista uno de los objetivos que fue aumentar la digestibilidad y esta podría ser una manera de relacionar dicho concepto, pues la fibra cruda está compuesta de paredes celulares. Al haber una reducción de fibra cruda se espera que haya alguna disminución de algunos de los componentes de las paredes celulares. En este parametro se puede observar que la disminución en el porcentaje de la fibra, estuvo aparentemente en función del tiempo, ya que fueron los tratamientos de 45 días, los que tuvieron los valores más bajos y, de estos dos, el de 5% fue el más bajo de todos.

CUADRO 1.

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LA PAJA DE AMARANTO
TRATADA Y SIN TRATAR CON UREA A DIFERENTES
CONCENTRACIONES Y TIEMPOS DE TRATAMIENTO.
(g/100g B.S. *)

	Control	3%/30d	5%/30d	3%/45d	5%/45d
Proteina cruda (N x 6.25)	c 3.50 ±0.31	bc 8.89 ±0.25	a 14.37 ±1.09	b 10.02 ±0.22	a 14.87 ±0.34
Extracto etéreo	a 0.95 ±0.17	a 0.97 ±0.22	a 1.19 ±0.26	a 0.88 ±0.14	a 0.92 ±0.36
Cenizas	a 9.22 ±0.65	a 9.37 ±0.22	a 9.22 ±0.05	a 9.59 ±0.25	a 9.03 ±0.15
Fibra cruda	a 49.76 ±1.54	ab 47.98 ±0.74	ab 48.39 ±0.65	b 46.83 ±1.16	c 46.35 ±0.34
E.L.N.**	a 36.56 ±0.75	b 32.77 ±0.66	c 26.82 ±1.62	b 32.50 ±0.93	c 28.81 ±0.61

- Se realizaron seis repeticiones en cada tratamiento.
- Para cada variable, valores con literal distinta, son estadísticamente diferentes (P<0.01)

* B.S. Base seca.

** E.L.N. Extracto libre de nitrógeno (diferencia de los resultados de proteína, extracto etéreo, cenizas y fibra cruda menos 100).

El cuadro 2 muestra los resultados de fracciones de fibra que son: pared celular, contenido celular, celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales resultan estadísticamente iguales al grupo control ($P > 0.01$).

Al parecer los resultados indican que no hubo cambios, pero, conviene ver los modos de acción que puede tener un tratamiento químico. Los modos de acción de un tratamiento químico alcalino incluyen: (38)

- la solubilización de la hemicelulosa y,
- aumentar el contenido de digestión de celulosa y hemicelulosa, posiblemente por hinchamiento. El contenido de lignina generalmente no es reducido por un tratamiento químico, así que el aumento en la capacidad de digestión es, probablemente debido al rompimiento de enlaces entre lignina-hemicelulosa o lignina-celulosa sin una remoción de lignina. T. Klopffstein menciona que muchos investigadores han mostrado que los residuos de las diferentes especies de plantas responden de diversa manera a los tratamientos químicos (38).

Habers y colaboradores (1982), (25), realizaron ciertas investigaciones y encontraron que, con el tratamiento alcalino, la hidrólisis del material celular comienza con la cutícula interna y el tejido parenquimal circundante (hemicelulosa y celulosa) y no hay efecto sobresaliente sobre la lignina y tejidos vasculares o cutículas externas, lo cual sugiere que la lignina no sufrió cambios estructurales aparentes. Sin embargo, hay otros autores que han encontrado disminución en el contenido de lignina (24,47). Esto quizá se deba al grado de lignificación de la paja y al tipo de paja en cuestión, ya que la lignina penetra en las membranas de los polisacáridos y en los espacios de las células para endurecerlas y su presencia implica la muerte fisiológica del tejido. La lignina es insoluble en agua y en casi todos los solventes orgánicos; está compuesta por polímeros de dimetoxi-hidrofenilpropano y por monómeros de guayacilpropano. Además está enlazada con los carbohidratos de la planta, aunque todavía no es conocida la naturaleza de su enlace (31).

Mientras mayor es la edad de la planta y más adversas resulten sus condiciones de crecimiento, mayor será su grado de lignificación.

La paja que se utilizó en este tratamiento, fue una paja muy lignificada, debido a que se dejó mucho tiempo sembrada después de haber sido cosechadas las semillas. Esta paja tenía aspecto de vara dura y esto pudo de alguna manera influir en la penetración de la urea, al igual que pudo también participar en dicho fenómeno que el picado haya resultado insuficiente, lo cual pudo haber reducido la superficie de contacto con la urea; la paja no se picó demasiado porque se trataba de simular lo que se haría en el campo y para fines prácticos un picado excesivo resultaría muy

laborioso, sobre todo considerando la falta de equipo existente.

Cabe hacer notar, que la humedad alcanzada en este tratamiento fue, en términos generales de 34%, lo cual quizá resultó ser baja a estas condiciones y no favoreció óptimamente la penetración de la urea en dicho material, a pesar de que la urea por tener una baja constante de disociación, sea de acción rápida (45,47).

CUADRO 2.

FRACCIONES DE FIBRA EN LA PAJA DE AMARANTO.
 TRATADA Y SIN TRATAR CON UREA A DIFERENTES
 CONCENTRACIONES Y TIEMPOS DE TRATAMIENTO.
 (g/100g de Fibra Cruda B.S. *)

	Control	3 $\frac{1}{2}$ /30d	5 $\frac{1}{2}$ /30d	3 $\frac{1}{2}$ /45d	5 $\frac{1}{2}$ /45d
Paredes celulares	78.23 ±2.27	78.94 ±1.11	77.56 ±2.13	77.52 ±0.57	77.50 ±0.82
Contenido celular	21.77 ±2.27	21.05 ±1.11	22.43 ±2.13	22.48 ±0.57	22.49 ±0.82

FRACCIONES DE FIBRA OBTENIDAS A PARTIR
 DE LAS PAREDES CELULARES.
 (g/100g B.S. *)

Celulosa	42.57 ±1.37	42.81 ±1.41	41.67 ±1.35	42.70 ±0.87	40.62 ±1.59
Hemice- lulosa	16.71 ±1.14	15.35 ±0.84	17.06 ±2.78	15.59 ±0.68	17.86 ±1.69
lignina	18.72 ±0.68	17.49 ±1.61	18.17 ±1.23	18.00 ±0.43	17.52 ±1.08

- Se realizaron seis repeticiones en cada tratamiento.

* B.S. Base seca.

- No hubo diferencia estadística significativa (P>0.01).

En el cuadro 3 se muestran los resultados de la digestibilidad in vitro de materia seca y orgánica. En la de materia seca se observa un mayor incremento en el tratamiento de 5% de urea durante 30 días y aunque un poco más bajo que este, el de 5% de urea durante 45 días fue significativamente igual ($P > 0.01$), lo que nos puede sugerir que hubo una mayor influencia de la concentración de urea que del tiempo de reacción, al igual que ocurre con los resultados de digestibilidad de materia orgánica.

En general, los tratamientos tienden a aumentar la digestibilidad, tanto de materia seca como de orgánica. En varios estudios se ha encontrado que el aumento de la digestibilidad de la lignina con los tratamientos de amoníaco ha sido notable. Morrison (1974) (46), dio una posible explicación a dicho fenómeno, proponiendo que por el hecho de haber diferentes enlaces entre lignina-carbohidratos, uno sensible a la hidrólisis, otro a los álcalis y el último resistente, puede ser que al romperse los dos primeros haya habido un aumento en la digestibilidad (29).

Además, este efecto es atribuido al aumento en el valor nutritivo de las pajas tratadas, expresado en una ligera separación celular. En algunas ocasiones, los resultados del análisis químico proximal y los de fracciones de fibra no son buenos indicadores de la digestibilidad de la paja (3), debido tal vez a que hay grupos acetyl en la paja y celulosa cristalina, los cuales no fueron posibles de determinar en dicho experimento (28, 73, 74).

La eficiencia de los microorganismos en el rumen es, en gran parte, dependiente de los factores como son pH, disponibilidad de fuentes de carbohidratos y de nitrógeno. El tamaño y estructura de la paja, tiene mucho que ver con la disponibilidad de nutrientes y fermentación ruminal (20).

CUADRO 3.

DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE MATERIA SECA Y DE
MATERIA ORGANICA DE LA PAJA DE AMARANTO
TRATADA Y SIN TRATAR CON UREA A DIFERENTES
CONCENTRACIONES Y TIEMPOS DE TRATAMIENTO.
(% B.S. *)

	Control	3%/30d	5%/30d	3%/45d	5%/45d
	c	bc	a	bc	ab
DMS **	45.75	47.44	51.37	48.10	49.14
	±1.61	±1.02	±1.11	±1.13	±1.28
	c	bc	a	bc	ab
DMO ***	40.80	42.99	46.45	42.45	44.40
	±1.48	±1.07	±0.99	±1.15	±1.22

- Se realizaron seis repeticiones en cada tratamiento.

- Para cada variable, valores con literal distinta son estadísticamente diferentes (P<0.01).

* B.S. Base seca.

** DMS. Digestibilidad de materia seca.

*** DMO. Digestibilidad de materia orgánica.

El cuadro 4 presenta los resultados de pH, nitrógeno amoniacal y energía bruta. En el pH se apreciaba una ligera diferencia estadística ($P < 0.01$) en cuanto al control y los demás grupos, la cual es lógica, debido a que, con la adición de urea hay liberación de amoníaco lo que ocasiona ese aumento.

El contenido de nitrógeno amoniacal es muy bajo en comparación con resultados obtenidos por otros autores (24,47) ocasionado probablemente a una liberación de nitrógeno hacia el medio ambiente. Pero si hay una diferencia estadística ($P < 0.01$), el máximo valor de nitrógeno amoniacal se da a una concentración de 5% de urea, aunque también se aprecian valores altos en el tratamiento de 3% de urea durante 45 días. Al parecer el nitrógeno amoniacal aumenta a medida que se incrementa la concentración de urea, según lo que los resultados muestran.

La energía bruta prácticamente no varió, es decir, tanto la paja no tratada como la tratada liberan la misma cantidad de energía. La energía bruta de la paja de Amaranato es similar, aunque ligeramente superior a la de la paja de Trigo tratada con urea, la cual al haber sido tratada con 5% de urea demostró una energía bruta de 3.93 Kcal, mientras que la paja de Amaranato en el grupo control observó una energía de 4 Kcal (47).

CUADRO 4.

NITROGENO AMONICAL, pH Y ENERGIA BRUTA DE LA PAJA DE AMARANTO TRATADA Y SIN TRATAR CON UREA A DIFERENTES CONCENTRACIONES Y TIEMPOS DE TRATAMIENTO.

	Control	3 $\frac{1}{2}$ /30d	5 $\frac{1}{2}$ /30d	3 $\frac{1}{2}$ /45d	5 $\frac{1}{2}$ /45d
	a	b	cd	bc	d
Nitrógeno amoniacal (%) B.S.*	0.06 ±0.04	0.55 ±0.03	0.66 ±0.06	0.62 ±0.04	0.74 ±0.08
	a	b	b	b	b
pH	6.27 ±0.08	8.46 ±0.04	8.55 ±0.10	8.49 ±0.05	8.57 ±0.09
Energía bruta (Kcal/g) B.S.*	4.02 ±0.14	3.97 ±0.13	4.06 ±0.19	4.11 ±0.13	4.04 ±0.16

- Se realizaron seis repeticiones por cada tratamiento.

- Para cada variable, valores con literal distinta son estadísticamente diferentes (P<0.01).

* B.S. Base seca.

Los resultados del cuadro 5 son referentes a nitratos y oxalatos, estos análisis se hicieron con fines toxicológicos, resultando inocuos ya que, según se describió en la introducción concerniente a estos dos aspectos, se menciona que para que se alcance un nivel tóxico de oxalatos necesita haber un contenido del 10% o mayor en contenido de los mismos en base seca y en este caso el máximo nivel alcanzado es del 2.76% siendo en el grupo control; para que haya toxicidad en nitratos el contenido debe ser mayor al 2%, en el cuadro se observa un máximo nivel de 0.25% en el tratamiento de 3% de urea durante 30 días el cual, a pesar de ser el mayor se encuentra muy lejano al límite superior de tolerancia. Por eso es posible afirmar que los resultados obtenidos tanto en nitratos como en oxalatos resultan totalmente inocuos (49).

CUADRO 5.

OXALATOS Y NITRATOS DE LA PAJA DE AMARANTO
TRATADA Y SIN TRATAR CON UREA A DIFERENTES
CONCENTRACIONES Y TIEMPOS DE TRATAMIENTO.
(g/100g B.S. *)

	Control	3%/30d	5%/30d	3%/45d	5%/45d
Oxalatos	2.76	1.70	1.03	1.59	1.27
Nitratos	0.24	0.25	0.19	0.19	0.17

- Se realizaron dos evaluaciones por cada tratamiento.

* B.S. Base seca.

VI CONCLUSIONES.

Los tratamientos con urea al 3% y 5% durante 30 y 45 días aplicados a la paja de Amarantho aumentaron el valor nutritivo de la paja, por una adición de nitrógeno que, como resultado del tratamiento, es usado por la población microbiana ruminal quedando finalmente definida en términos de un aumento en la proteína cruda y en la digestibilidad.

Con este trabajo queda claro, que el tratamiento químico de alimentos bastos y de mala calidad forma parte importante para la futura alimentación animal (74), teniendo a la urea como una notable fuente de nitrógeno no proteico (la cual es hidrolizada en el rumen hasta amoníaco, contribuyendo a una mayor formación de biomasa microbiana (18), barata, disponible y de fácil aplicación para tratar dichos materiales (54).

También queda de manifiesto el uso de la paja de Amarantho en la alimentación de ruminantes, la cual hasta la fecha no es aprovechada a pesar de poseer innumerables propiedades.

Se recomienda realizar una investigación en la que se use paja de Amarantho recién cosechada ("fresca"), la cual sea tratada con diferentes concentraciones de urea y además, sea llevada a distintas humedades y tiempos con el fin de saber los parámetros óptimos para dichos tratamientos.

VII BIBLIOGRAFÍAS.

- 1) Aguilar Jazmini. Monografía de la Planta de la Alegría. Sistema Agrícola de Chinampa. Grupo de Estudios Ambientales, A.C. México, año 1. Vol.1. 1978.
- 2) Alba, Jorge de. Alimentación del Ganado en America Latina. Ed. La Prensa Mexicana. 2da. Edición. México. 1971.
- 3) Albersheim, P.: The Walls of Growing Plants. Scientific Amer., 232(4), 1975.
- 4) Anderson, W. and Anderson, J.: Utilization of Straw. In: Utilization and Recycle of Agricultural Wastes and Residues. Ed.: Shuler, L. M., CRN Press, Boca Raton, Florida, U.S.A., 1980.
- 5) Anónimo: Alimentos Básicos del Hombre. FAO, Italia, 1980.
- 6) Avila F., Suarez, R. G. y Calderon, M. Estudio Comparativo de Oxalatos y Nitratos en Seis Genotipos de Amaranto (*A. hypochondricus* L.) Coloquio Nacional del Amaranto, Qro., México, 1987.
- 7) Bacon, J. D. and Gordon, A. H.: Effects of Various Diacetylation Procedure on the Nylon Bag Digestibility of Barley Straw and Grass Cell Walls Recovered from Sheep Faeces. J. Agric. Sci. Camb. 20, England, 1980.
- 8) Bateman, J. V.: Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. Ed. Herrero Hermanos, Sucesores, S.A., México, 1970.
- 9) Blaxter, K.: Domesticated Ruminants as Sources of Human Food. Proc. Nutric. Soc., 29(2), 1970.
- 10) Capper, B. S. and Morgan, D. J.: Alkali-Treated Roughages for Feeding Ruminants.: A Review. Trop. Sci., 19(2), 1977.
- 11) Castaneda, F.: Esquilmos Agrícolas. Primer Simposio sobre Aprovechamiento de Esquilmos Agrícolas y Subproductos Industriales para la Alimentación Animal. Dirección General de Aprovechamiento Forrajero, México, 1982.
- 12) Cervantes, S. J. M.: Evaluación Nutricional de la Alegría (*Amaranthus hypochondricus* L.) como Alimento para Rumiante. Tesis M.C. Centro de Ganadería del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México, 1982.
- 13) Cheeka, P. R. y J. Bronson.: Feeding Trials with *Amaranthus* Grain, Forage and Leaf Protein Concentrates. Proceeding of the Second *Amaranthus* Conference. Rodale Press Inc., 1980.
- 14) Cheeke, P. R. and Shull L. R.: Natural Toxicans of Feeds and Poisonous Plants, AVI, USA., 1985.

- 15) Church, D. C. and Pond, W. G.: Basic Animal Nutrition and Feeding. Printed by Albany Printing Company., Oregon, 1975.
- 16) Dolberg, F. y Saadullah, M.: Almacenamiento de la Paja Tratada con urea. Revista Mundial de Zootecnia, 2, Italia, 1981.
- 17) Donafar E.: Physical Treatment of Poor Quality Roughages at Commercial and Farm Levels. En: Nuevos Recursos Forrajeros F.A.O. No.4. pp. 17-24, 1977.
- 18) Duchworth, R. H.: Poisoning of Cattle by *Amaranthus hybridus*. N. Z. Vet. J. 23(7):154-155., 1975.
- 19) Dyer, I. A., E. Riquelme., L. Baribo y Couch.: Residuos de Celulosa como Fuente Energética para Producir Proteínas de Origen Animal. Revista Mundial de Zootecnia (15):39-44., 1975.
- 20) E. E. Thomas., G. W. Turnbull and R. W. Russell.: Effect of Particle Size and Steam Treatment of Feedstuffs on Rate and Extent of Digestion (In vitro and In situ). J. Anim. Sci. 66(243-249), U.S.A., 1987.
- 21) Ervin M.S., B. N. Freeman and E. R. Raymond.: Livestock Poisoning Plants of Arizona. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, 1968.
- 22) García, L. y Trueba, C.: Uso Racional de los Esquilmos Agrícolas. Primer Simposio sobre Aprovechamiento de los Esquilmos Agrícolas y Subproductos Industriales para la Alimentación Animal. Dirección General de Aprovechamiento Forrajero, México, 1982.
- 23) Greenhalgh, J. F. D.: Use of Straw and Cellulosic Wastes and Methods of Improving Their Value. In: By-Products and Wastes in Animal Feeding. Occasional Publication No.3. British Society of Animal Production., 1980.
- 24) Gutiérrez, L. H. A.: Influencia del Rastrojo de Maíz Tratado con Hidróxido de Calcio y Amoniaco Anhidro sobre la Fermentación Ruminal de Ovinos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., 1987.
- 25) Habers, L. H., Kreitmer, G. L., Davis, G. V., Jr., Ramussen, M. A. and Corah, L. R.: Ruminal Digestion of Ammonium Hydroxide-treated Wheat Straw. J. Anim. Sci., 54(6), 1982.
- 26) Hadjipanayiotou, M.: The Effect of Ammoniation Using Urea on Intake and Nutritive Value of Chopped Barley Straw., Grass and Forages Science, 37, Sri-Lanka, 1982.
- 27) Han, Y. W., W. P. Chen and T. R. Miles.: Effect of Refiner Defibrizing on the Fermentability of Ryegrass Straw. Biotechnology and Bioengineering. Vol. 20., 1978.

- 28) Hartley, R.: Chemical Constitution, Properties and Processing of Lignocelulose Wastes in Relation to Nutritional Quality for Animals. Agricultural Environment, Netherland, 1981.
- 29) Herrera-Saldana, R. and Church, D.: Effect of Ammoniation Treatment of Wheat Straw on In vitro and In vivo Digestibility. J. Anim. Sci., 56,(4), U.S.A., 1983.
- 30) Holmes, W.: Animals for Food. Proc. Nutric. Soc., 29(2), 1970.
- 31) Irwin A. Pearl.: The Chemistry of Lignin., Marcel Dekker Inc., New York, 1967.
- 32) Jackson, M.: The Alkali-treatment of Straw. Anim. Feed. Sci. and Technol., 2, Netherland, 1977.
- 33) Jackson, M.: Métodos de Tratamientos de la Paja para la Alimentación Animal. Estudio F.A.O. de Producción y Sanidad Animal, 10, Roma, 1978.
- 34) James, L. T. y J. E. Butcher.: Halogeton Poisoning of Sheep. Effect of High Level Oxalate Intake. J. Anim. Sci. 35, 1972.
- 35) James B. J. F.: Utilización Intensiva de Pasturas. Centro Regional de Ayuda Técnica. Ed. Hemisferio Sur., 1974.
- 36) Kernan, J. and Crowle, W.: Straw Quality of Cereal Cultivars Before and After Treatment with Anhydrous Ammonia. Can. J. Anim. Sci., 59(9), 1979.
- 37) Kingsbury, J. M.: Poisonous Plants of the U. S. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs., 1964.
- 38) Klopfestain, T.: Chemical Treatment of Crop Residues. J. Anim. Sci. 46(3), U.S.A., 1978.
- 39) Kramer, B. and Tisdall, F. F. modified by Clark, E. P. and Collip, J. B.: Determination of Serum Calcium by Oxalate Precipitation and Redox Titration. Chem. Biol. J., 63: 461-463, 1925.
- 40) Lexander, K., R. Carlsson, V. Schalen., Simonsson Lundburg.: Quantities and Qualities of Leaf Protein Concentrates from Wild Species and Crop Species Grown under Controlled Conditions. Amaranthus, Tetrahymena. Ann. Appl. Biol. 66(2).., 1970.
- 41) Maderosian A. O., J. Beutler, W. Pfender, J. Chambers, R. Yoder, E. Weinstenberger y J. Seft. Nitrate and Oxalate Content of Vegetable Amaranth. Proceedings of the Second Amaranth Conference, Rodale Press., 1980.

42) Maynard, L. A. J. K. Loosli, H. F. Hints, R. G. Warner. *Nutrición Animal*. 7a. Edición. Mc. Graw Hill. 1981.

43) Mc. Donald P., R. A. Edwards y J. F. D. Greenhalgh. *Nutrición Animal*. Ed. Acribia. 2a. Edición. Zaragoza, España. 1975.

44) Moore, I. A.: Part I: General Principles Involved with Ruminants and Effect of Feeding. Pelleted or Waffered Forage to Dairy Cattle. 1973.

45) Morris, P. J. and Mowat, D. N.: Nutritive Value of Ground and/or Ammoniated Corn Stover. *Can. J. Anim. Sci.*, 60, 1980.

46) Morrison, I. M.: Structural Investigations on the Lignin Carbohydrate Complexes of *Lolium Perene*. *Biochem. J.* 139: 197, 1974.

47) Núñez, M. M.: Valor Nutritivo de la Paja de Trigo, Tratada con Urea, Hidróxido de Calcio y Sulfato de Amonio a Diferentes Porcentajes. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 1986.

48) Official Methods of Analysis. Edited by Sidnay Williams. Published by The Association of Official Analytical Chemists, Inc. U.S.A., 1984.

49) O'Hara, P.J. and A.J. Fraser.: Nitrate Poisoning in Cattle Grazing Crops. *New Zealand Vet. J.* 23(4):45-52, 1975.

50) Oji, I. and Mowat, D.: Alkali Treatments of Corn Stover to Increase Nutritive Value. *J. Anim. Sci.*, 44(5), U.S.A., 1977.

51) Oka, O. L.: The Ascorbic Acid Content of Nigerian Vegetables. *J. of Food Sci.*, 32, 1967.

52) Olalade, B. and Mowat, D.: Influence of Whole-plant Barley Reconstituted with Sodium Hydroxide on Digestibility, Rumen Fluid and Plasma Metabolism of Sheep. *J. Anim. Sci.*, 40(2), 1975.

53) Olufolagi, A. O. y T. O. Tayo.: Growth, Development and Mineral Contents of Three Cultivars of Amaranth. *Scientia Horticulturarae*. 13, 1980.

54) Ortega, C., Arellano, M., Madrigal, A. y López : Efecto del Tratamiento de Paja de Trigo con 5% de Urea y Tres Niveles de Humedad sobre Su Composición Química y Digestibilidad. Reunión de Investigación Pecuaria, México, 1984.

55) Ortega, Ma. Esther, Antonio Catalán y Fernando Pérez-Gil.: Efecto del Tratamiento con Urea y Sulfato de Amonio en la Composición Química de Rastrojo de Maíz. Memorias IX Congreso Nacional de Buiatría. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios

Especialistas en Rumiante. Puebla, México, 1983.

56) Ortega, M. E., Can, B., Herrera, F. y Pérez-Gil, F.: Efecto de la Inoculación del Hongo *Pleurotus ostreatus* sobre la Composición Química y Digestibilidad de la Paja de Cebada. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 1, 3, México, 1983.

57) Owen E.: Processing Roughages, In: Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths. London, 1978.

58) Pidgen, W. and Bender, F.: Utilization of Lignocelullose by Rumiante. World Animal Review, 4(7), 1972.

59) Rexen, F.: The Effect on Digestibility of New Technique for Alkali Treatment of Straw. Anim. Feed Sci. Technol., 1, Netherland, 1976.

60) Rivas, M. Virginia., Rodríguez, M. Martha y Rosiles, M. René.: Niveles de oxalatos en Forrajes Silvestres Procedentes de los Estados de Hidalgo, Guanajuato, México, Tlaxcala y D. F. Veterinaria México, 16, 1985.

61) Saadullah, M. and Dolberg, F.: Practical Methods for Chemical Treatment of Rice Straw for Rumiante Feeding in Bangladesh. In: Utilization of Low-quality Roughages in Africa. Edited by Kategila, J., Said, N. and Sundstol, F., Agricultural Development Report. 1. Norway, 1985.

62) Sanchez Marroquin, Alfredo.: Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. 1980.

63) Schmidt, D. R.: Comparative Yields and Composition of Eight Tropical Leafy Vegetables Grown at Two Fertility Levels. Agron. J. 63(4), 1971.

64) Steel, Robert G. D. y James H. Torrie.: Principles and Procedures of Statistics. Mc. Graw Hill. International Book Company, Tokyo, Japan, 1981.

65) Sundstol, F. and Coxworth, E.: Improving the Nutritive Value of Straw and Another Low-quality Roughages by Treatment with Ammonia. World Animal Review., 26, 1978.

66) Sundstol, F. and Coxworth, E.: Ammonia Treatment. In: Straw and Another Fibrous By-products as Feed. Edit. by Sundstol, F. and Owen, E., Developments in Animal and Veterinary Science, 14, Elsevier, Netherland, 1984.

67) Sunshine, Irvin.: Methodology for Analytical Toxicology. C.R.C. Press, Inc. N.Y., 1975.

- 68) Tejada, Irma.: Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. A. C., 1985.
- 69) Tautónico, A. R. and Knorr.: Cultivo Tisular de Amaranthus Tricolor: Metodología y Tasas de Crecimiento. El A. y su potencial, Boletín 1, 1986.
- 70) Theander, O.: Chemical Composition of Low Quality Roughages as Related to Alkali Treatment. In: Utilization of Low Quality Roughages in Africa, The Agricultural University of Norway, 1981.
- 71) Thompson D. J.; D. E. Beever; J. F. Coelho da Silva and D. G. Armstrong.: The Effect in Sheep of Physical Form on the Sites of Digestion of a Dried Lucern Diet. 1 Sites of Organic Matter, Energy and Carbohydrate Digestion. Br. J. Nutr. 28, 1972.
- 72) Van Soest, P. and Lovelace, F.: Solubility of Silica in Forages. J. Anim. Sci., 29, 1969.
- 73) Van Soest, P.: Plant Fiber and Its Role in Herbivore Nutrition, Cornell Vet., 67, U.S.A., 1977.
- 74) Van Soest, P.: Limiting Factors in Plant Residues of Low Biodegradability. Agricultural and Environment., 6, 1981.
- 75) Von Engalhardt, W.: Some Physiological Aspects on the Digestion of Poor Quality Fibrous Diets in Ruminants. Agriculture and Environment., 6, 1981.
- 76) Waagepetersen, J. and Vestergaard, T.: Effect on Digestibility and Nitrogen Content of Barley Straw of Different Ammonia Treatments. Anim. Feed Sci. Techn., 2, Netherland, 1977.
- 77) William, J. Banks.: Applied Veterinary Histology. Edited by Williams and Wilkins. U.S.A., 1981.
- 78) Wilson, R. and Pidgen, W.: Effect of Sodium Hydroxide Treatment on the Utilization of Wheat Straw and Poplar Wood by Rumen Microorganisms. Can. J. Anim. Sci., 44, 1964.