

93
24



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



Facultad de Estudios Superiores
"Cuautitlán"

**DIGESTIBILIDAD IN VITRO Y COMPOSICION QUIMICA DEL
RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON LEVADURA
(Saccharomyces cerevisiae) SULFATO DE AMONIO
Y SUPERFOSFATO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
REYES BUSTAMANTE GILBERTO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ASESOR DE TESIS:
Q B, LILIAN MORFIN LOYDEN
COASESOR:
I.A. DENEZ CAMACHO MORFIN



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 está 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.

INDICE

	pág.
RESUMEN	I
INTRODUCCION	2
1. Métodos físicos	11
1.1. Molienda	11
1.2. Irradiación	14
1.3. Alta presión-alta temperatura	14
2. Métodos químicos	18
2.1. Hidróxido de sodio	17
2.2. Hidróxido de amonio	19
2.3. Urea	22
3. Métodos biológicos	23
4. Suplementación	28
5. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	29
5.1. Conceptos	29
5.1.1. Valor nutritivo de los forrajes	29
5.1.2. Composición química	30
5.1.3. Digestibilidad	31
5.1.4. Consumo voluntario	32
5.1.5. El maíz	32
5.1.6. Clasificación	33
5.1.7. Morfología	33
5.1.8. Valor nutritivo del rastrojo de maíz	35
5.1.9. Levaduras	38
5.1.10. Morfología	38
5.1.11. Estructura	38

	pág.
5.1.12. Fisiología	37
5.1.13. Género <i>Saccharomyces</i>	41
6. OBJETIVOS	43
7. METODOLOGIA	44
8. RESULTADOS Y DISCUSION	47
9. CONCLUSIONES	52
10. RECOMENDACIONES	53
11. BIBLIOGRAFIA	56

LISTA DE CUADROS Y ANEXOS

	pág.
Cuadro 1 Composición química del rastrojo de maíz	35
Cuadro 2 Análisis Químico Proximal de la levadura <u>Saccharomyces cerevisiae.</u>	42
Cuadro 3 Análisis Químico Proximal y Digestibilidad in vitro del rastrojo de maíz sin tratar y precocido con HCl al 0.3% y tratado con levaduras, sulfato de amonio, superfosfato y melaza	54
Anexo 1 Producción total de esquilmos agrícolas de diversos cultivos.	55

RESUMEN

Este trabajo fue realizado en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, sobre la carretera Cuautitlán-Teoloyucan.

El objetivo fue valorar la composición química del rastrojo de maíz tratado con levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, superfosfato, sulfato de amonio y melaza.

Se realizaron varios modelos de tratamiento como sigue:

A) Rastrojo testigo (RT); B) Rastrojo cocido con ácido clorhídrico al 0.3% (RC); C) Rastrojo cocido con HCl al 0.3%, 5% de levadura y melaza (LM); D) Rastrojo cocido con HCl al 0.3%, 5% de levadura, sulfato de amonio, superfosfato y melaza (TS); E) Rastrojo cocido con HCl al 0.3%, 10% de levadura, sulfato de amonio, superfosfato y melaza (TD). Los tratamientos C, D y E, se incubaron a 39-40°C durante 24 y 48 horas.

Los resultados obtenidos mostraron un aumento en el nivel de proteína cruda en todos los tratamientos, a excepción de RC el cual se mantuvo en el mismo nivel que RT (5.93% y 5.96% respectivamente). Para LM, los datos obtenidos fueron de 12.91% y 13.20%; TS, tuvo los valores de 13.39% y 13.37%; TD marco los más altos 19.08% y 18.75%, cada uno de los tratamientos para las 24 y 48 horas de incubación respectivamente.

Para valorar la fibra, se utilizó la técnica de fibra detergente neutro (FDN) de Van Soest y Wine 1967, con la cual se obtuvieron los siguientes resultados: para RT fue de 75.88%; RC presentó el valor más alto para la FDN (77.14%); los valores de FDN para LM a 24 y 48 horas fueron: 72.10% y 69.37% respectivamente; los valores de TS fueron de 65.89% y 68.17%. TD mostro los mejores resultados para la FDN (61.59% y 61.26%)

El extracto etéreo de todos los tratamientos fue muy similar (RT:2.67%; RC:2.28%; LM:2.44% y 2.93%; TS:2.43% y 2.62%; TD: 2.33% y 2.98%); las cenizas de los diferentes tratamientos, también fueron muy similares entre sí (RT:8.37%; RC:7.58%; LM: 8.27% y 8.24%; TS:8.78% y 9.33%; TD:9.26% y 9.22%).

Los valores para el extracto libre de nitrógeno fueron: RT:8.92%; RC:7.15%; LM:4.26% y 8.28%; TS:9.51% y 8.51%; TD:7.74% y 7.49%.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DMSIV), se llevo a cabo mediante la técnica de Tilley y Terry 1963.

Los datos obtenidos para la DIVMS, manifiestan una tendencia similar a los resultados anteriormente presentados; RT presentó un valor de 58.90%; RC resulto con el valor más bajo de todos los tratamientos (45.95%); para LM los valores obtenidos fueron de 83.38% y 82.09%; los valores de TS fueron: 81.04 y 82.41% en 24 y 48 horas de incubación; los valores para TD

II

en los mismos tiempos de incubación fueron: 71.11% y 68.78% respectivamente.

Para la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVHO), se obtuvieron los siguientes resultados: RT 55.80%; RC 41.33%; para LM fueron de 58.98% y de 57.29% para las 24 y 48 horas; para TS fueron de 56.74% y de 59.09%; para TD fueron de 87.12% y 85.31%, también para las 24 y 48 horas de incubación.

La energía digestible (ED), se calculo para cada uno de los tratamientos a partir de la DIVHO, y se obtuvieron los siguientes resultados: RT 2480; RC 1819; LM 2588 y 2521; TS 2498 y 2600; TD 2853 y 2874; los valores de LM, TS y TD, son para las 24 y 48 horas respectivamente. Todos los valores de ED, están en Kcal/kg de materia seca.

La adición de 10% de levadura, manifiesta tener un efecto favorable sobre el rastrojo de maíz, en comparación con el rastrojo testigo.

INTRODUCCION

Los costos de alimentación representan la mayor inversión en la producción de carne para abasto; la producción de granos y su utilización en la alimentación animal, son cada vez más difíciles de obtener por sus constantes incrementos en sus precios.

Es por eso que se están buscando alternativas para la alimentación animal que sean más económicas y que llenen los requerimientos nutritivos de los animales en sus diferentes etapas productivas.

Los residuos de la cosecha de granos de cereales y leguminosas, como pajas y rastrojos, representan un gran potencial como fuente de alimentación de ruminantes en las etapas críticas de producción de forrajes.

Las pajas y rastrojos son producidos en grandes cantidades, y por cada kilogramo de grano producido, una cantidad similar de residuos es disponible como alimento (Klopfenstein 1978; Lessing 1981b). El rastrojo de maíz es el esquilmo agrícola que se produce en mayor proporción en el país, el cual es usado en una mínima parte para alimentar ganado (Anexo 1).

Se pueden distinguir tres tipos principales del uso de estos productos:

- A) Quema ó incorporación al terreno.
- B) Pastoreo directo.
- C) Recolección para la alimentación animal.

De estas, la actividad preponderante en México para el rastrojo de maíz es la recolección y posterior uso en animales semiestabulados en la época de sequía (Zorrilla 1982).

Por otra parte, el pastoreo no optimiza la utilización de los residuos del maíz, el cual ha sido bajo (20 a 30% por becerros (Fernandez y Klopfenstein 1978) y vacas (Lama y Ward 1981, ambos estudios citados por Klopfenstein 1987).

Esto también incluye pérdidas debido al medio ambiente, descomposición y al pisoteo.

Las pajas y rastrosos son alimentos de poco valor nutritivo (Bhargava et al 1988), pero aún con las limitaciones que presentan para ser usadas en la alimentación animal, el alto costo que presentan otros alimentos para ganado y la competencia que existe por algunos de ellos para emplearlos también en la alimentación humana, como sucede con los granos, es necesario aprovechar otros recursos para la alimentación animal, especialmente de rumiantes, como son los esquilmos agrícolas (Anderson 1978). Además, el rastrojo de maíz contiene la cuarta parte del valor nutritivo de la planta entera por lo cual no debe desaprovecharse (Flores 1988).

Las deficiencias nutritivas mas comunes de estos forrajes son de proteina, fósforo, cloruro de sodio, vitamina A, y energia digestible (Barnes y Marten 1979). Aunque la composición química es distinta entre las diferentes especies de pajas de cereales, estas tienen siempre dos características comunes:

- A) Bajo contenido de nitrógeno
- B) Alto contenido de carbohidratos estructurales (fibra) que representan del 70 al 80% de su materia seca (Adebawale et al 1989; Nakashima y Orskov 1988; Ranalho 1989).

El termino "paja" cubre un amplio rango de especies y variedades de plantas cuya digestibilidad es variable; esto tambien es valido en las diferentes estaciones del año. Las partes de las plantas también difieren en su digestibilidad; las hojas de las pajas de cereales son invariablemente más digestibles que los tallos, y los nudos del tallo usualmente más digestibles que los internudos. La proporción de ambas fracciones-hojas y tallos-, juega un papel menos importante en la digestión de las diferentes pajas de cereales. (Capper 1988; Ramanzin et al 1988; Orskov et al 1988; Shand et al 1988; Walli et al 1988; Nakashima y Orskov 1989; 1990; Orskov et al 1990; Ramanzin et al 1991).

Esta situación es aparentemente inversa en la paja de arroz a causa del alto nivel de sílice asociado con las hojas

(Jackson 1978; citado por Chesson y Murison 1989; Bainton et al 1987).

Sin embargo, aunque la disponibilidad de los residuos es elevada, su valor nutritivo para la alimentación de rumiantes es bajo (Wahed et al 1990), el valor nutritivo de estos residuos varia notablemente y aparte de lo que ya se menciona anteriormente, influyen también la técnica de cultivo, el grado de maduración, las condiciones de conservación y los métodos de preparación (Orcasberro 1979; Ramalho 1989).

Este valor nutritivo también depende de los carbohidratos presentes y de la digestibilidad de la fibra (Chesson 1990); la paja de los cereales de invierno es muy basta y leñosa, en la de los cereales de primavera, la fibra es más blanda y se desmenuza mejor durante el proceso de la rumia.

La paja de los cultivos de leguminosas es más rica en proteínas que la de los cereales, la paja de los campos bien abonados tienen mayor valor nutritivo que la de los suelos no fertilizados (Bovilev et al 1979).

La composición química de las diferentes pajas y rastrojos varia considerablemente aún dentro del mismo ingrediente; las pajas y rastrojos están constituidas por celulosa, hemicelulosa, cantidades variables de lignina y sílice (Van Soest 1987, citado por Anderson 1978).

Los residuos del maíz y del grano de sorgo pueden ser deficientes en proteínas para las vacas gestantes; de manera similar estos residuos son deficientes en ciertos minerales, particularmente fósforo y además son muy bajos en vitamina A. (Flores 1988; Church y Pond 1988).

De esta manera, es necesaria la suplementación de estos nutrientes para prevenir deficiencias (Ward 1978).

Las pajas de cereales difieren en dos aspectos respecto a la gran mayoría de las otras plantas, como material alimenticio ofrecido a los rumiantes.

Primero, aunque la cantidad de carbohidratos de la materia seca de la paja es de un 70-80%, y que representan una gran fuente potencial de energía para los rumiantes, estos están presentes únicamente en la forma de polisacáridos estructurales, los cuales forman las paredes celulares de todas las plantas (Church 1988; Nakashima 1989).

Los carbohidratos solubles y los almidones presentes comúnmente en los materiales alimenticios de otras plantas ofrecidas a los animales, están virtualmente ausentes en las pajas de cereales (Birkelo et al 1988).

Aunque el contenido de energía de los carbohidratos que están presentes ya sea como azúcares de bajo peso molecular al macenados ó como polisacáridos estructurales, su susceptibilidad al ataque microbiano en el tracto digestivo difiere muy

considerablemente (Anan y Graham 1980; Ranzanin et al 1991; Wallace et al 1991).

Los polisacáridos estructurales tienen invariablemente una menor velocidad de degradación que las otras formas de carbohidratos; el análisis químico de las paredes celulares, indica que la lignina está fija a la fracción de hemicelulosa, pero no hay evidencia de una unión similar entre la celulosa y la lignina (Junge y Vogel 1986).

Ellos también encontraron que los resultados obtenidos de su estudio, sugieren que de la asociación directa entre la hemicelulosa y la lignina, la inhibición de la digestión de la hemicelulosa debido al incremento en la concentración de la lignina, supuestamente inhibe en gran manera la digestión de la celulosa.

En otro estudio llevado a cabo (Monties 1991), *in vitro* e *in situ* con residuos de madera pretratada químicamente, sus observaciones lo llevaron a establecer la hipótesis de que la biodegradación de los residuos de la madera no está únicamente determinada por la naturaleza química de los polisacáridos, si no también por el medio ambiente específico.

La segunda razón que distingue a las pajas de otras plantas alimenticias, está relacionada con la maduración de la planta así como el tiempo de cosecha, y esto trae como conse-

uencia que las pajas sean consideradas como subproductos
(Klopfenstein et al 1987)

La cosecha de la paja se dicta por la maduración del grano y no por el valor nutritivo de la parte vegetativa de la planta. Como consecuencia, el proceso de lignificación que acompaña a la maduración de todas las plantas, es considerablemente mayor en las pajas que la que se presenta en los forrajes de pastoreo ó en los materiales cosechados antes del completo llenado del grano (Chesson y Murison 1989).

No hay duda que el nivel de lignina es el factor que más determina la accesibilidad de los polisacáridos de la pared celular para el ataque microbiano. La disponibilidad de los polisacáridos estructurales para el ataque microbiano, es un producto de dos factores: la cantidad de lignina presente y el grado ó extensión al cual esta unida a los polisacáridos (Barnes y Marten 1979; Reeves III 1983)(Chesson 1984, citado por Nakashima y Orskov 1989; Garleb et al 1988; Walli et al 1988) (Guggolz et al 1971, citado por Nakashima et al 1988).

Todos estos factores, hacen que sean los ruminantes los animales que tienen mayor capacidad para aprovechar las pajas y rastrojos gracias a los microorganismos que se encuentran en el rumen, sin embargo, no obstante que pueden utilizar la celulosa por medio de celulasas bacterianas, su aprovechamiento se ve limitado por la presencia de la lignina y sílice (Ortega

et al 1983).

Como ya se mencionó, estos productos son de baja digestibilidad y consumo voluntario; con una dieta de forraje de baja calidad, como las pajas y rastrojos, el consumo voluntario del alimento es un factor mayor que determina la productividad del animal (Zorrilla et al 1985). El bajo consumo voluntario de las pajas, es también debido a una baja degradabilidad y velocidad de paso a través del tracto intestinal (Welch 1982).

Cuando estos alimentos se suministran a los animales en su forma original, no permiten cubrir los requerimientos para mantenimiento y normalmente conducen a pérdidas de peso.

Es por esto que para proveerse de energía neta necesaria así como de proteínas para su mantenimiento y producción, los animales tienen que consumir grandes cantidades de paja. Sin embargo, la edad de los animales es otro factor limitante ya que los terneros no pueden consumir grandes cantidades de paja (Lescoing 1981a).

En resumen, la digestibilidad del alto contenido de fibra (carbohidratos estructurales) de las pajas, ocurre predominantemente por la fermentación microbiana (Welch 1982); sin embargo, la extensión del proceso es reducido y su velocidad es baja debido a la estructura y composición de la fibra (Aman y Graham 1980),

La alta disponibilidad de los esquilmos agrícolas, representa un gran potencial forrajero susceptible de ser más efectivamente aprovechado, ya que se considera que en México se dispone anualmente de 30 a 33 millones de toneladas de estos (Anexo 1).

Dadas todas estas consideraciones, es muy importante incrementar la utilización de los esquilmos agrícolas, y para lograr esto es necesario elevar su valor alimenticio. El valor alimenticio de la paja es algo que depende del valor nutritivo y del consumo voluntario de la misma; en términos de la paja, pueden seguirse dos caminos para mejorar su valor alimenticio.

Primero , por medio de la suplementación y segundo por el tratamiento ó procesamiento.

Dentro del procesamiento de las pajas, existen diferentes técnicas ó métodos para mejorar el valor nutritivo de las mismas, dentro de los cuales las más conocidas consisten en tratamientos físicos, químicos (Bhargava et al 1988) y biológicos

La finalidad del tratamiento de la paja, consiste en aumentar la digestibilidad y/o consumo voluntario, elevando con ello la ingestión de energía digestible (Jackson 1978).

Las diferentes formas de mejoramiento de las pajas son consideradas cuando el productor dispone de los residuos en la granja.

1.- Métodos físicos.

El procesamiento físico de las pajas y rastrojos puede incluir los siguientes métodos:

- A) Molienda (con opción a peletización).
- B) Irradiación.
- C) Alta presión y alta temperatura.

1.1. Molienda

Un método seco para incrementar el valor nutritivo de los residuos de las cosechas, es la molienda y este tal vez sea el más sencillo de los tratamientos físicos de los forrajes de baja calidad (Donefer 1977). El consumo de estos forrajes puede ser incrementado substancialmente por este método y su finalidad es la reducción del tamaño de las partículas (Van Soest 1982).

La reducción del tamaño de la partícula tiene varios factores importantes. Al reducirse el tamaño de la partícula, hay una mayor área de exposición al ataque de la flora ruminal (Pond et al 1984; Firkins et al 1988; Thomas et al 1988).

Es sabido que uno de los mayores factores que limitan el consumo de los forrajes de baja calidad por parte de los rumiantes, es la velocidad de paso de los residuos indigeribles a través del tracto digestivo (Firkins et al 1988); el tamaño de la partícula es el factor limitante en el paso del alimento a través del rumen, porque la reducción en el tamaño

de la partícula es necesaria para que ocurra el paso de la fibra indigestible.

Además, el tamaño de la partícula también juega un papel importante sobre el consumo voluntario (Welch 1982); por lo tanto, factores que limitan la reducción del tamaño de la partícula ó degradación microbiana, generalmente reducen el consumo voluntario de forrajes (Shimada et al 1986).

La paja por ser un alimento de baja densidad, ocupa un gran volumen; para un metro cúbico su peso varía entre 100 y 150 kg. La reducción en el tamaño de la partícula y la contracción de la estructura de la pared celular, resultan en un incremento de su densidad. La paja, para poder incluirse en las dietas para ganado, tiene que ser mejorado de algún modo su valor nutritivo y este se puede lograr a través de la ruptura de la lignina, que hace a la celulosa de la fibra más accesible para su desdoblamiento por los microorganismos ruminales (Ramalho 1989).

El incremento del consumo es por lo tanto, debido a un incremento en la densidad del material molido -el cual puede mejorar aún más si va seguido de un proceso de peletización- y a una reducción en el tiempo de rumiación por unidad de alimento consumido (Coombe et al 1979).

El efecto sobre el consumo parece grande en los forrajes más maduros y con baja digestibilidad y con partículas peque-

ñas (Jackson 1978)

El proceso de la molienda disminuye la digestibilidad debido a un incremento en la velocidad de paso a través de los preestomas y al reducido tiempo de fermentación microbiana (Firkins et al 1986; Thomas et al 1988).

La molienda fina, sin el tratamiento de peletización, presenta respuestas variables y esto puede estar relacionado a lo polvoso del alimento molido.

Morris y Howat 1980, encontraron que la molienda del olote de maíz, incremento el consumo a libre acceso de la materia seca y de la energía digestible. Estos mismos autores observaron que cuando la molienda del forraje mencionado se combinó con la amoníación, el resultado fue completamente aditivo.

En la peletización hay otros factores, los cuales son más difíciles de controlar ó describir. El vapor es frecuentemente requerido y con el calor de la fricción, la desnaturalización de proteínas y la gelatinización de los almidones se puede presentar; la marcada mejoría de la eficacia de la peletización y molienda de forrajes, es que estos aportan por el consumo, nutrientes digestibles en una cantidad mayor que para el mantenimiento de los animales. La molienda y la peletización incrementan la densidad del alimento y disminuyen el tamaño de la partícula, esto reduce el trabajo de digestión y rumiación (Van

Soest 1982).

1.2. Irrradiación

Diversos estudios in vitro, han demostrado que la radiación gama puede incrementar substancialmente la digestibilidad de los forrajes y de la madera (Pidgeon et al 1966; Huffman et al 1971; citados por Donefer 1977)(Pritchard et al 1982; citado por Nakashima et al 1988), pero resultados in vivo con la paja de avena irradiada, no mostró efecto alguno sobre el consumo voluntario y se disminuyó la digestibilidad de la materia seca (Mc Manus et al 1972; citado por Nakashima et al 1988)

1.3. Alta presión y alta temperatura.

Otro método para incrementar el valor nutritivo de las pajas y rastrojos, es la aplicación de vapor a presión. Este método parece incrementar la digestibilidad sobre un cierto nivel, dependiendo de las condiciones del tratamiento, pero también el consumo puede disminuirse si la presión es alta (Ramalho 1989).

En la paja de arroz, los métodos estudiados para mejorar su valor nutritivo a partir de una alta presión de vapor, no son efectivos a menos que se combinen con los álcalis (Donefer 1977).

Hart et al 1981, encontraron algún indicador de que una máxima digestibilidad de la paja de arroz es posible alcanzar-

se con el tratamiento de vapor, después de la cual viene una disminución de la misma por un tratamiento adicional. También encontraron que dependiendo del tiempo de tratamiento y de la presión, se volatilizaron de un 5 a 16% de los residuos los cuales se perdieron cuando la reacción se ventilo a la interperie

En este mismo estudio, las pruebas con los métodos enzimáticos usados para evaluar la efectividad del tratamiento, indican únicamente el aumento de la disponibilidad de los carbohidratos de las pajas. Sin embargo, un número de nuevos compuestos con posibilidades tóxicas son formados durante el proceso del tratamiento con vapor; estas substancias son fenoles y pueden ser formados a partir de la lignina bajo ciertas condiciones (Campbell 1973; citado por Donefer 1977; Church 1988).

En un experimento *in vivo*, Garret et al 1981, trabajando con corderos, observaron que la paja de arroz tratada con vapor a presión durante 20 segundos a 28 kg/cm, presentaron esencialmente la misma respuesta que los que comieron la paja sin tratar; sin embargo, un incremento del tiempo de tratamiento durante 90 segundos mostró un deterioro en todos los aspectos.

El consumo de todo el material tratado no fue suficiente para mantener el peso del animal.

En este mismo experimento se encontró que agregando NaOH ó NH a la presión de vapor, produjeron ganancias tan buenas como las obtenidas con el 82% de una dieta de alfalfa.

Kreuz 1974, (citado por Donefer 1977) observó que con una gran presión de vapor de 8 atmosferas, se liberaban los nutrientes de la paja a la vez que el vapor la convertía en pellets, también se incrementaba el valor nutricional de la paja; sin embargo, el tratamiento no es justificable económicamente.

Donefer 1977, resumió varios experimentos del Departamento de Agricultura de los E.U., estos experimentos buscaban mejorar la digestibilidad de la paja (y de otros forrajes) con una alta presión de vapor y una alta temperatura, pero concluyó que estos tratamientos parecen impracticables en las granjas y económicamente cuestionable a nivel comercial.

2. Métodos químicos.

En cuanto a los métodos químicos para tratar los forrajes fibrosos como las pajas y rastrojos, las soluciones de álcalis han recibido mayor atención demostrándose en la mayoría de los casos su efecto benéfico en el consumo voluntario, la digestibilidad y la respuesta animal, aún cuando sus ventajas económicas han sido puestas en duda (Klopfenstein 1978).

Las soluciones de álcalis más comúnmente usadas en el tratamiento de rastrojos y pajas, son las de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de calcio, carbonato de calcio y amoniaco ó hidróxido de amonio (Zorrilla 1982)

2.1. Hidróxido de sodio.

Numerosos artículos se han publicado (Klopfenstein 1978;

Coombe et al 1979; Birkelo et al 1988; Felix et al 1990), indicando que los tratamientos químicos de los forrajes de baja calidad particularmente con álcalis como el hidróxido de sodio, mejoran la degradación de los polisacáridos de la pared celular por los microorganismos del rumen.

Este mejoramiento del valor nutritivo es bien conocido y los productos químicos pueden ser aplicados a pajas de cereales y otros residuos de baja calidad procedentes de las cosechas, con grados variables de éxito (Hales 1987).

Para que la paja pueda ser completamente utilizada, la disponibilidad de su energía tiene que ser mejorada, y estos métodos químicos buscan ese fin.

El mejoramiento de los residuos de las cosechas por los tratamientos químicos, es el resultado de la ruptura de la estructura de la pared celular, en un punto donde las enzimas bacterianas y fungales en el rumen pueden hidrolizar los polisacáridos que antes no eran accesibles (Adebawale et al 1989)

Braman y Abe 1977, observaron que en sus estudios llevados a cabo, tanto la digestibilidad *in vitro* como *in vivo* de la paja de trigo, fue incrementada con el tratamiento de NaOH; similares resultados se obtuvieron con la paja de soya tratada (Felix et al 1990). Braman y Abe, además encontraron que adicionando urea a la dieta de paja tratada con NaOH, disminuye-

ron el promedio de ganancia y el consumo de materia seca.

El tratamiento con hidróxido de sodio incrementa la disponibilidad de la energía y la digestibilidad de los residuos de las cosechas (Klopfenstein 1978).

En relación a los niveles utilizados, el tratamiento químico de la paja de trigo con 3 ó 4% de NaOH, incremento la digestibilidad de la hemicelulosa y de la celulosa cuando se comparo con el tratamiento con 1% de NaOH más 3% de $(Ca(OH)_2)$, y el 4% de NaOH fue más efectivo en incrementar la digestibilidad de la hemicelulosa y la celulosa que el 3% de NaOH, en pruebas *in vivo* (Lescoing et al 1981b).

En casi todos los casos, la desaparición de la materia seca *in vitro* fue tan alta como *in vivo*. El rendimiento animal fue bastante variable y parece estar relacionado con la cantidad de paja en la dieta; cuando la paja se dio en una cantidad menor del 50%, se observó que se presentó un mejoramiento promedio de 8% en la ganancia diaria promedio en siete estudios realizados con ganado. Cuando los niveles de la paja fueron entre 50 y 80% de la dieta, hubo un mejoramiento del 33% en el rendimiento del ganado (Hales 1987).

De manera similar, un mejoramiento en el consumo del alimento se ha demostrado con la paja tratada con NaOH; este mejoramiento en el consumo del alimento y el incremento de la desaparición de la materia seca *in vivo*, esta asociada con una dia

minución en el tiempo de retención ruminal (Coombe et al 1979)

La aplicación de NaOH a las pajas de cereales, resulta en una solubilización de una fracción de la lignina inicialmente presente en la paja. El grado de solubilización está fuertemente relacionado con la mejoría en su degradabilidad y esto está determinado por la cantidad de álcali aplicado (Chesson y Murison 1989).

El tratamiento con hidróxido de sodio, aumenta el contenido de proteína cruda (Felix et al 1990)

2.2. Hidróxido de amonio ó amoniaco.

Por otra parte, el tratamiento con amoniaco es generalmente considerado más aceptable que otros compuestos químicos, como por ejemplo el hidróxido de sodio.

Dos métodos generales de aplicación del NH_3 en las pajas, ha sido evaluado; el método más comunmente usado es la amoniación en seco realizada por Sundstol et al 1977, (citado por Jackson 1978). El otro procedimiento, es un método húmedo que involucra la adición de agua a la paja en el tiempo de amoniación ya sea con gas amonia ó amoniación acuosa (Hales y Gaskins 1982).

Hales y Gaskins 1984, tratando paja de trigo con gas amonio, encontraron que el tratamiento húmedo fue superior al tratamiento seco.

El mejoramiento en la digestibilidad y el rendimiento animal, fue también grande en estos estudios cuando el consumo de la paja, en materia seca, fue mayor del 50%; el tratamiento de paja de cebada muestra resultados similares (Orskov et al 1988). Cuando se trato paja de arroz, aumento el potencial de degradabilidad para la materia seca y la materia orgánica (Cann'et al 1991); el mismo autor, encontró que la amoniación tendio a incrementar el conteo de bacterias celulolíticas teniendo como consecuencia un incremento en la digestion de la fibra.

En otro experimento (Zorrilla et al 1985), encontraron que la paja de trigo tratada con amoniaco, aumento la fragilidad de la misma; estos mismos autores establecen que los cambios observados en las características físicas y químicas de las pajas tratadas, pueden ser los responsables de las diferencias en la velocidad de digestión, el tiempo de permanencia en el rumen y el consumo voluntario.

La literatura indica que los resultados con hidróxido de sodio, son mejores en cuanto a la digestibilidad y rendimiento animal, que el tratamiento con NH_3 . El promedio en que se mejora la digestibilidad de la materia seca *in vitro* de las pajas tratadas con NaOH, es de 18 unidades porcentuales más que las pajas tratadas con NH_3 (54 contra 36% de mejoramiento de la digestibilidad).

Una ventaja de los forrajes tratados con NH_3 , es la adición de nitrógeno (Llanas-Llanas y Combs 1980; Cann et al 1981) lo que reduce la necesidad de suplementar nitrógeno; la disponibilidad biológica del nitrógeno suplementado como fuente de nitrógeno para el animal, es cuestionable (Hvelplund 1989).

Además aumentó el consumo de la materia seca y la desaparición de la misma (Males y Gaskins 1982; Llanas-Llanas y Combs 1980).

En otro estudio (Herrera-Saldaña et al 1982), se observó que el tratamiento de la paja de trigo tratada con NH_3 , incremento su valor nutritivo, pero la suplementación con energía puede requerirse para una máxima utilización del nitrógeno añadido por el tratamiento.

El alto valor de la energía neta de la paja de trigo tratada con NH_3 (1.45 contra 1.28 Kcal/g de materia seca), se debió principalmente a una disminución en la pérdida fecal y a una pequeña disminución en la pérdida urinaria (Birkelo et al 1988); resultados similares se obtuvieron tratando paja de cebada (Orskov et al 1988)

Aunque los beneficios del tratamiento con amoníaco no son tan buenos como con el NaOH , el amoníaco es barato, relativamente fácil de usar y también de proveer nitrógeno (Males 1987); otra ventaja que se observa sobre el NaOH , es que no

tiene el problema de residuos de sodio en las heces, las cuales pueden causar acumulación en la tierra cuando son usadas como abono para fertilizar (Streeter y Horn 1980, citado por Birkelo et al 1988).

La respuesta animal al tratamiento de las pajas, depende del balance entre el incremento de la velocidad de paso del rumen, el incremento de la velocidad de digestión, el incremento en el consumo de energía y la reducción en la digestión (Zorrilla et al 1985).

Jackson 1978, observó que los incrementos en las digestibilidades *in vitro* de las pajas, *in vivo* no eran tan marcadas ó consistentes; el tratamiento no siempre resulto en el incremento en el consumo y ganancia de peso (Llamas-Llamas y Combs 1990; Orskov et al 1991).

2.3. Urea.

La utilización de la urea adicionada a las pacas de paja cubiertas con polietileno, está basada sobre la demostración de que la urea tiene una extensa transformación a amoníaco (Hadjipanayiotou 1982, citado por Ramalho 1989).

En un experimento se utilizó paja de trigo tratada con urea y la adición de harina de soya descascarillada; de este trabajo se concluye, que la adición de harina de soya descascarillada puede ser beneficioso para reducir tanto la cantidad

de agua necesaria para el tratamiento, así como la duración del mismo (Sahnoune et al 1991).

En la paja de arroz, se presentó una diferencia cuando se trató con urea y cuando fué suplementada con urea.

El tratamiento con urea, aparentemente causó un cambio en la estructura física y química de la paja, resultando en un incremento de la materia orgánica digestible, ya que la urea añadida a la dieta un poco antes de que fuera consumida, no afectó el consumo ó digestibilidad (Tuen et al 1991). Este mismo autor reporta que la respuesta positiva a la paja tratada, se piensa fué debido a su alto contenido de nitrógeno en presencia de una alta cantidad de energía digestible.

Cuando el rastrojo de maíz se trató con urea y posteriormente se ensiló (4% de urea/l semana), también se presentaron resultados favorables en su digestibilidad (Alhassan y Aliyu 1991).

3. Métodos biológicos.

La posibilidad de aplicar métodos biológicos en el tratamiento de los esquilmos agrícolas, puede resultar en una alternativa al empleo de productos químicos caros (en dinero y energía), además se reduciría la contaminación. Sin embargo, es importante recordar que los organismos que pueden crecer en estos residuos agrícolas, tendrán que conseguir su energía a partir de éstos mismos. Los organismos que degradan la hemicelulosa y la celulosa no son los más adecuados, ya que privan

simplemente a los rastros de unos nutrientes que los mismos ruminantes pueden digerir sin necesidad de tratamiento (Jackson 1978).

Se han desarrollado diversos métodos para producir proteínas unicelulares utilizando la paja como fuente energética y sea directamente, cultivando en ella organismos celulolíticos ó bien indirectamente mediante la hidrólisis química ó enzimática de sus polisacáridos y utilizando los monosacáridos resultantes para producir fermentos, además es posible aumentar el valor alimenticio de la paja (Jackson 1978).

Heltay y Petofy 1985, (citados por Staniforth 1979) describen un trabajo húngaro en el que la paja fue sometida a un proceso de pasteurización y posteriormente inoculada con cultivos de hongos usando principalmente Agaricus bisporus, se almacena en una cámara con aire acondicionado por 2-3 semanas al término de las cuales se obtuvo un material de olor agradable conteniendo 18-28% de proteína.

Otro trabajo con basidiomicetos sobre la paja, fue reportado en los Estados Unidos por Kurtzman 1975, (citado por Staniforth 1979); el hongo de la ostra Pleurotus ostreatus creció en la paja y se produjeron 125 kg de hongos frescos a partir de 100 kg de peso seco de la paja.

Zadrazil 1975, (citado por Staniforth 1979), reporta que la paja de trigo inoculada con Pleurotus florida y bajo condi-

ciones apropiadas, dio cerca del 10% de peso seco en hongos, mientras que un 70% fue de CO_2 y agua, y restaron únicamente 20% de la materia seca original. Este residuo difiere en composición de la paja original.

Otra posibilidad es el uso de agentes semejantes como los hongos de la podredumbre blanca, los cuales son capaces de degradar la lignina y mejorar la digestibilidad de la paja; en los Estados Unidos (Kurtzman 1975) y en Inglaterra (1974) (citados por Staniforth 1979), se realizaron trabajos con hongos del tipo *Polyaticum sanguinea*, y fue en este último país donde se obtuvieron aumentos en la digestibilidad *in vitro* de la paja de cebada de 48% a 70%; además se agregó 2% de NaOH del peso total, sin embargo, el NaOH solo, aumentó la digestibilidad a 84% y esto es improbable que la digestión con el hongo pueda resultar tan provechoso.

Es posible aumentar el valor alimenticio de la paja por medio del crecimiento de organismos unicelulares en la misma.

En experimentos en los Estados Unidos (Yarris 1977, cita do por Staniforth 1979), la paja se picó con una longitud de 8 a 25 mm, se roció con ácido y se coció por 30 minutos; a la paja hidrolizada (algunos de los polisacáridos se convirtieron a glucosa), entonces se le añadió amoniaco, se le inocularon levaduras y se dejó fermentar por cerca de 36 horas y posteriormente se secó.

El contenido de la mezcla fermentada tuvo cerca del 14% de proteína, mientras que la digestibilidad de la paja también se mejoró, sin embargo la energía total de la paja decreció en el proceso; la proteína procedió principalmente de los organismos unicelulares y es altamente digestible.

Jackson 1978, reporta un trabajo del DAEUA (1977) que pudiera ser el mismo, con la diferencia que él reporta un contenido de proteína de entre un 7% y un 10%, además indica que la digestibilidad es de un 47%.

En México, la producción de proteína microbiana a partir de levaduras, a sido tema de discusión y se ha llegado a la conclusión de que puede ser una buena alternativa para abaratar los alimentos de los animales monogástricos, ya que ésta puede transformarse en una fuente de proteínas baratas y de fácil disponibilidad a nivel de granjas de cerdos y aves, teniendo favorables repercusiones socio-económicas para los productores (Martínez et al 1977).

4. Suplementación.

Al revisar la composición química de la paja, se observa que su primera limitación es debida al bajo nivel de nitrógeno; es aceptado que los forrajes de baja calidad pueden ser mejorados si se suplementan con nitrógeno proteico (Ward 1978) este mismo autor encontro que la proteína de origen natural produce mejores ganancias que la suplementación con nitrógeno

no proteico (NNP), también observo que la harina de soya pre-
ducía mejores rendimientos que otras fuentes de nitrógeno.

La utilización de la paja no tratada, puede ser optimiza-
da por la correcta suplementación proteica; para obtener la má-
xima producción animal, el suplemento proteico puede ser una
proteína preformada y NNP. Los factores de la proteína prefor-
mada que conducen a la paja a una máxima utilización, no están
identificados (Hales 1987).

Por otra parte, la energía es también un nutriente que se
encuentra en poca cantidad en la paja, y para que los rumian-
tes a través de la actividad fermentativa de su rumen se vean
beneficiados de un posible incremento en la disponibilidad de
esta energía contenida en las pajas y rastrojos, es indispensa-
ble se proporcione conjuntamente una fuente de nitrógeno que
subsane su deficiencia primaria y permita aprovechar la ener-
gía disponible en las pajas (Zorrilla 1982).

Es probable que cierta suplementación de minerales sean
también necesarios, pero en algunos reportes no se ha visto y
en otros se ha demostrado que la respuesta al consumo de la pa-
ja, es debido a una suplementación mineral aunque el efecto no
está claramente entendido; sin embargo, demandas específicas
de cobalto para la síntesis de vitamina B 12 y de azufre para
el crecimiento microbiano, sugieren su inclusión como suplemen-
to en las dietas basadas en paja (Lesoing 1981a)

En general, en México se han empleado las pajas y rastros generalmente a nivel experimental, no siendo usados en forma común en ocasiones por el elevado costo del equipo ó ingredientes que se necesitan para aplicar el tratamiento ó por el peligro que representa su manejo (Ortega et al 1983).

Aparentemente en nuestro país no existen trabajos relacionados con los tratamientos biológicos, por lo que es importante conocer su composición química para valorar su posible aplicación en la alimentación animal.

La finalidad del presente trabajo fue el de usar un tratamiento biológico para el rastrojo de maíz, conjuntamente con sulfato de amonio, superfosfato y melaza.

5. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

5.1. Conceptos

5.1.1. Valor nutritivo de los forrajes.

El valor nutritivo de los forrajes, es una expresión del potencial del ganado para producir carne, leche y otros productos a través de la utilización de los nutrientes disponibles de los forrajes.

Por otra parte los niveles de producción animal están controlados por la ingestión diaria de nutrientes y por la eficacia con la cual tales nutrientes pueden ser metabolizados en los procesos corporales (Barnes y Marten 1979).

La calidad nutritiva ó valor nutritivo de los forrajes pueden ser definidos como el tipo y la cantidad de nutrientes digestibles disponibles por el animal por unidad de tiempo.

El valor de los forrajes para ruminantes, también depende de la compleja serie de factores físicos y químicos; en general se considera que éste valor esta determinado por el producto de tres factores: consumo de alimento x digestibilidad del alimento x eficiencia de la utilización del mismo (Raymond 19 89, citado por Van Soest 1982).

La calidad de los forrajes y alimentos fibrosos varían al aumentar la edad de la planta, ya que la madurez de la misma hace que decline su valor nutritivo y estos cambios alteran la composición química porque involucran incremento en la ligni-

ficación y baja proporción de hojas y tallos.

5.1.2. Composición química.

La composición química es una división simplificada de los nutrientes disponibles en los forrajes. Esta división está dada por la parte húmeda y por la parte seca; a su vez la materia seca de las dietas se puede dividir en fracciones digestibles, las cuales están compuestas por una porción rápidamente soluble y por una porción parcialmente insoluble ó fibrosa.

La fracción soluble contiene substancias que son objeto de la acción de las enzimas secretadas en el tracto digestivo de los animales y es comparable a los contenidos en la fracción celular que son solubles en detergente neutro.

La composición química del alimento determina la disponibilidad de nutrientes para el animal que los consume y ésta junto con las características físicas y químicas, es responsable al menos de una parte muy importante del consumo (Oscaabarro 1979).

Las plantas contienen carbohidratos en diferentes estados de polimerización, que van desde monosacáridos, hasta polisacáridos de alto peso molecular como almidón, celulosa, hemicelulosa y pectina; las últimas tres están integradas a la matriz de la pared celular y por lo tanto se les ha denominado carbohidratos estructurales. Son causantes de la fibrosidad del ali

mento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta, son insolubles en agua y poseen una fermentabilidad potencial lenta y limitada. Una excepción a esto lo constituye la pectina, ya que es completamente fermentable en el rumen.

Los demás carbohidratos que no forman parte de la pared celular, se denominan no estructurales. Son compuestos activos en el metabolismo de la planta, se almacenan en órganos de reserva y están constituidos principalmente por azúcares libres como el almidón y la fructuosa; este grupo de carbohidratos posee un potencial de fermentación rápido y fácil en el rumen, al igual que en el proceso del ensilaje (Ruiz y Ruiz 1990).

5.1.3. Digestibilidad.

La digestibilidad es la proporción del alimento consumido que no es excretado en las heces y que se supone es absorbido, la digestibilidad aparente de los alimentos es la diferencia del porcentaje entre la cantidad del alimento consumido y las heces producidas, donde las cantidades de alimentos y las heces producidas son medidas en términos de materia seca(Minson 1982)

La digestibilidad de los alimentos puede ser estimada en el laboratorio mediante la incubación del fluido ruminal (Tilly y Terry 1983).

Los resultados obtenidos pueden ser citados como digestibilidades in vitro ó convertidos a digestibilidades in vivo, u

sando una regresión relacionada con las digestibilidades *in vitro* e *in vivo* (Laforest 1985).

5.1.4. Consumo voluntario

La producción de productos animales, depende de varios factores asociados entre los que se encuentran el consumo voluntario.

El consumo voluntario se ha definido como la cantidad de forraje consumido por el animal cuando tiene oportunidad de rechazar el 15% de la cantidad ofrecida. Este criterio parece no ser válido para forrajes toscos como el rastrojo de maíz, debido a que por las características físicas propias de éste tipo de forrajes, el animal rechaza una proporción mayor al 15% de la cantidad ofrecida; de esta forma, si el alimento ofrecido se ajustara para que el animal rechazara el 15%, el consumo diario disminuiría progresivamente (Blaxter et al 1981).

Otra definición (Forbes 1988), es que el consumo voluntario del alimento, es el peso comido por un animal ó grupo de animales durante un periodo de tiempo, durante el cual los animales tienen libre acceso al alimento.

5.1.5. El maíz.

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. Su nombre científico es Zea mays. Debido a que el maíz se ha cultivado en casi todas las partes del mundo, es posible encontrar

plantas de este cereal con algunas características diferentes (Llanos 1984).

5.1.8. Clasificación

De acuerdo con la estructura de sus granos, el maíz puede dividirse en subespecies, como sigue:

Zea mays indurata ó maíz cristalino

Zea mays amylacea ó maíz amiláceo

Zea mays everta ó maíz reventador ó palomero

Zea mays saccharata ó maíz dulce

Zea mays tunicata ó maíz tunicado

Zea mays cerea ó maíz cereo

Existen otras dos formas de maíz, que son:

Zea mays japonica. Se le clasifica como planta hortícola

Zea mays gracillina. Es una planta hortícola enana

(Llanos 1984)

5.1.7. Morfología.

El cultivo del maíz es de régimen anual, Su ciclo vegetativo oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha. La estructura del maíz es la siguiente:

Planta. Existen variedades enanas de 40 a 60 cm de altura hasta las gigantes de 200 a 300 cm. El maíz común no produce mazorcos.

Tallo. Es leñoso y cilíndrico. El número de los nudos varía de 8 a 25, con un promedio de 18.

Hoja. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos.

Su color usual es verde pero pueden encontrarse hojas rayadas de blanco y verde ó verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25.

Sistema radicular.

Raíz seminal ó principal. Esta representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas.

Raíces adventicias. El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio.

Puede alcanzar hasta dos metros de profundidad.

Raíces de sostén ó soporte. Este tipo de raíces se originan en los nudos, cercanos a

la superficie del suelo; favorecen una mayor estabilidad

Raíces aéreas. Son raíces que no alcanzan el suelo.

El maíz es monoico, es decir, tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores son estaminadas ó pistiladas. Las flores estaminadas ó masculinas están representadas por la espiga, las pistiladas ó femeninas son las mazorcas (Llanos 1984).

5.1.8. Valor nutritivo del rastrojo de maíz.

De acuerdo a la clasificación internacional de los alimentos, las pajas y rastrojos están comprendidos dentro del grupo de los forrajes toscos, perteneciendo al primero de los ocho grupos; estos forrajes se caracterizan por su alto contenido de fibra (mayor del 18X). Estos alimentos vacian el tracto digestivo y por lo tanto la digestibilidad es mínima, se reduce la utilización de nutrimentos y aumenta la excreción metabólica de nitrógeno fecal. El rastrojo de maíz esta formado por los tallos y hojas secas que quedan en el campo despues de la cosecha de las mazorcas; tiene escaso valor alimenticio, y la baja digestibilidad que posee se debe principalmente a su estado de lignificación (Morrison 1980). Su composición química se presenta en el cuadro 1.

CUADRO 1

Composición química del rastrojo de maíz	
Humedad (%)	5.03
Cenizas (%)	7.45
Proteína cruda (%)	8.89
Paredes celulares (%)	87.51
Contenido celular (%)	32.49
Fibra ácido detergente (%)	44.81
Lignina (%)	6.54

(Ortega et al 1983)

5.1.9. Levaduras

Entre mohos y levaduras no existe distinción patente, se han definido las levaduras como hongos cuya forma corriente y dominante de crecimiento es unicelular.

Las levaduras se clasifican fundamentalmente por sus características morfológicas, aunque para los microbiólogos de los alimentos son más importantes ciertas propiedades fisiológicas (Carpenter 1984)

5.1.10. Morfología.

La forma de las levaduras es muy variable esférica, ovoides, almonada, piriforme, cilíndrica, triangular ó incluso alargada en forma de micelo verdadero ó falso. Su tamaño varia notablemente, el tamaño de *Saccharomyces cerevisiae* oscila de 2 a 8 μ m por 3 a 15 μ m de longitud, la longitud de células de algunas especies llega incluso a 100 μ m (Davis et al 1983)

5.1.11. Estructura.

La estructura de la levadura esta compuesta por una pared celular, por una membrana celular, contiene un nucleo, una gran vacuola y numerosos granulos y glóbulos de grasa; no se encuentran flagelos ú otros órganos de locomoción.

La pared celular esta compuesta por una membrana externa densa y un a capa menos densa, la parte interna de la pared a su vez se subdivide en tres capas; la pared celular está inte-

grada por polímeros de glucosa y manosa, con cantidades pequeñas de proteínas, lípidos y quitina (Frazier y Westhoff 1985)

5.1.12. Fisiología

Las levaduras se dividen en dos grupos según sus métodos de reproducción: un grupo se reproduce por ambos medios, gemación y formación de esporas, el otro solo por gemación. El grupo formador de esporas se clasifica con los Ascomicetos; las levaduras que solo se reproducen por gemación, están incluidas en los hongos imperfectos porque carecen de una fase sexual.

La mayoría se reproducen asexualmente por gemación polar ó multilateral; la reproducción sexual de las levaduras "verdaderas" se realiza por ascosporas, sirviendo la propia célula de asca.

En la mayoría de las especies la formación de ascosporas va precedida de la conjugación de dos células, pero algunas pueden producir ascosporas sin conjugación previa, aunque ésta se realiza posteriormente entre las ascosporas ó células hijas (Brock 1978; Hartwell 1974).

Las levaduras necesitan los mismos elementos químicos que otras formas de vida: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, hierro, zinc, manganeso, cobre y molibdeno; los últimos cinco metales se necesitan en cantidades ínfimas como componentes ó activadores de enzimas.

Suele obtenerse el carbono de azúcares, ácidos orgánicos,

aldehidos ó glicerina; parte del carbono se utiliza para la síntesis de constituyentes protoplasmáticos, pero la porción mayor se oxida con la producción de energía para la síntesis y otros fenomenos vitales (Carpenter 1984; Fraizer y Westhoff 1985)

Se obtiene nitrógeno de productos de la hidrólisis proteica, y suelen emplearse como fuentes de nitrógeno en los medios de cultivo y en procesos industriales, sulfato, fosfato ó cloruro de amonio. El fósforo es esencial para el crecimiento y participa en forma importante en el metabolismo de los carbohidratos; suele ser añadido en forma de sal de fosfato (Carpenter 1984).

Las levaduras necesitan ciertos factores de crecimiento semejantes a las vitaminas. En terminos generales, las levaduras necesitan un poco más de agua que los mohos, pero menos que las bacterias; sin embargo, conviene insistir que entre las levaduras hay gran variación y algunas especies crecen en medios que contienen incluso 40% de agua como por ejemplo en miel ó jaleas.

Las levaduras crecen en límites amplios de pH, aunque los requerimientos son más limitados que los de los mohos. Muchas especies se multiplican en soluciones con acidez de pH 3 y alcalinidad de pH 7.5; la reacción óptima suele localizarse entre pH 4.5 y 5.0 (Fraizer y Westhoff 1985).

No hay crecimiento a temperaturas inferiores a las de congelamiento, ni tampoco a temperaturas superiores a 47°C; las temperaturas máximas para algunas especies son algo menores.

La temperatura más adecuada suele situarse entre los 20 y 30°C; la incubación a 30°C suele ser satisfactoria, se obtienen grandes cantidades de células ó bien de alcohol etílico a temperaturas algo menores, dado que el efecto inhibitorio de los productos tóxicos de desecho se acumulan más cuando aumenta la temperatura (Fraizer y Westhoff 1985).

Las esporas de levaduras resisten temperaturas bajas, sobreviven los factores climáticos de invierno y la congelación en la tierra; las células vegetativas de muchas especies son muertas en términos de 5 a 10 minutos con una temperatura de 52 a 58 C. Las esporas son más resistentes pero son muertas en términos de minutos con una temperatura de 80 a 82 C.

Las levaduras fueron los primeros microorganismos en que se encontro crecimiento en un medio sin oxígeno atmosférico; la multiplicación de las levaduras es más rápida y la cosecha de células es mayor en condiciones aeróbicas que en anaeróbicas, en consecuencia, se necesita abundancia de oxígeno en la elaboración de la levadura comercial, pero el oxígeno se excluye cuando se desea producir alcohol (Carpenter 1984).

Hay aproximadamente 30 géneros de levaduras, las más cong

cidas y de mayor importancia industrial son Saccharomyces.

Saccharomyces cerevisiae es la especie que se emplea en la elaboración de cerveza y pan (Brock 1978).

Las levaduras falsas se sitúan en la capa blanca ó grisácea que aparece en los alimentos ácidos; algunas especies utilizan el ácido orgánico que normalmente actúa como conservador lo oxidan para dar bióxido de carbono y agua, y así lograr condiciones adecuadas para descomposición ulterior.

Las levaduras son oxidativas, fermentativas ó ambas cosas a la vez; las levaduras oxidativas pueden crecer formando una película ó velo sobre la superficie de los líquidos y se denominan levaduras formadoras de película. Las levaduras fermentativas suelen crecer en toda la masa líquida (Fraizer y Westof 1985).

La clasificación fisiológica se ilustra por tres especies de Saccharomyces: S. cerevisiae, S. carlsbergensis y S. fragilis.

Estos microorganismos producen células ovales que se asemejan entre sí morfológicamente; más aún, todas fermentan la glucosa y producen grandes cantidades de bióxido de carbono.

Pueden diferenciarse, no obstante, por su actividad en el medio de cultivo que contenga otros dos carbohidratos, los disacáridos lactosa y melibiosa; estos compuestos tienen la misma fórmula empírica pero sus componentes de monosacáridos es-

tán unidos en forma distinta. S. caraviciae no fermenta lactosa ni melibiosa, S. carlsbergensis fermenta la melibiosa y S. fragilis fermenta la lactosa (Carpenter 1984).

5.1.13. Género Saccharomyces

Las células de estas levaduras pueden ser redondas, ovaladas ó alargadas e incluso llegan a formar pseudomicelio. Se reproducen por gemación multipolar ó por formación de ascosporas que pueden seguir a la conjugación, aunque también se desarrollan a partir de células diploides cuando éstas representan la fase vegetativa.

Las ascosporas, presentes en número de una a cuatro por asca, suelen ser redondas ó ovaladas; especies tipo S. caraviciae se utilizan en diversas industrias alimentarias para la fermentación del pan, como levaduras superficiales, en la fabricación de cerveza de tipo inglés, de vinos ó en la producción de alcohol, glicerol ó invertasa.

Las levaduras superficiales son formadoras muy activas y se desarrollan rápidamente a 20°C. La formación de CO₂ y el agrupamiento de las células hace que éstas sean arrastradas a la superficie y de ahí su denominación de levaduras superficiales.

Las levaduras profundas no forman aglomerados celulares, crecen más lentamente y efectúan mejor la fermentación a tempera

raturas más bajas (10 a 15°C). La ausencia de agrupamiento, su proliferación más lenta y la formación de CO₂ permiten que las levaduras se depositen en el fondo y de ahí el término de levaduras profundas (Brock 1978; Carpenter 1984; Fraizer y esthoff 1985; Hartwell 1974).

La composición química de la levadura se presenta en el cuadro 2

CUADRO 2

Composición química de la levadura
Saccharomyces cerevisiae

Materia Seca	92.48%	100%
Humedad	7.58%	0%
Proteína Cruda	41.57%	44.96%
Cenizas	5.87%	6.35%
Fibra Detergente Neutro	3.11%	3.36%
Extracto Etéreo	1.93%	2.09%
Extracto Libre de Nitrógeno	40.00%	43.22%

6. OBJETIVOS

- 1) Determinar las condiciones para el tratamiento del rastrojo de maíz con el uso de levaduras.
- 2) Evaluar la composición química del rastrojo de maíz tratado con levaduras, sulfato de amonio y superfosfato, por medio de los métodos del A.O.A.C. (1975).
- 3) Evaluar la digestibilidad del rastrojo tratado, por el método de Tilley y Terry (1963).

7. METODOLOGIA

Este trabajo se realizó en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcallí, Estado de México, el cual se localiza geográficamente entre los 19 grados 37 minutos y 19 grados 45 minutos de latitud norte, y entre los 99 grados 07 minutos y 99 45 minutos de longitud oeste. Los datos anuales promedio del clima son: temperatura 15.01 C; precipitación pluvial 57.20 mm humedad relativa 88.49% (Datos de la estación Meteorológica de la FES Cuautitlán, proporcionados por el Ing. Gustavo Mercado H.).

La FES Cuautitlán se localiza sobre el km 2½ de la carretera Cuautitlán-Teoloyucan.

Para el presente trabajo se utilizó rastrojo de maíz que se adquirió en paca comercial de las que se venden en las forrajeras, levadura, sulfato de amonio, superfosfato y melaza.

Todo el contenido de la paca se mezcló para obtener un material homogéneo, y por el método de cuarteo se obtuvo la muestra representativa que fue de aproximadamente 5 kg.

La muestra se molió en un molino Wiley con criba de 1 mm de aquí se envaso una parte en bolsas de plástico y otra en en

vases de cristal (muestra testigo).

Se pesaron 500 gramos de rastrojo seco y se colocaron en una olla de presión, con capacidad de 8 litros; al rastrojo se le agregó 4 litros de HCl al 0.3%, con la finalidad de ablandar el material, y se procedió a tratar con alta presión-alta temperatura durante 2 horas.

Terminado este proceso, el rastrojo se sacó y se colocó en charolas metálicas en las cuales se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente (23°C).

Se volvió a cuartear y se obtuvieron 3 muestras humedas de 500 g cada una; el procedimiento previo a la incubación fue el siguiente: al tratamiento de levadura melaza (LM) se le agregó 25 gramos de levadura y 15 gramos de melaza; al siguiente tratamiento (TS) se le agregaron 25 gramos de levadura, 1 g de sulfato de amonio, 750 mg de superfosfato y 15 gramos de melaza; y al último tratamiento (TD), se le duplicaron todos los ingredientes de TS para observar el efecto de una mayor cantidad de levadura sobre el rastrojo cocido

El rastrojo cocido y la levadura se mezclaron primero, después se agregó la melaza, el sulfato de amonio y el superfosfato.

Cada una de las muestras ya preparadas, se dividieron en dos partes aproximadamente iguales las cuales se colocaron individualmente dentro de botellas de plástico con capacidad de $\frac{1}{2}$ litro; de esta manera se tenían 6 botellas de plástico, dos

por cada tratamiento.

Dentro de los recipientes de plástico, las muestras preparadas se procedieron a incubar a 39-40°C en baño maría durante 24 y 48 horas; al terminar las 24 horas de incubación, se tomó aproximadamente la mitad de muestra de cada uno de los tratamientos por duplicado, y se mezclaron de tal manera que quedarán tres muestras, una por cada tratamiento.

Se dejaron enfriar a temperatura ambiente (23°C), se colocaron en charolas, se pesaron y se metieron a la estufa con aire forzado (55-60°C) durante 24 horas, después de las cuales se volvió a dejar enfriar y se tomó su peso.

De esta manera se obtuvo la humedad parcial para las tres muestras (LM, TS y TD); se volvió a moler cada muestra, se envasó y se etiquetó para su posterior análisis químico proximal y digestibilidad in vitro.

Para las 48 horas de incubación, el material restante de cada tratamiento, siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento y dos repeticiones por muestra.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar (Reyes 1982), y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey $\alpha=0.05$

B. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal y de la digestibilidad *in vitro* del rastrojo de maiz tratado con levaduras, así como el rastrojo cocido y el rastrojo testigo, se muestran en el cuadro 3

En los datos obtenidos para la proteína cruda, se puede observar que el valor más bajo correspondió a RT (5.98%); el tratamiento RC, presentó un valor similar al de RT (5.93%).

Al comparar los resultados de los tratamientos de LM y TS (12.91% y 13.20%; 13.39 y 13.37%) para las 24 y 48 horas respectivamente, aparentemente no hay diferencia en la cantidad de proteína cruda, con la adición del sulfato de amonio como fuente de nitrógeno no proteico, el que debiera manifestarse como un aumento en el nivel de proteína según la literatura (Ortega et al 1983).

Este resultado se puede deber a que la cantidad empleada de sulfato de amonio fue muy pequeña (.2%) y por lo tanto, no se ve reflejada sobre el resultado final

Cuando se compararon los niveles de proteína cruda de RT y LM, se observó una diferencia promedio de 7 unidades porcentuales; parte de este aumento en el nivel de proteína cruda se debió a la adición de levadura (Bovilev et al 1979), la cual aportó 2.5%, por lo tanto el incremento real en la proteína de LM sobre RT fue de 5.5%

Un resultado similar se obtuvo al comparar RT y TS, en donde la diferencia final también fue de 5.5%

Por otra parte, al realizar la comparación de RT y de TD, el valor final que se obtuvo fue de un incremento promedio de 8.5 unidades porcentuales de TD sobre RT.

Estos aumentos en los niveles de la proteína cruda, pueden ser debidos al crecimiento microbiano sobre el rastrojo de maíz, durante el tiempo de incubación (Yarris 1977, citado por Staniforth 1979).

En la comparación entre LM y TS, el porcentaje de sulfato de amonio empleado, junto con el del superfosfato (.15%), no parecen ser importantes para estimular el crecimiento microbiano, según los niveles de proteína cruda de ambos tratamientos, los cuales resultaron muy similares.

El tratamiento TD, presentó los niveles más alto de proteína cruda (19.08% y 18.75% para las 24 y 48 horas respectivamente).

Los mayores contenidos de fibra detergente neutro (FDN), se obtuvieron en el RT (75.88%) y en RC (77.14%). El resto de los tratamientos produjeron una reducción de la FDN, la cual tuvo la mejor respuesta con TD (LH: 72.10% y 69.37%; TS: 65.88% y 68.17%; TD: 61.59% y 61.28% para las 24 y 48 horas respectivamente).

La disminución promedio de 10 unidades porcentuales de la FDN, de TD en comparación con RT, hace pensar que el efecto de

las levaduras sobre el rastrojo de maíz, es muy favorable (Bq vilev et al 1978; Yarris 1977, citado por Staniforth 1978).

Como ya se menciona, la FDN de RC fue la más alta de todos los tratamientos, aun mayor que la de RT; este efecto se pudo deber a la posible formación de compuestos fenólicos, los cuales pueden disminuir la degradación de las paredes celulares por los microorganismos degradadores, así como su propio crecimiento (Fahey et al 1980; Garret et al 1981; Hart et al 1981; Jung y Fahey 1983; Church 1988).

Los valores para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), siguen una tendencia similar que los resultados anteriores. El valor de la DIVMS para el rastrojo cocido fue el más pobre de todos (45.95%), aun por abajo de RT (58.90%) y que posiblemente se dio así por el efecto directo de los compuestos fenólicos como se menciona anteriormente.

Los diferentes tratamientos con levaduras manifestaron una mejoría promedio de 3 a 11 unidades porcentuales sobre RT, siendo el valor más bajo para LM y TS, y el más alto para TD.

Para LM, los valores de DIVMS fueron: 63.38% y 62.09%; en TS los valores obtenidos fueron: 61.04% y 62.41%; nuevamente TD presento los valores más altos, los cuales fueron: 71.11% y 69.78%. Todos los valores son para las 24 y 48 horas respectivamente.

Estos resultados favorables en la DIVMS de los diferentes tratamientos con levaduras, sobre RT, se deben en parte a la

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

disminución de las paredes celulares y al aumento del nivel de proteína cruda, que en cierta cantidad es proporcionada por la levadura añadida y cuya digestibilidad es alta.

Los valores de DIVMS en TD, son más marcados porque hay una disminución promedio en la FDN de 14 unidades porcentuales y un aumento promedio en la proteína cruda de 13 unidades porcentuales sobre RT. De modo que, estos valores influyeron en cierta medida en el aumento de la DIVMS de TD.

La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) presento valores proporcionales en relación a la DIVMS (RT 55.90%; RC 41.33%; LH 58.98% y 57.29%; TS 58.74% y 59.09%; TD 87.12% y 85.31%; en 24 y 48 horas de incubación, respectivamente).

La energía digestible (ED) se calculo a partir de DIVMO; el valor más bajo correspondio a RC (1819) y está en acorde con su baja digestibilidad; RT tuvo un valor de 2480; los tratamientos de LH y TS, también fueron muy similares entre si (LH 2598 y 2521; TS 2498 y 2600). Los valores para TD fueron los más altos, y se vieron favorecidos así por su buena digestibilidad (2953 y 2874). Los valores de la ED para todos los tratamientos, están dados en Kcal/kg de materia seca.

Por otra parte, no se presento un efecto apreciable en los diferentes tratamientos, por la diferencia de los tiempos empleados (24 y 48 horas de incubación) basicamente fueron los

mismos.

Los datos analizados hasta aquí, nos muestran que TD, tiene un efecto positivo sobre RT; los valores de proteína cruda, FDN y DIVMS son marcados.

En general, los resultados concuerdan en su mayoría con los reportados en la literatura; los compuestos fenólicos que se forman en los tratamientos con alta presión-alta temperatura, se presume están presentes aquí por el alto valor de FDN y la baja DIVMS en RC que, sin embargo, por la presencia del HCl durante la cocción, se logra una cierta hidrólisis de los polisacáridos a azúcares más simples (Bovilev et al 1978; Yarris 1977, citado por Staniforth 1979), los cuales son aprovechados por los microorganismos y que se manifiesta sobre todo en TD.

9. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevo a cabo el experimento, se puede concluir que el tratamiento del rastrojo de maiz con el 10% de levadura (TD), muestra una respuesta favorable sobre el rastrojo testigo (RT).

De acuerdo al análisis químico proximal y a la DIVHS, el el rastrojo tratado de ésta manera, se presenta como una posibilidad de ser un alimento para animales, por su buen contenido de proteina y digestibilidad; junto con esto, los elementos utilizados, rastrojo de maiz, levaduras, sulfato de amonio, su superfosfato y melaza, favorecen esta posibilidad por su facil adquisición y manejo.

La gran disposición de rastrojo de maiz que existe en el país (anexo 1), le dan una buena perspectiva de poder ser producido en grandes cantidades y asi poder alimentar a los animales en ciertas épocas del año, cuando la escasez de otros tipos de alimentos es notable. Sin embargo, el factor más limitante es la cocción del rastrojo de maiz; la alternativa sería la de buscar y desarrollar un método que de resultados similares en cuanto al ablandamiento ó degradación de las paredes celulares; paralelamente este método tendra que buscar que la humedad del rastrojo cocido que pasa a la fermentación sea baja.

Y claro está, como observación final, la mejor respuesta y definitiva, será cuando este alimento se pueda probar con animales.

10. RECOMENDACIONES

Dadas las características preliminares de este trabajo, la recomendación sería la de estudiar más ampliamente todos los parámetros utilizados.

Diversas pruebas con diferentes materiales biológicos, tratados con alta presión-alta temperatura, muestran que hay un tiempo óptimo de tratamiento después del cual la calidad del material tratado así, disminuye (Donefer 1977; Garret et al 1981; Hart et al 1981), y que la presencia de compuestos fenólicos es más evidente.

También para la segunda parte del proceso, que es la fermentación con levaduras, se recomienda hacer un estudio más amplio para determinar con mayor exactitud el efecto de las levaduras sobre el rastrojo de maíz. Monties 1991, estableció la hipótesis de que la extensión de la biodegradación de la paja de trigo, fue determinada no únicamente por la naturaleza química de los polisacáridos presentes, sino también por el medio ambiente específico y la asociación con otros compuestos.

CUADRO 3

Análisis Químico proximal y digestibilidad in vitro del rastrojo de maíz sin tratar y precocido con HCl al 0.3% y tratado con levaduras sulfato de amonio, superfosfato y melaza.

Tratamiento*	Fracción* %	P.C. %	E.E. %	F.D.N. %	C %	E.L.N. %	DIVHS %	DIVMO %	E.D. Kcal/kg de M.S.	DIV100%MO %
RT	5.98c	2.87a	75.88a	8.37a	8.92b	58.80c	55.90c	2480c	81.81c	
RC	5.93c	2.28a	77.14a	7.50a	7.15b	45.95d	41.33d	1818d	49.68d	
LH 24 hrs	12.91b	2.44a	72.10b	8.27a	4.28c	83.38b	58.98b	2598b	69.89b	
LH 48 hrs	13.20b	2.83a	68.37c	8.24a	6.26b	62.09b	57.29b	2521b	67.87b	
TS 24 hrs	13.38b	2.43a	85.88d	8.78a	9.51a	81.04b	56.74b	2498b	66.92b	
TS 48 hrs	13.37b	2.82a	68.17c	9.33a	8.51b	82.41b	59.09b	2800b	68.83b	
TD 24 hrs	19.08a	2.33a	61.59e	9.28a	7.74b	71.41a	87.12a	2953a	78.70a	
TD 48 hrs	18.75a	2.98a	61.28e	9.22a	7.79b	69.78a	85.31a	2874a	76.87a	

* P.C.=proteína cruda; E.E.=extracto etéreo; F.D.N.=fibra detergente neutro; C=cenizas; E.L.N.=extracto libre de nitrógeno; DIVHS=digestibilidad in vitro de la materia seca; DIVMO=digestibilidad in vitro de la materia orgánica; E.D.=energía digestible. + RT=rastrojo testigo; RC=rastrojo cocido; LH=rastrojo cocido más 5% de levadura y melaza; TS=rastrojo cocido más 5% de levadura, sulfato de amonio, superfosfato y melaza; TD=rastrojo cocido más 10% de levadura, sulfato de amonio, superfosfato y melaza. En cada columna las medias seguidas por la misma letra, no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05

PRODUCCION TOTAL DE ESQUILMOS AGRICOLAS DE DIVERSOS CULTIVOS (TONELADAS)

ESTADO	CICLO: OTOÑO-INVIERNO 80/81					CIERRE PRELIMINAR DE COSECHA					TOTALES	
	AJOJOLI PAJA	ALGODON VARA	ARROZ PAJA	CARTAMO PAJA	CEBRADA PAJA	FRJOL PAJA	M A I Z RASTROJO	OLOTE	SORGO PATA	SOYA PAJA		TRIGO PAJA
AGUASCALIENTES					82							82
BAJA CALIFORNIA				3,988	15,325						263,336	282,169
BAJA CALIFORNIA SUR		1,770		202		194	3,362	400	195		54,895	61,074
CAMPESHE			4,613			518	1,367	163				6,700
COAHUILA				919	5,525						23,332	29,576
COLIMA						386	26,899	3,437	1,103			33,829
CHAPAS	1,503		413			15,485	168,797	26,077	1,626	76		206,089
CHIHUAHUA				45	31,732							31,840
DISTRITO FEDERAL												
DURANGO				92	3,125							3,217
GUANAJUATO					72,573	3,798	3,863	459				77,793
GUERRERO			12			1,668	75,670	9,000	920	2		87,272
HIDALGO						4,714	40,724	4,844				50,282
JALISCO			3,702	10,353	5,181	3,921	19,701	2,343	2,340			35,541
MEXICO						87	1,073	127				1,287
MICHOACAN	2		6,657	6,894	9,437	3,962	25,222	3,000	3,970			43,448
MORELOS						888	15,420	1,034	320			17,662
NAYARIT			8,222	12		77,353	47,541	5,655	70,096	1		132,077
NUevo LEON					4,412							4,412
OAXACA						2,663	149,212	17,748				179,623
PUEBLA					502	1,280	70,431	6,377				72,559
QUEBETARO					12,991							12,991
QUINTANA ROO			518			666	306	36				920
SAN LUIS POTOSI				581		3,012	14,004	1,666	8,890			13,552
SINALOA		7,787	6,941	11,264	22,604	126,214	1,210,584	141,990	6,226	27	496,190	2,031,277
SONORA				7,502	44,051	4,676	770,532	94,028				816,189
TABASCO						4,114	31,601	3,759	2,292			41,766
TAMAULIPAS	85	90,468	3,785	31,861		3,122	799,705	95,119	1,438,017	13	20,833	2,433,016
TLAXCALA												
VERACRUZ			45	16		19,089	308,220	36,668	4,942			368,924
YUCALTEC						502	2,608	310	63			3,483
ZACATECAS					748						706	1,454
TOTAL	1,670	100,025	34,908	73,127	228,574	278,070	3,808,894	653,040	1,521,000	120	2,865,045	9,414,223

SARH Subsecretaría Forestal

11. BIBLIOGRÁFIA

- Adebowale E.A., Orskov E.R., and Hotten P.M. 1989 Rumen degradation of straw. ~~the~~ Effect of alkaline hydrogen peroxide on degradation of straw using either sodium hydroxide or gaseous ammonia as source of alkali. Animal Production. 48:553-559.
- Alhassan W.S., and Aliyu S.U. 1991 Studies on urea-ammonia treatment of maize straw: treatment method and potential for dry season feeding of cattle in Northern Nigeria. Animal Feed Science and Technology. 33:289-295
- Aman P. and Graham H. 1990 Chemical evaluation of polysaccharides in animal feeds. En: Feedstuff evaluation. Edited by J. Wiseman; D.J.A. Cole. págs. 161-177 Butterworths London
- Anderson D.C. 1978 Use of cereal residues in beef cattle production systems. Journal of Anim. Sci. Vol.48 NQ3 págs 849-861
- A.O.A.C. 1975 Official Methods of Analysis. 12Th. Ed. Association of official Agricultural Chemist. Washington D.C.
- Bainton S.J., Plumb V. E., Capper B. S., and Juliano B. O., 1987 Botanical composition, chemical analysis and cellulase solubility of rice straw from different varieties. Animal Production. 44:481 (Abstr.)

- Barnes R.F., and Marten G.C. 1979 Recent developments in predicting forage quality. Journal of Anim. Sci. Vol. 48 N26
- Bhargava P.K., Orskov E.R., and Walli T.K. 1986 Rumen degradation of straw. #4. Selection and degradation of morphological components of barley straw by sheep. Animal Production. 47:105-110.
- Birkelo C.P.; Johnson D.E. and Ward G.M. 1986 Net energy value of ammoniated wheat straw. Journal of Anim. Sci. Vol 63 págs. 2044-2052
- Blaxter K.L., Wainman F.W., and Willon R.S. 1981 The regulation of food intake by sheep. Animal Production 3:51
- Bovilev E.F.; Pigarev N.V.; Potokin V.P.; Levedeb Yu. V Tsiren donkov N.D.; Krasota V.F.; Martino I.M. 1979 Ganadería págs. 125-129 Ed.Mir. Moscú URSS
- Braman W.L. and Abe R.K. 1977 Laboratory and in vivo evaluation of nutritive value of NaOH-treated wheat straw. Journal of Anim. Sci. Vol. 48 N 3 págs. 498-505
- Brock T.D. 1978 Biología de los microorganismos. págs.396-399; 714-716. 2da edición Ediciones Omega Barcelona, España.
- Cann I.K.O., Kobayashi Y., Wakita H., and Hoshino S. 1991 Digestion properties of ammoniated rice straw in the rumen and lower tract of sheep. Animal Feed Science and Technology. 35:55-66.
- Capper B.S., Thomsen E.F., Rihawi S., Termanini A., and Macrae

- 1988 The feeding value of straw from different genotypes of barley when given to Awassi sheep.
Animal Production 42:337-342.
- Carpenter P.L. 1984 Microbiología. págs.319-327.4ta edición.
Ed. Interamericana. México.
- Chesson A. and Hurison S.D.1989 Biochemical evaluation of straw as a feedstuff for ruminants. En: Evaluation of straw in ruminant feeding. pág Edited by M. Chenost and P. Reiniger. Ed. Elsevier Applied Science.
London and New York
- Chesson A. 1990 Nutritional significance and nutritive value of plant polysaccharides. En: Feedstuff evaluation. Edited by J. Wiseman; D.J.A. Cole. Butterworths
London
- Church D.C. 1988 The ruminant animal. pág 117;334 Editor Church D.C. Ed. Reston New Jersey
- Church D.C. and Pond W.G. 1988 Basic animal nutrition and feeding. pág 220-225 Third Edition. Ed. Wiley New York
- Coombe J.B., Dinius D.A., and Wheeler W.E. 1979 Effect of alkali treatments on intake and digestion of barley straw by beef steers. Journal of Anim. Sci. Vol. 49 Nq1 págs. 169-176
- Davis B.D., Dulbeco R., Eisen H.N., Ginsber H.S, y Wood W.B.Jr 1983 Microbiología. págs. 988-998. Salvat Editores
2da edición. Barcelona, España.
- Donefer E. 1977 Physical treatment of poor-quality roughages at commercial and farm levels. En: Nuevos recursos

forrajeros. Estudio FAO: Producción y sanidad animal. M4 Roma, FAO, págs. 17-23.

- Felix A., Hill R.A., and Diarra B. 1990 In vitro and in vivo digestibility of soya-bean straw treated with various alkalis. Animal Production. 51:47-81
- Fernandez Rivera S. and Klopfenstein T.J. 1989 Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle. Journal of Anim Sci. Vol.67 pág. 597
- Firkins J.L.; Berger L.L. Merchen N.R. and Fahey G.C. Jr. 1986 Effects of forage particle size, level of feed intake and supplemental protein degradability on microbial protein synthesis and site of nutrient digestion in steers. Journal of Anim. Sci. Vol.62 pág 1881
- Flores M.J.A. 1988 Bronstología Animal. págs. 382;519-521. Ed. Limusa. 3a Edición. 2da Reimpresión. México
- Forbes J.H. 1988 The voluntary food intake of farm animals. pág 1 1a edition. Ed. Butterworths London
- Frazier W.C. and Westhoff D.C. 1985 Microbiología de los alimentos. págs. 34-42. Ed. Acribia. 3a edición. Zaragoza España.
- Garret W.N.; Walker H.G. Jr; Kohler G.O. Hart M.R. and Graham R.P. 1981 Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. II. Lamb feeding studies. Journal of Anim. Sci. Vol.51 N22 pág 409
- Hart M.R.; Walker H.G. Jr.; Graham R.P.; Hanni P.J.; Brown A.

- H. and Kohler G.O. 1981 Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. I. Effects of process parameters. Journal of Anim. Sci. Vol.51 No 2 pág. 402
- Hartwell L.H. 1974 Saccharomyces cerevisiae Cell cycle. Bacteriological Reviews. Vol.38 No2 págs. 184-198.
- Herrera Saldana; Church D.C. and Kellems R.O. 1982 Effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. Journal of Anim. Sci. Vol.54 No3 pág 803-808.
- Hvelplund T. 1980 Protein evaluation of treated straws. En: Evaluation of straws in ruminant feeding. págs. 86-74. Edited by Chenost and P. Reiniger. Ed. Elsevier Applied Science London and New York
- Jackson M.G. 1978 Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal. págs. 4-14; 42-43. Estudio FAO #10
- Jung H.G. and Fahey G.C.1983 Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. Journal of Anim. Sci.Vol. 57. págs. 208-219.
- Jung H.G. and Vogel K.P.1988 Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. Journal of Anim. Sci. Vol.82 pág 1703
- Klopfenstein T. 1978 Chemical treatment of crop residues. Journal of Anim. Sci. Vol.48 No3 págs. 841-848
- Klopfenstein T.; Roth L.; Fernandez R.S. and Lewis M.1987 Corn residues in beef production systems. Journal of

- Anim. Sci. Vol.85 págs. 1139-1148.
- Laforest J.P.; Seoane J.R.; Dupois G.; Phillip L. and Flipot P
1985 Estimation of the nutritive value of silages.
Can. J. Anim. Sci. Vol.88 pág. 117
- Lesoing G.; Rush I.; Klopfenstein T. and Ward J. 1981a Wheat
straw in growing cattle diets. Journal of Anim.Sci.
Vol.51 NQ2 págs. 257-282
- Lesoing G.; Rush I.; Klopfenstein T; and Ward J.1981b Chemical
treatment of wheat straw. Journal of Anim. Sci. Vol
51 NQ2 págs. 283-289
- Llanas Lamas G. and Combs D.K. 1990 Effects of environmental
temperature and ammoniation on utilization of straw
by sheep. Journal of Anim. Sci. Vol. 88 pág 1719.
- Llanos Company M. 1984 El maíz. pág. 35-38 Ed. Mundi-Prensa
- Males J.R. and Gaskins C.T. 1982 Growth, nitrogen retention,
dry matter digestibility and ruminal characteristic
associated with ammoniated wheat straw diets.
Journal of Anim. Sci. Vol.55 NQ3 págs. 505-515
- Males J.R. and Gaskins C.T.1984 Forage sources for growing ca
ttle. Journal of Anim. Sci. Vol.85 págs. 1115-1124
- Males J.R.1987 Optimizing the utilization of cereal crop resi
dues for beef cattle. Journal of Anim. Sci. Vol.85
págs. 1124-1130.
- Martínez I. 1977 Alimentación básica y desarrollo agroindus-
trial. págs. 245-256. Fondo de Cultura Económica.
1a Ed. México
- Minson D.J.1982 Efecto de la composición química en la digesti

bilidad del alimento y su energía metabolizable.
 Nutrition Abstracts and Reviews. Series B. Vol 52
 NQ10 (Traducción libre: Ma. Yolanda Maldonado R)

Monties B. 1991 Plant cell walls as fibrous lignocellulosic composites: relations with lignin structure and function Animal Feed Science and Technology. 32:159-175

Morris P.J., and Howat D.N. 1980 Nutritive value of ground and/or ammoniated corn stover. Can. Journal of Anim Sci. 60:327-338.

Morrison F.B. 1980 Alimentos y Alimentación del ganado Tomos I y II págs. 419;435-437. Ed. UTEHA México

Nakashima Y., and Orskov E.R. 1989 Rumen degradation of straw. M7 Effects of chemical pretreatment and addition of propionic acid on degradation characteristics of botanical fractions of barley straw treated with a cellulase preparation. Animal Production. 48:543-551

Nakashima Y., and Orskov E.R. 1990 Rumen degradation of straw. M9 Effect of cellulase and ammonia treatment on different varieties of rice straws and their botanical fractions. Animal Production. 50:309-317

Orcasberro R.M. 1979 La digestibilidad de los alimentos. E.N.A. Chapingo. México.

Orskov E.R., Tait C.A.G., Reid G.W., and Flachowski G. 1988 Effect of straw quality and ammonia treatment on voluntary intake, milk yield and degradation characteristics of faecal fibre. Animal Production. 46:23-27

- Orskov E.R., Shand W.J., Tedesco D., and Morrice L.A.F. 1990 Rumen degradation of straw. #10. Consistency of differences in nutritive value between varieties of cereal straw. Animal Production. 51:155-162
- Orskov E.R., Reid G.W., and Kay M. 1991 Influence of straw quality and level of concentrate in a completely mixed diet on intake and growth rate in steers. Animal Production. 52:461-464.
- Ortega M.E.; Catalán V. y Pérez Gil R.F. 1983 Efecto de la adición de urea ó sulfato de amonio sobre la composición química del rastrojo de maíz. Reunion de Investigación Pecuaria en México. pág 888
- Pond K.R.; Ellis W.C. and Akin D.E. 1984 Ingestive masticación and fragmentación of forages. Journal of Anim. Sci. Vol 58 Nº6 págs. 1567-1574
- Ranallo Ribeiro J.M.C. 1989 Intake Measurement. En: Evaluation of straw in ruminant feeding. págs. 22-35 Edited by M. Chenost and P. Reiniger. Ed. Elsevier Applied Science London and New York.
- Ramanzin M., Orskov E.R., and Tuah A.K. 1988 Rumen degradation of straw. #2. Botanical fractions of straw from two barley cultivars. Animal Production. 43:271-276
- Ramanzin M., Bailoni L., and Beni G. 1991 Varietal differences in rumen degradation of barley, wheat and hard wheat straws. Animal Production. 53:143-150.
- Reyes C.P. 1982 Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas págs. 218-220. México.

- Reeves III J.B. 1983 Lignin composition and in vitro digestibility of feeds. Journal of Anim. Sci. Vol. 80 No1
- Ruiz E.M., y Ruiz A. 1990 Nutrición de rumiantes (Guía metodológica de investigación). IICA. RISPAC.
- Sahnoune S., Besle J.M., Chenost M., Jouany J.P., and Combes D
Treatment of straw with urea. 1991 Ureolysis in a low water medium. Animal Feed Science Technology. 34:75-93.
- Shand W.J., Orskov E.R., and Horrice L.A.F. Rumens degradation of straw. 1988 #5 Botanical fractions and degradability of different varieties of oat and wheat straws. Animal Production. 47:387-392.
- Shimada S.A.; Rodriguez G.F.; Cuarón I.J.A. Editores. 1988 Engorda de Ganado Bovino en Corrales. Consultores en Producción Animal, S.C. 1a edición México
- Staniforth S.R. 1979 Cereal straw. Oxford Clarendon Press. London págs. 103-115.
- Thomas E.E.; Turnbull G.W. and Russell R.W. 1988 Effect of particle size and steam treatment of feedstuffs on rate and extent of digestion (in vitro and in situ) Journal of Anim. Sci. 88:243-249
- Tilley J.M.A. and Terry R.A. 1983 A two stage technique for the in vitro digestion of forages crops. J. British grasses soc. 18:104-111
- Van Soest P.J., and Wine R.H. 1967 Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV The determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Official Anal. Chem. 50:50.

- Van Soest P.J. 1982 Nutritional Ecology of the Ruminants.
Ed. Corvallis, Oregon EEUU. O&B Books.
- Wahed R.A., Owen E., Naate M., and Hosking B.J. 1990 Feeding
straw to small ruminants: Effect of amount offered
on intake and selection of barley straw by goats
and sheep. Animal Production. 51:283-289.
- Wallace G., Chesson A., Lomax J.A., and Jarvis M.C. 1991 Lignin
-carbohydrate complexes in graminaceous cell walls
in relation to digestibility. Animal Feed Science
and Technology. 32:193-199.
- Walli T.K., Orskov E.R., and Bhargava P. 1988 Rumens degradation
of straw. Botanical fractions of two rice straw
varieties and effects of ammonia treatment. Animal
Production. 48:347-352
- Ward J.K. 1978 Utilization of corn and grain sorghum residues
in beef cow forage systems. Journal of Anim. Sci.
Vol. 48 No. 3 págs. 831-840
- Welch J.G. 1982 Ruminant particle size and passage from the
rumen. Journal of Anim. Sci. 54:885-894.
- Zorrilla R.J. 1982 Valor nutritivo de pajas y rastros para
ruminantes (la parte). Alimentación animal aplica-
da INIP año 3, fascículo 5. México
- Zorrilla R.J., Owens F.N., Horn G.W., and McNew R.W. 1985
Effect of wheat straw on performance and digestion
kinetics of cattle. Journal of Anim. Sci. Vol. 60
pags 814-821.
- Zorrilla R.J., Horn G.W., and McNea R.W. 1991 Nutritive value

of ammoniated wheat straw fed to cattle. Journal of
Anim. Sci. 69:283-294.