

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA AMONIFICACIÓN DE LA PAJA DE MAÍZ, SOBRE SU VALOR  
NUTRICIONAL**

**POR**

**RAFAEL ALEXIS CORONEL RÍOS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DE 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFEECTO DE LA AMONIFICACIÓN DE LA PAJA DE MAÍZ, SOBRE SU VALOR  
NUTRICIONAL

POR

RAFAEL ALEXIS CORONEL RÍOS

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

VOCAL:

  
DRA. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN

VOCAL:

  
MC. ARACELY ZÚNIGA SERRANO

VOCAL SUPLENTE:

  
MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ 

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFFECTO DE LA AMONIFICACIÓN DE LA PAJA DE MAÍZ, SOBRE SU VALOR  
NUTRICIONAL

POR

RAFAEL ALEXIS CORONEL RÍOS

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

## DEDICATORIA

### **A DIOS**

A ti señor por darme la alegría de vivir e iluminar mi camino, brindarme salud y fuerza necesaria para poder derribar todos los obstáculos, logrando así una de mis metas y porque en todo momento estas con migo y cada día me das la oportunidad de vivir y disfrutar de la compañía de mis seres queridos.

### **A MIS PADRES**

Con todo mi amor, respeto y admiración, para mis padres Dilvia Esther Ríos Jiménez y Rafael Alexis Coronel Hernández, como humilde muestra de gratitud, por su comprensión y confianza que siempre me han brindado, son los seres más importantes en mi vida y a quienes les debo todo, les agradezco por apoyarme siempre y porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión que amo, no fue fácil pues hubo momentos en los que creí no poder pero siempre estuvieron conmigo con palabras de aliento y guiando mi camino. LOS AMO.

### **A mis hermanos**

Dilvia Rafaela, Irina Johana y Armando José porque son parte de de mi vida y a quienes agradezco su apoyo en todo momento y por estar conmigo en los momentos más difíciles y haberme brindado su comprensión cuando lo necesité.

**A mi tío Israel Q. E. P. D:** Que Dios te tenga en su santa gloria que más que un tío fue un gran amigo y como un papá ya que convivimos juntos toda una vida, siempre estarás dentro de mi corazón te quiero mucho.

### **A MIS ABUELOS**

Basilio Ríos y Santos Concepción por ser unos de los pilares más grandes de mi vida, el cual será un motivo muy grande para día a día luchar por ser mejor, con todo mi amor. Siempre están en mi corazón

**A MIS SOBRINAS:** Alexa Irianis Romero Coronel, Abdelis Rafaela Quiel Coronel a quienes quiero y Amo con todo mi corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

**A mi Alma, Terra, Mater: UAAAN. UL** la cual llevo en el corazón siempre, que me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí, por el tiempo y espacio que me brindaste, porque gracias a ti recibí una formación que durara toda la vida y que me permitirá aplicar estos conocimientos con éxito.

A todos mis maestros de la carrera por sus conocimientos, consejos, confianza y formación.

### **Al PhD. Juan David Hernández Bustamante**

Por ser una de las personas que en algún momento del transcurso de mi carrera profesional me dio consejos de gran valor, y por brindarme su apoyo en el ámbito profesional y dedicarme su valioso tiempo para llevar a cabo este trabajo.

### **A mis Sinodales.**

PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

DRA. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN

MC. ARACELY ZUÑIGA SERRANO

MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS

## INDICE

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO.....	2
JUSTIFICACION.....	2
HIPOTESIS.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
MATERIALES Y METODOS.....	30
RESULTADOS.....	37
DISCUSION.....	37
CONCLUSIÓN.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

## LISTA DE CUADROS

### PÁGINA

1.	ELEMENTOS NUTRITIVOS NECESARIOS PARA EL MAÍZ.....	8
2.	ESTADIOS REPRODUCTIVOS Y VEGETATIVOS DE UNA PLANTA DE MAÍZ.....	10
3.	SOLUBILIDAD DE UREA EN AGUA.....	25
4.	SOLUBILIDAD DE UREA EN ALCOHOLES.....	26
5.	ANALISIS BROMATOLOGICOS Y DE VAN SOEST DE LAS MUESTRAS DE RASTROJO AMONIFICADO Y SIN AMONIFICA...	37

## LISTA DE FIGURAS

### PÁGINA

1. PICADO DE RASTROJO.....	31
2. AGREGANDO DILUCION DE UREA.....	31
3. EMBOLSADO DE MUESTRAS.....	32
4. SELLADO DE BOLSAS.....	32
5. AEREACION DE LA MUESTRA.....	33
6. DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA.....	33
7. MOLIDO DE LA MUESTRA.....	34
8. DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....	34
9. DETERMINACIÓN DE FIBRA DETERGENTE ACIDA.....	35
10. REPRESENTACION GRAFICA DE LOS RESULTADOS.....	36



## RESUMEN

Los rastrojos son subproductos derivados de las actividades agrícolas y son importantes por su uso como fuente de alimentación en la ganadería; en México representan 24% de la materia seca (MS) disponible para el consumo animal. La amonificación del residuo de cosecha del cultivo de *Zea mays* es una alternativa de alimentación de rumiantes que puede ser considerada por los productores especialmente en épocas críticas. Amonificando pajas de maíz, se logra una mejora en la calidad alimenticia de los esquilmos, pues se libera una buena cantidad de proteína. Existen métodos para tratar los forrajes fibrosos que permiten incrementar el consumo y la digestibilidad de estos alimentos y por lo tanto incrementar la productividad animal. Los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de sustancias alcalinas como amoníaco (NH<sub>3</sub>), hidróxido de sodio (NaOH) y urea (NH<sub>3</sub>) CO<sub>3</sub> (Asmud y Lars 1983, Klopfenstein 1980). En términos generales, el modo de acción de los álcalis es a través de la ruptura de las paredes celulares por medio de la solubilización de la hemicelulosa, la hidrólisis de los ésteres de ácidos urónicos y acéticos, aumentando la tasa de digestión ruminal de la celulosa al sufrir ésta un aumento en sus dimensiones y exponer mayor superficie al ataque de los microorganismos del rumen (Klopfenstein 1980). Al tratar el rastrojo con estas sustancias, se realiza una predigestión, por lo que se aprovecha de un modo más eficiente, ya que al hacerlo más disponible a los microorganismos del rumen se mejora la producción animal, con un costo menor de producción, ya que estos alimentos no son caros y las técnicas y materiales utilizados son sencillos. Otro aspecto importante en la producción animal es el determinar el tamaño óptimo del rastrojo para que pueda ser aprovechado por los microorganismos del rumen después de haber sido sometidos al tratamiento químico, por lo tanto los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar el efecto del amoníaco (NH<sub>3</sub>) anhidro sobre el rastrojo de maíz con diferente tamaño de partícula (molido, picado y entero) mediante análisis proximal y la determinación de la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) de dicho rastrojo de maíz. Obteniendo los siguientes resultados; Obtuvimos un aumento de la Proteína Cruda en el rastrojo amonificado, de igual manera con la proteína soluble, en el caso de la FDA y FDN se obtuvo una disminución en el rastrojo tratado, en el caso de la Grasa Cruda también obtuvimos un aumento en el rastrojo Amonificado.

Palabras Claves: Maíz, Rastrojos, Urea, Amonificación, Proteína.

## INTRODUCCION

En México es común la utilización del rastrojo de maíz como alimento para rumiantes, pese a que posee poco valor alimenticio, baja digestibilidad y es muy tosco debido a su estado de lignificación. El interés por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes se ha venido incrementando en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Es también importante la competencia nula entre monogástricos y rumiantes por alimentos fibrosos y, la habilidad que tienen los rumiantes para convertir esos materiales fibrosos en productos útiles para el hombre (carne, leche, pieles, lana, etc.). En México se producen alrededor de 70 millones de toneladas de residuos agrícolas de las cuales el rastrojo de maíz, de sorgo y paja de trigo, representan 58,0; 12,0 y 15,0%, respectivamente (INEGI; 1997).

Existen métodos para tratar los forrajes fibrosos que permiten incrementar el consumo y la digestibilidad de estos alimentos y por lo tanto incrementar la productividad animal. Los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de sustancias alcalinas como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ) y Urea ( $\text{NH}_3$ )  $\text{CO}_3$  (Asmud y Lars 1983; Klopfenstein 1980). En términos generales, el modo de acción de los álcalis es a través de la ruptura de las paredes celulares por medio de la solubilización de la hemicelulosa, la hidrólisis de los ésteres de ácidos urónicos y acéticos, aumentando la tasa de digestión ruminal de la celulosa al sufrir ésta un aumento en sus dimensiones y exponer mayor superficie del ataque de los microorganismos del rumen ( Klopfenstein, 1980)

Al tratar el rastrojo con estas sustancias, se realiza una predigestión, por lo que se aprovecha de un modo más eficiente, ya que al hacerlo más disponible a los microorganismos del rumen se mejora la producción animal, con un costo menor de producción, ya que estos alimentos no son caros y las técnicas y materiales utilizados son sencillos. Otro aspecto importante en la producción animal es el determinar el tamaño óptimo del rastrojo para que pueda ser aprovechado por los microorganismos del rumen después de haber sido sometidos al tratamiento químico.

**Objetivo:**

Evaluar el efecto de la amonificación sobre la composición química del rastrojo de maíz.

**Justificación:**

El buscar opciones económicas para los insumos que integran las dietas de los animales, y lograr incentivar la producción animal, justifican a nuestro juicio la elaboración del presente trabajo.

**Hipótesis:**

El efecto de la amonificación sobre los enlaces ligno – celulósicos de los esquilmos, mejorara notablemente su composición química, sobre todo en la proteína cruda.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Origen**

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea*.

### **Descripción de la planta**

El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que ha sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces disminuye después que la plúmula emerge, y virtualmente, detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo; esto ocurre, por lo general, a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue colocada la semilla. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a los siete o diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta, y además absorbe agua y nutrimentos. Mistrik y Mistrikova (1995) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz. El tallo de la planta es robusto, formado por nudos y entrenudos más o menos distantes; presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 centímetros de ancho por 35 a 50 centímetros de longitud; tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado.

Desde el punto donde nace el pedúnculo que sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta.

### **Hábitos de floración**

El maíz es normalmente monoico, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina; y flores femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas); así, el maíz produce su rendimiento económico (grano) en ramificaciones laterales. Como resultado de esta separación de mazorca y panoja, y del fenómeno llamado proterandia en la floración, el maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación.

### **MAÍCES DE ALTA CALIDAD PROTEICA**

Son maíces que han sido desarrollados a través de métodos convencionales de mejoramiento genético y no por ingeniería genética.

La alta calidad proteica de estos maíces se debe al efecto del gen mutante Opaco-2 que duplica el nivel de los aminoácidos esenciales: Lisina y Triptofano en el grano, que proporcionan una característica harinosa, por lo que en sus inicios se les llamó maíces suaves. Este gen fue descubierto en 1964 por la Universidad de Purdue, Estados Unidos.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) han trabajado, desde la década de 1970, en el mejoramiento de poblaciones de maíz para seleccionar genes modificadores del endospermo; para obtener un tipo de grano duro parecido a un maíz normal.

### **FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS**

El maíz es una planta dotada de una amplia capacidad de respuesta a las oportunidades que ofrece el medio ambiente, y tiene alto nivel de respuesta a los efectos de la luz. Actualmente, existen diversidad de cultivares útiles para su cultivo bajo condiciones naturales muy distintas de las propias de su hábitat original.

### **Adaptación**

El maíz posee buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los mejores rendimientos se obtienen en el rango comprendido entre 0 a 900 msnm, y la planta alcanza una altura de 2 a 2.65 metros, por lo que estos germoplasmas son considerados como tropicales. Como cultivo comercial, crece entre la latitud 55° N y 40° S.

### **Suelo**

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas.

En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua.

El maíz, en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes.

### **Agua**

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales.

Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento.

Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas,

hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período.

En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo.

El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento; es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra, hasta aproximadamente los 15-20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos.

Más tarde, en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento.

## **SEMILLA**

Es muy importante usar semilla de alta germinación (mínimo 85%) y de pureza varietal, características que son garantizadas por los productores de semilla. Para el caso de maíces híbridos es recomendable adquirir nueva semilla para cada siembra; mientras que para variedades mejoradas de polinización libre la semilla puede utilizarse por dos o tres años, previa a una correcta selección.

### **Forma y tamaño**

En la semilla de maíz se pueden encontrar formas redondas y planas, así como tamaños, desde pequeños, hasta extra grandes. Es muy importante saber que todos los tipos y tamaños de semilla de maíz tienen las mismas características genéticas; en el caso de los híbridos poseen la potencialidad de vigor híbrido que los hace de mayor potencial de rendimiento, lo que quiere decir que la forma de la semilla no es determinante para una buena producción comercial.

### **Métodos de siembra**

La siembra puede efectuarse en dos métodos o formas:

## **Manual**

Esta se efectúa especialmente en terrenos con pendientes mayores al 20%, utilizando para ello el chuzo o espeque para hacer un hueco en el suelo y depositar la semilla. El distanciamiento entre surco oscila entre 0.80 a 0.90 m y; entre posturas, 0.40 a 0.50 m, depositando 2 semillas en cada una de ellas, para obtener una densidad de 50,000 plantas por hectárea (43750 plantas/mz). La población óptima para una producción satisfactoria es 6,5000 plantas/ha (4,5000 plantas/mz) que se obtiene con un distanciamiento entre surco de 0.8 m a 0.40 cm entre postura y dos plantas por postura. Los distanciamientos entre surco pueden variar dependiendo si el agricultor siembra cultivos en relevo como frijol o sorgo (maicillo), pero en especial la topografía del terreno y otras circunstancias como la existencia de piedras en el mismo.

## **Mecanizada o con tracción animal**

Este método se utiliza en terrenos de topografía plana a semiplana, donde tanto la preparación del suelo como la siembra pueden ser mecanizadas. Se puede también realizar la preparación de suelo (arado, rastra) con maquinaria; luego, surcar con bueyes y sembrar en forma manual, dejando un distanciamiento entre surco de 0.80 a 0.90 m, y 0.40 a 0.50 m entre postura, depositando 2 semillas en cada una.

Cuando las áreas son más grandes, la siembra se efectúa con maquinaria, con un distanciamiento entre surco igual que el anterior, la sembradora deposita de 10 a 12 semillas por metro lineal, efectuando posteriormente un raleo para dejar un distanciamiento entre plantas de 0.20 a 0.25 m. En ambos sistemas, la densidad puede variar entre 50,000 a 60,000 plantas por hectárea (35,000-45,000 plantas/mz).

## **REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ**

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrimentos.



En el siguiente cuadro se presentan las necesidades de algunos elementos nutritivos para el maíz híbrido de alta producción.

### **CUADRO 1. ELEMENTOS NUTRITIVOS NECESARIOS PARA EL MAÍZ**

<b>ELEMENTO</b>	<b>Kg/Ha</b>
* Nitrógeno	187
* Fósforo	38
* Potasio	192
* Calcio	38
* Magnesio	44
* Azufre	22
Cobre	0.1
Zinc	0.3
Boro	0.2
Hierro	1.9
Manganeso	0.3
Molibdeno	0.01

\*Nutrimentos que se absorben en mayores cantidades (macroelementos) y elementos secundarios.

#### **Nitrógeno**

La demanda de Nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de

alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kilogramos de Nitrógeno por cada tonelada de grano producida.

### **Fósforo**

Aunque la cantidad de Fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el Nitrógeno y el Potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz, y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes.

También este elemento es muy importante para el desarrollo radicular. La cantidad de Fósforo extraída por las plantas en condiciones normales de cultivos es aproximadamente 10 kilogramos por tonelada de grano cosechado.

### **Potasio**

El maíz necesita grandes cantidades de Potasio y casi lo toma en los 30 primeros días de la planta.

### **Fertilización**

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios.

## **ASPECTOS SOBRE FENOLOGIA**

### **DESARROLLO DE LA PLANTA Y CICLO DEL CULTIVO**

El desarrollo del cultivo consiste en una sucesión obligatoria de etapas o fases dadas en un orden riguroso e irreversible, correspondiendo a la iniciación de órganos nuevos, es un fenómeno puramente cualitativo. Llamamos ciclo de

desarrollo al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto. Este ciclo comprende dos etapas bien definidas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo.

Las subdivisiones del estadio vegetativo (V) son designadas como V1, hasta V(n), siendo (n) la última hoja antes del panojamiento (VT) para el cultivar considerado (Ritchie et al, 1986). El número de hojas varía de acuerdo al cultivar y el efecto ambiental.

**CUADRO 2. ESTADIOS REPRODUCTIVOS Y VEGETATIVOS DE UNA PLANTA DE MAÍZ**

<b>Vegetativo</b>	<b>Reproductivo</b>
VE emergencia	R1 barbas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 lechoso
V3 tercera hoja	R4 pastoreo
V3 tercera hoja	R5 dentado
V3 tercera hoja	R6 madurez fisiológica
V(n) n hoja	
VT panojamiento	

(Ritchie et al., 1986)

**Estadios Vegetativos**

**Etapas de Germinación y Emergencia**

Se entiende por germinación a la serie de procesos que incluyen desde la imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, hasta emergencia de la radícula; y por

emergencia, a la etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo (Bewley y Black, 1994).

La semilla de maíz está recubierta por una capa externa que se llama pericarpio.

La función de esta capa es proteger a la semilla, limitando o impidiendo la entrada de hongos o bacterias. Si el pericarpio resulta dañado, probablemente la germinación se torne más lenta, pues los patógenos pueden utilizar reservas de las semillas (Rojas y Casas, 1987).

Bajo condiciones de campo adecuadas, la semilla absorbe agua y comienza el crecimiento. Las principales causas de disminución de la germinación son el daño por heladas (baja temperatura y alta humedad), la infección con organismos patógenos de suelo y las malas condiciones de almacenamiento. Las semillas pueden ser almacenadas en condiciones óptimas por 4 años sin disminuir la germinación, observándose una rápida disminución de la misma después de 6 años de almacenamiento (Kiesselbach, 1980).

### **Desarrollo del Sistema Radical**

El sistema radical del maíz consiste de dos sistemas de raíces: (1) raíces seminales cuyo origen está presente en el embrión y (2) raíces adventicias que se originan del tallo después de la germinación. Estos sistemas radicales son llamados temporario y permanente respectivamente, si bien el sistema seminal puede persistir y ser funcional durante toda la vida de la planta (Kiesselbach, 1980).

El sistema adventicio empieza a desarrollarse cerca de VE y las primeras raíces empiezan a elongarse a partir del primer nudo durante V1. Desde V1 hasta casi R3 (después de la cual hay un crecimiento radical limitado), se desarrollan raíces adventicias en cada nudo del tallo hasta un total de 7 a 10 nudos.

Las raíces adventicias, al igual que las seminales, crecen primero horizontalmente y después en profundidad. Este cambio en la dirección de crecimiento ocurre aproximadamente 4 semanas después de la siembra. Si la temperatura del suelo aumenta, hay menor crecimiento horizontal.

El crecimiento horizontal puede abarcar un área de 2.5 m de diámetro (Kiesselbach, 1980).

Además de las raíces funcionales, 3 o 4 entrenudos aéreos pueden llevar raíces no funcionales que sirven para fijar la planta al suelo.

### **Estadio V3**

Aproximadamente a los 8 días posteriores a la emergencia la planta presenta 2 hojas y a los doce días 3 hojas.

En V3 el ápice del tallo (punto de crecimiento) aún se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En este momento se inician todas las hojas y espigas que la planta podría eventualmente producir. La ocurrencia de granizo, viento o heladas que puedan dañar las hojas expuestas en V3 tiene un efecto pequeño o nulo sobre el punto de crecimiento (subterráneo) o el rendimiento final de grano.

### **Estadio V5**

El estadio de 4 hojas en promedio, comienza a los 16 días posteriores a la emergencia, siendo V5 aproximadamente a los 20 días.

Alrededor de V5, la formación de hojas y espigas estará completa y aparece en el extremo superior del tallo una pequeña panoja de tamaño microscópico. El ápice del tallo está justo por debajo de la superficie del suelo y la planta tiene una altura total aproximada de 20 cm.

### **Estadio V6**

En el estado V6 (en promedio, 24 días pos emergencia) el punto de crecimiento sobresale de la superficie del suelo y el tallo comienza un período de rápida elongación. En este momento las raíces adventicias son el principal sistema funcional.

En este estadio, son visibles algunos macollos. Los macollos se forman generalmente en nudos por debajo de la superficie del suelo, pero no muestran un crecimiento avanzado. El grado de desarrollo de macollos variará en función del cultivar elegido, la densidad de siembra, la fertilidad y las condiciones ambientales (Ritchie et al, 1986).

### **Estadio V9**

El estadio V9 comienza promedialmente a los 32 días posteriores a la emergencia.

Durante dicho estadio, a partir de cada nudo aéreo se desarrolla una espiga potencial (con excepción de los 6 a 8 nudos por debajo de la panoja). Al principio cada una de ellas se desarrolla más rápidamente que la que se origina por encima de ella en el tallo. Sin embargo, el crecimiento de las espigas de la parte inferior del tallo se realiza gradualmente más despacio y sólo la primera o las dos primeras espigas superiores se desarrollarán en espigas productivas. Los cultivares que producen más de una espiga cosechable en el tallo principal se llaman prolíficos.

La panoja se desarrolla rápidamente y el tallo continúa una rápida elongación a través de la elongación de sus entrenudos. Cada entrenudo va a comenzar la elongación antes que el que se encuentra por encima de él en el tallo, en forma similar al desarrollo inicial de los primordios de espiga (Ritchie et al., 1986).

### **Estadio V10**

Cerca de V10 (35 días en promedio, pos emergencia) la planta comienza un rápido incremento en la acumulación de materia seca que continuará hasta la etapa reproductiva avanzada. Se requieren altas cantidades de nutrientes y agua del suelo para cumplir con la demanda.

### **Estadio V12**

El estadio V12 ocurre promedialmente a los 48 días pos emergencia. Aunque las espigas potenciales se forman justo antes de la formación de la panoja (V5), el número de hileras en cada espiga y el tamaño de la espiga se establecen en V12.

No obstante, la determinación del número de óvulos (granos potenciales) no se completará hasta una semana antes de la emergencia de barbas o cerca de V17.

Deficiencias de agua o de nutrientes en esta etapa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. El potencial para estos dos componentes del rendimiento está también relacionado con la duración del período para su determinación, principalmente la duración desde el estadio V10 hasta el V17.

Los cultivares de maduración temprana (ciclo corto) generalmente progresarán a través de estos estadios en un tiempo más corto y tendrán espigas de menor tamaño que los de maduración más tardía. (Ritchie et al, 1986).

### **Estadio V15**

La planta de maíz presenta en promedio, 14 hojas, 56 días después de la emergencia y 15 hojas a los 2 meses de la misma y está a 10 a 12 días de la etapa R1.

Este estadio es el comienzo del período más importante en términos de determinación del rendimiento de grano. El crecimiento de las espigas superiores supera al de las inferiores y un nuevo estadio vegetativo ocurre cada 1-2 días. Empiezan a crecer las barbas de las espigas superiores (Ritchie et al, 1986).

### **Estadio V17**

En V17 las espigas superiores han crecido lo suficiente como para que sus extremos sean visibles y también puede ser visible el extremo superior de la panoja. En este estadio se completa la determinación del número de granos por hilera (Ritchie et al, 1986).

### **Estadio V18**

Las barbas de los óvulos basales se desarrollan antes que las de los superiores.

El desarrollo de los órganos reproductivos toma de 8 a 9 días, esto se produce una semana antes de floración, el desarrollo de la espiga continúa rápidamente

Cualquier deficiencia durante esta etapa retrasa el desarrollo de la espiga femenina y de los óvulos más que el de la panoja. El retraso en el desarrollo de las espigas provocará una desincronización entre el comienzo de la caída del polen y la emergencia de las barbas y por lo tanto problemas de fertilidad.

### **Estadio VT (Panojamiento)**

VT se inicia aproximadamente 2-3 días antes de la emergencia de barbas, tiempo durante el cual la planta de maíz ha alcanzado su altura final y comienza la liberación del polen. El tiempo entre VT y R1 puede variar considerablemente en función del cultivar y de las condiciones ambientales (Ritchie et al, 1986).

### **Estadios Reproductivos y Desarrollo del Grano**

Los seis estadios reproductivos que se describen a continuación se refieren principalmente al desarrollo del grano y sus partes. La descripción de R2, R3 y R4, si bien, generalmente se aplica a todos los granos de la espiga, se basa en los que se poseionan en el medio de la misma. La descripción de los granos en R5 o R6 corresponde a todos los granos de la espiga.

En condiciones de campo, en cada planta la panoja libera el polen antes de que las barbas hayan emergido de la espiga, pero continúa liberándolo varios días después de que las barbas estén listas para ser polinizadas (en total una semana o más) (Kiesselbach, 1980).

### **Estadio R1 - Emergencia de Barbas**

La etapa R1 comienza cuando algunas barbas son visibles fuera de las vainas (chala), aproximadamente 66 días después de la emergencia. La polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre las barbas. Un grano de polen capturado requiere 24 horas para crecer dentro de la barba hasta el óvulo donde



ocurre la fertilización y el óvulo es fecundado. Generalmente se necesitan entre 2 y 3 días para que todas las barbas de una espiga queden expuestas y sean polinizadas. Las barbas van a crecer 2.5-3.8 cm por día y continuarán elongándose hasta ser fertilizadas (Ritchie et al, 1986).

La barba suministra agua al polen y provoca su crecimiento. En este momento se determina el número de óvulos fertilizados. Cuando la punta del tubo polínico llega al micrópilo penetra entre las células del tejido nuclear hasta alcanzar el saco embrionario femenino. Cuando entra al saco embrionario, el tubo polínico se rompe liberando los dos espermatozoides. El núcleo de uno de los espermatozoides ( $n=10$ ) se fusiona con el núcleo del óvulo ( $n=10$ ) formando el cigoto ( $2n=20$ ) del maíz. El otro espermatozoide se fusiona con los dos núcleos polares estableciendo el endosperma primario de 30 cromosomas ( $3n$ ). Este proceso es denominado doble fertilización (Kiesselbach, 1980).

Los óvulos que no son fertilizados no producirán granos. Condiciones ambientales adversas en este momento causan una pobre polinización (bajo número de granos), especialmente un estrés hídrico que tiende a desecar las barbas y el polen (Ritchie et al, 1986).

Las mayores reducciones en rendimientos de grano resultarán por efecto de estrés hídrico entre 2 semanas antes y 2 semanas después de R1, (que en cualquier otro período de crecimiento). Esto también es cierto con otros tipos de estrés como deficiencias en nutrientes, altas temperaturas o granizo.

Este período de 4 semanas alrededor del período de floración es el más importante para la aplicación de riego.

### **Estadio R2 – Ampolla (aproximadamente 10-14 días después de emergencia de Barbas)**

Aunque el embrión todavía se está desarrollando lentamente durante esta etapa, la radícula, el coleóptero y la primera hoja embrionaria ya se han formado. La mazorca

está casi por alcanzar, o ya alcanzó, su tamaño completo. Las barbas, habiendo completado su función de floración, se oscurecen y comienzan a secarse. (Ritchie et al, 1986).

Los granos presentan cerca de 85% de humedad, porcentaje que irá descendiendo gradualmente hasta la cosecha.

### **Estadio R3 - Lechoso (18-22 días después de emergencia de barbas)**

En R3 el grano es externamente de un color amarillo y el fluido interno es blanco lechoso debido a la acumulación de almidón. El embrión en esta etapa crece rápidamente (Ritchie et al, 1986).

Los granos presentan una rápida acumulación de materia seca y contiene aproximadamente 80% de humedad. En R3 las divisiones celulares del endosperma están esencialmente terminadas, por lo que el crecimiento es debido principalmente a la expansión celular y la acumulación de almidón en las células.

El rendimiento final depende del número de granos que se desarrolle y del tamaño final o peso de los granos. Aunque no tan severo como en R1, deficiencias en R3 pueden tener un efecto profundo en el rendimiento reduciendo ambos componentes de rendimiento. A medida que el grano madura, la reducción de rendimiento potencial debido a la ocurrencia de algún estrés es menor.

### **Estadio R4 - Pastoso (24-28 días después de emergencia de barbas)**

La continua acumulación de almidón en el endosperma provoca que el fluido interno se transforme en una consistencia pastosa.

Normalmente en esta etapa ya se han formado cuatro hojas embrionarias y el embrión ha crecido considerablemente en tamaño con respecto a la etapa R3. (Ritchie et al, 1986).

### **Estadio R5 - Dentado (35-40 días después de emergencia de barbas)**

Los granos se secan comenzando por la parte superior donde aparece una capa dura de almidón de color blanco. Condiciones adversas en esta etapa reducirán el rendimiento a través de una disminución del peso de los granos y no del número de granos.

Una helada severa, temprana (antes de R6) en siembras tardías puede cortar la acumulación de materia seca y causar la formación prematura de punto negro. También puede causar reducción en el rendimiento retrasando las operaciones de cosecha, debido a que en los maíces dañados por heladas el grano se seca más lentamente (Ritchie et al, 1986).

En este estadio es cuando se recomienda normalmente realizar el ensilaje.

### **Estadio R6 - Madurez Fisiológica (55-65 días después de emergencia de barbas)**

El estadio R6 se define cuando todos los granos en la espiga han alcanzado su máximo peso seco o máxima acumulación de materia seca y se forma una abscisión marrón o negra en la zona de inserción del grano a la mazorca (punto negro o capa negra). Esta abscisión es un buen indicador de la máxima acumulación de materia seca (madurez fisiológica) y señala el final de crecimiento del grano.

El promedio de humedad de grano en R6 (formación del punto negro) es 30-35%, sin embargo, esto puede variar entre cultivares y condiciones ambientales. El grano aún no está pronto para un almacenamiento seguro, para lo cual se requiere 13-15% de humedad, cosecharen R6 o en seguida después, puede ser caro debido a los costos de secado, puede ser ventajoso dejar que el cultivo se seque parcialmente en el campo, dado que las pérdidas no son un problema. La tasa de secado después de R6 depende del cultivar y del ambiente (Ritchie et al, 1986).

Si bien la duración del período emergencia de plántula emergencia de barbas es muy sensible a las variaciones climáticas, el período desde emergencia de barbas hasta máxima acumulación de MS en el grano es relativamente independiente de las mismas. Este período es bastante predecible.

## **Características morfológicas que afectan el rendimiento del maíz**

El maíz presenta características fisiológicas extremadamente favorables en lo que se refiere a la eficiencia de conversión de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, en compuestos orgánicos como los carbohidratos. Este proceso, que se realiza a través de la fotosíntesis, se refiere a la bioconversión de la energía solar en biomasa. En maíz, la gran eficiencia de transformación de la energía luminosa en energía química, se debe al proceso fotosintético llamado "C4", en el cual, el CO<sub>2</sub> es fijado en compuestos de cuatro carbonos. Estos carbohidratos son continuamente almacenado en las células de la vaina vascular de las hojas y posteriormente redistribuidos.

### **Duración del Área Foliar**

La Duración del Área Foliar (DAF) se define como la integral del IAF en un cierto período de tiempo. El rendimiento en grano tiende a estar correlacionado positivamente con la DAF durante el período de llenado de grano (Eik y Hanway, 1966). Tanto el desarrollo como la permanencia del área foliar depende principalmente del agua disponible en el suelo. (Plaut et al, 1969).

### **Altura de Planta**

La importancia de medir la altura de la planta se debe a que es un parámetro que determina el grado de desarrollo del área foliar y el tamaño final de la planta. En algunos casos el mayor tamaño de una planta es más importante que la duración del período de llenado de grano en la determinación del rendimiento (Toyery Brown, 1976).

El rendimiento potencial del grano en antesis está en función del crecimiento previo de la planta por lo que las plantas que se desarrollan con menos competencia tiene rendimientos potenciales más altos.

### **Caracteres Reproductivos**

#### **Días a la Floración**

Cuando lo importante en la determinación del rendimiento es el período de llenado de grano, la floración temprana aumenta el rendimiento a través de un aumento en el número de días disponibles para el llenado del grano. Contrariamente, cuando el determinante del rendimiento es el tamaño de la planta, una anticipación en la floración provoca una reducción en el rendimiento debido a la menor duración de los estadios vegetativos previo a la floración (Toyer y Brown, 1976).

### **Prolificidad**

Los cultivares prolíficos tienen mayor rendimiento que los uni-espigados en altas densidades. Además ese rendimiento es más estable en los distintos ambientes (Kuhn y Stucker, 1976) debido a que el desarrollo de la espiga principal está menos inhibido por condiciones ambientales adversas que en los cultivares uni-espigados. En condiciones normales o no limitantes éstos últimos tenderán a producir más. (Ritchie et al, 1986).

### **Período de Llenado de Grano**

Si la estación es favorable, la duración del período de llenado de grano es de aproximadamente 55 días, con diferencias varietales que van desde 53 a 61 días.

Una parte de la variación en rendimiento de los genotipos de maíz es atribuible directamente a las diferencias en el período de llenado de grano efectivo. La selección recurrente para incrementar el rendimiento aumenta indirectamente el período de llenado de grano (Fakorede et al, 1978, cit. Por Crosbie y Mock 1981).

## **REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS**

El maíz debido a sus tipos ampliamente divergentes crece en un amplio rango de condiciones climáticas, no pudiéndose establecer límites precisos. Es cultivado en áreas tropicales, subtropicales y templadas y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta varios miles de metros sobre el mismo, pero presenta un límite, producto

de una combinación de temperaturas bajas con el período libre de heladas. (Shaw, 1988)

### **Producción y Rendimiento del maíz**

En condiciones tropicales los sistemas de producción tanto de leche como de carne se basan en la utilización de pasturas. Para aumentar la cantidad y calidad de biomasa comestible, se emplean otras fuentes forrajeras que pueden desarrollarse adecuadamente en ese medio, donde las condiciones ambientales favorecen el crecimiento vegetal abundante. El maíz (*Zea mays*), originario de México y Centroamérica, es una excelente opción forrajera que por sus características productivas podría ser utilizada en zonas ecológicas en donde, ni aún las especies de pastos más adaptadas, permitirán maximizar la capacidad de carga por hectárea (Fuentes *et al.* 2000).

En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano, Arias y Llana 1986).

Los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra entre otros factores (Aldrich y Leng 1974).

Si se considera la variedad, se puede decir que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero las que producen mayores rendimientos de biomasa son aquellas variedades de porte alto. Los híbridos por su parte, al ser de porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

Así por ejemplo, Soto y Jahn (1983), reportan una producción con maíz híbrido de 17,7 toneladas de materia seca/ha, cosechado a los 171 días y con una densidad de siembra de 77000 plantas/ha. Mientras que Elizondo y Boschini (2001) reportan rendimientos de 10,2 toneladas de materia seca por hectárea en maíz criollo a una

edad de 112 días y con una densidad de siembra de 96000 plantas/ha. Por otro lado, Amador y Boschini (2000), obtuvieron rendimientos también con maíz criollo de 15,2 toneladas de materia seca/ha a una edad de 121 días y con una densidad de siembra de 58000 plantas/ha. Elizondo y Boschini (2001), Cuomo, Redfearn y Blouin (1998) han demostrado que para obtener mayores rendimientos de forraje por unidad de área, es necesario aumentar la densidad de siembra, sin que ello repercuta en el valor nutritivo de la hoja, el tallo o la planta entera.

### **Composición química del Maíz**

El grano de maíz tradicional está compuesto por un 70 a 75% de almidón, 8 a 10% de proteína y 4 a 5% de aceite, contenidos en tres estructuras: el germen (embrión), el endospermo y el pericarpio.

El germen constituye el 10 al 12% del peso seco y contiene el 83% de los lípidos y el 26% de la proteína del grano. El endospermo constituye el 80% del peso seco y contiene el 98% de almidón y el 74% de las proteínas del grano. El pericarpio constituye el 5 al 6% del peso e incluye todos los tejidos de cobertura exterior, con un 100% de fibras vegetales.

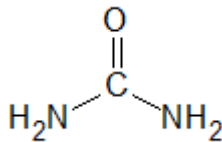
### **UREA**

Es la fuente más barata de nitrógeno sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se usa como fertilizante y para la nutrición animal. Actualmente se presenta en el mercado en forma granulada y perlada, siendo esta última la más recomendable para el uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla con otros ingredientes. La urea fertilizante, que es más barata, es higroscópica y se cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos; sin embargo, puede utilizarse con los piensos si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza.

Las semillas de algunas leguminosas, especialmente la soja, contiene una enzima, la ureasa, que descompone la urea y hace inapetecible el pienso. La ureasa queda

en gran parte destruida por tratamiento térmico, por el cual los granos y las harinas oleaginosas pueden mezclarse con urea.

También conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida. Cuya fórmula química es  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ . Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco, el cuál es altamente tóxico para ellos. En los animales se halla en la sangre, orina, bilis y sudor.



La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco.

Comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación.

## Propiedades

Peso molecular                      60.06 g/mol



Densidad	768 Kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión	132.7 °C
Calor de fusión	5.78 a 6 cal/gr
Calor de combustión	2531 cal/gr Humedad crítica relativa (a 30°C): 73%
Acidez equivalente a carbonato de calcio	84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
Índice de salinidad	75.4
Calor de disolución en agua	57.8 cal/gr (endotérmica)
Energía libre de formación a 25 °C	47120 cal/mol (endotérmica)
Corrosividad	Altamente corrosivo al acero al carbono. Poco al aluminio, zinc y cobre. No lo es al vidrio

La urea es una sustancia no peligrosa, no tóxica, no cancerígena y tampoco es inflamable aunque si es levemente irritante en contacto en los ojos y piel.

Es explosivo si se mezcla con agentes reductores fuertes, como hipoclorito y por termo descomposición, produce gases inflamables y tóxicos (NH<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub>).

### **Solubilidad**

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente.

### CUADRO 3. SOLUBILIDAD DE UREA EN AGUA

Temperatura (°C)	Gramos/100gr sc
20	52
30	62.5
60	71.5
80	80
100	88

(<http://www.textoscientificos.com/quimica/urea> S/F)

### CUADRO 4. SOLUBILIDAD DE UREA EN ALCOHOLES

Alcohol	Gramos/100gr sc
Metanol	27.7

Etanol	7.2
n-propanol	3.6
Isobutanol	2.3

(<http://www.textoscientificos.com/quimica/urea> S/F)

### **Principales reacciones**

Por termo descomposición, a temperaturas cercanas a los 150 – 160 °C, produce gases inflamables y tóxicos y otros compuestos. Por ejemplo amoníaco, dióxido de carbono, cianato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OCN}$ ) y biurea  $\text{HN}(\text{CONH}_2)_2$ . Si se continúa calentando, se obtienen compuestos cíclicos del ácido cinabrio.

Soluciones de urea neutra, se hidrolizan muy lentamente en ausencia de microorganismos, dando amoníaco y dióxido de carbono. La cinética aumenta a mayores temperaturas, con el agregado de ácidos o bases y con un incremento de la concentración de urea.

### **Urea en la naturaleza**

La urea es producida por los mamíferos como producto de la eliminación del amoníaco, el cuál es altamente tóxico para los mismos. El llamado ciclo de la urea, es el proceso que consiste en la formación de urea a partir de amoníaco. Es un proceso que consume energía, pero es indispensable para el quimismo vital. En los humanos al igual que en el resto de los mamíferos, la urea es un producto de desecho, producido cuando el cuerpo ha digerido las proteínas. Esta es llevada a través de la sangre a los riñones, los cuales filtran la urea de la sangre y la depositan en la orina.

### **NIVELES DE UREA A SUMINISTRAR (RECOMENDACIONES)**

- ◆ Se puede reemplazar un tercio (1/3) del total de la proteína,
- ◆ Integrar el 3 % de la materia seca (MS) del concentrado
- ◆ Un 1 % del total de la MS de la ración o
- ◆ 0,03% del peso vivo, siempre con Grano de cereal molido, como mínimo a razón del 0.5% del peso vivo de grano.

### **EFFECTOS DE LA AMONIFICACION SOBRE LOS ENLACES DE LIGNINA**

Para optimizar la utilización de nutrientes del maíz es necesario reducir la cantidad de paredes celulares que contiene, además de otros productos que limitan el uso de nutrientes reduciendo su valor nutricional (Benitez et al. 1984).

Tratar los residuos con álcalis ( $\text{Ca COH}$ )<sub>2</sub>,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$  ó urea) mejora su valor nutricional (Llamas, 1984), estos tratamientos teniendo como objetivo el de romper los enlaces álcali lábiles de la pared celular (Tejada 1976), solubilizando la hemicelulosa al fraccionar los enlaces entre la lignina, celulosa y hemicelulosa y por medio de la alteración de la capacidad higroscópica de la pared, lo cual permitirá el ataque de las enzimas sobre la matriz estructural, aumentando la digestibilidad de la fibra (Gutiérrez, 1983).

Por otro lado, el contenido de proteína de RM es pobre, el cual puede aumentarse por medio del tratamiento con urea, que al liberar el amonio mejora necesariamente el NNP (Esquivel, 1987; Rivera, 1987). Además de las alteraciones antes mencionadas, el tratamiento con urea reduce la FDN y FDA (Ortega et al. 1983) aumentando la DMS del residuo (Estrada y Elizondo, 1996; Rivera, 1987).

El tratamiento más promisorio es el amoníaco, que además de mejorar la calidad nutritiva del forraje aumenta la cantidad de nitrógeno del mismo (Brown y Adjei, 1995). Como opción del tratamiento con amoníaco es tratar el residuo lignocelulósico con una solución acuosa de urea a proporcionado resultados

similares al tratamiento con amoníaco ( Brown y Adjei, 1995; Estrada y Elizondo, 1996)

## **REACCIÓN DE MAILLARD**

Se inicia por la condensación entre un grupo amino libre de un aminoácido, péptido o proteína y el grupo carbonilo de azúcares reductores o de lípidos oxidados. Posteriormente, y mediante una serie de reacciones complejas da lugar a los denominados, de manera genérica, productos de la reacción de Maillard (PRM). Aparte de su influencia en las propiedades organolépticas, la RM está implicada en otros aspectos entre los que se incluyen el deterioro de los alimentos durante su procesado y almacenamiento y el efecto protector de determinados PRM con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Sin embargo, la RM también está implicada en la formación de sustancias perjudiciales, como las aminas heterocíclicas o el furano.

La RM fue descrita por primera vez en 1912 por el químico francés Louis Camille Maillard (Maillard, 1912). Sin embargo, fue John Hodge quien en 1953 propuso por primera vez un esquema de las etapas de esta compleja reacción (Hodge, 1953). La RM puede dividirse en tres etapas:

**Etapla inicial:** Comienza con una reacción de condensación entre el grupo carbonilo, normalmente de un azúcar reductor, aunque también puede ser un compuesto carbonílico generado en la etapa intermedia de la RM o procedente de la oxidación lipídica, y un grupo amino libre de un aminoácido, péptido o proteína originándose una base de Schiff.

Por ciclación, la base de Schiff se transforma rápidamente en la glicosilamina N-sustituida correspondiente. Cuando la base de Schiff es una aldósilamina N-sustituida, se forma la 1- amino-1-deoxi-2-cetosa mediante la denominada reorganización de Amadori, siendo esta epata irreversible. Sin embargo, cuando la molécula es una cetosilamina-N-sustituida se forma una 2-amino-2-deoxi-2-cetosa y se le conoce como reorganización de Heyns.

**Etapla avanzada:** Los productos de Amadori y Heyns se descomponen dependiendo del pH, la actividad de agua, la presencia de metales divalentes o la temperatura, dando lugar a la formación de diferentes compuestos intermedios responsables del aroma que caracterizan a los alimentos cocinados. A pH neutro o ligeramente ácido, y en condiciones de baja actividad de agua, la reacción predominante es una enolización-1,2 que da lugar a la formación de furfural cuando el azúcar reductor implicado es una pentosa o hidroxilmetilfurfural en el caso de una hexosa. Por el contrario, a pH básicos tiene lugar una enolización-2,3 formándose reductonas y una variedad de productos de fisión tales como acetol, piruvaldehído y diacetilo, todos ellos de gran reactividad, lo que hace que participen en nuevas reacciones con otros productos intermedios de la reacción.

El producto de Amadori puede degradarse también vía oxidativa hacia compuestos carbonílicos (ruta de Namiki). Los compuestos dicarbonílicos producidos, mediante la degradación de Strecker, pueden reaccionar con aminoácidos y dar lugar a la formación de aldehídos con un carbono menos,  $\alpha$ -aminocetonas, y eliminación de CO<sub>2</sub>. Estos aldehídos también juegan un papel importante en el aroma y sabor de los alimentos cocinados.

**Etapla final:** Engloba un gran número de reacciones que incluyen ciclaciones, deshidrataciones, reorganizaciones y condensaciones originando dos clases diferentes de compuestos: los compuestos aromáticos volátiles, siguiendo la vía paralela de Strecker, y las melanoidinas.

Las melanoidinas son polímeros coloreados producidos por reacciones de condensación de compuestos con grupos amino procedente de las etapas intermedias de la RM como pirroles N-sustituidos, 2-formilpirroles N-sustituidos, y 2-furaldehído. La estructura de las melanoidinas varía dependiendo de las condiciones en las que haya tenido lugar la reacción así como del tipo de alimento, además, poseen menor solubilidad que los PRM de partida (Morales y col., 2012).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para este proyecto de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Rastrojo de Maíz
- Trozo de madera
- Machete
- Agua
- Urea
- Carrucha
- Bolsas Negras
- Envase plástico de 1 litro
- Cinta adhesiva
- Báscula
- Molino
- Crisol
- Pinzas
- Probeta
- Desecador
- Vaso de precipitado

Se utilizó rastrojo de maíz procedente de la ciudad de Delicias Chihuahua.



Figura 1. Picado del rastrojo



Figura 2. Agregando la dilución de urea





Figura 3. Embolsado de muestras



Figura 4. Sellado de bolsa



Figura 5. Aereación de la muestra



Figura 6. Determinación de materia seca

Para los análisis materia seca, cenizas, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra y extracto etéreo, se molieron aproximadamente 100 gramos de rastrojo de maíz y se siguió la técnica de AOAC (2011).



Figura 7. Molido de muestra



Figura 8. Determinación de cenizas



Figura 9. Determinación de fibra detergente ácida

## RESULTADOS

**CUADRO 5. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS Y DE VAN SOEST DE LAS MUESTRAS DE RASTROJO AMONIFICADO Y SIN AMONIFICAR**

CONCEPTO	RASTROJO SIN AMONIFICAR	RASTROJO AMONIFICADO
Proteína Cruda (%)	4.65 b	7.33 a
Proteína Soluble (%)	48.46 b	68.81 a
Fibra Detergente Acido %	61.39 a	60.79 b
Fibra Detergente Neutro %	89.90 a	82.83 b
Lignina %	8.99 a	7.93 b
Grasa Cruda %	0.62 a	0.81 b

Literales iguales denotan no diferencia significativa al ( $P \leq 0.05$ )

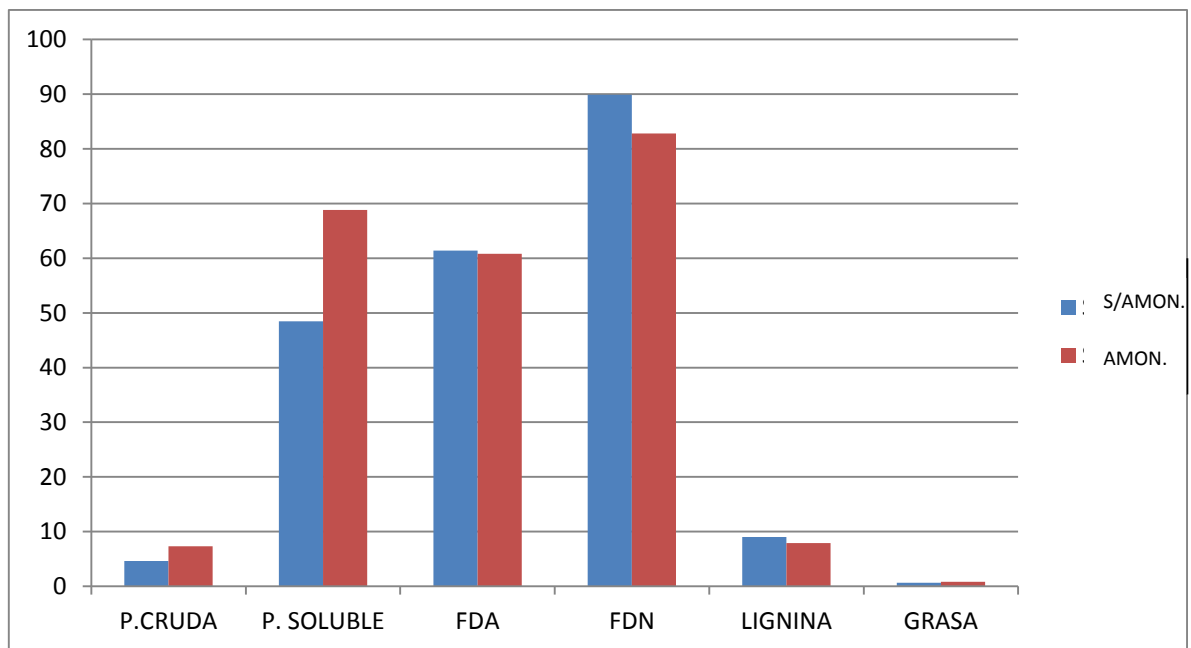


Figura 10. Representación gráfica de los resultados

## **DISCUSIÓN**

El mecanismo del efecto del amoníaco es el de quebrar enlaces lignina – hemicelulosa y solubilizar la HC, alcanzándose así una mayor cantidad de sustrato para la flora ruminal.

Esta estrategia aprovecha el efecto hidrolizante del amoníaco sobre los enlaces existentes entre lignina y los polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectinas), aumentando la disponibilidad de materia orgánica potencialmente utilizables por los microorganismos ruminales.

Se observa un deterioro de la calidad nutricional conforme avanza el estado fenológico, y se percibe la menor calidad nutricional en los residuos de cosecha que comúnmente son utilizados por algunos productores para ensilar o suplementar a los animales. Este material tiene bajo impacto en la productividad de los animales ya que no aporta muchos nutrientes y puede afectar el consumo voluntario. Los resultados muestran una recuperación en la calidad nutricional de los residuos de cosecha de *Z. mays*, a partir de ser sometidos al proceso de amonificación con urea, se encuentra así un incremento en la proteína cruda y la digestibilidad, mientras que las fibras presentan una reducción.

Si bien la calidad nutricional del material amonificado no alcanza la del forraje cosechado al momento óptimo, sí presenta una recuperación considerable en relación con el residuo de cosecha, lo que posibilita que este material amonificado pueda ser utilizado en periodos forrajeros críticos (épocas de sequía o lluvia), cuando la base forrajera se ve considerablemente afectada y los animales no disponen de forraje, además también puede ser una alternativa de alimentación animal para pequeños o medianos productores que destinan el grano para la alimentación humana, bien sea para el autoconsumo o la venta.

### **Materia seca:**

En este estudio se encontraron cambios en la materia seca conforme el cultivo avanza en su estado fenológico, incrementándose en grano lechoso, grano pastoso

y residuo de cosecha, respectivamente, lo que concuerda con lo encontrado por Wattiaux (1996), quien evidencia un aumento de materia seca en los forrajes maduros. El tratamiento amonificado presentó menor porcentaje de materia seca frente, debido a que el material en el momento de la amonificación es hidratado (Pabón et al., 1987; Rodríguez et al., 2002). Ruiz et al. (2006) obtuvieron resultados con la misma tendencia, pero con menor porcentaje de materia seca en material amonificado cuando utilizaron cascarilla de avena.

### **Proteína cruda:**

El proceso de amonificación incrementó el porcentaje de proteína cruda del residuo de cosecha, siendo aun superior al forraje en el momento óptimo de cosecha (grano lechoso), esto se puede explicar por la incorporación de nitrógeno de la urea a través del proceso, lo que incrementa posiblemente la fracción A de la proteína, razón por la cual se recomienda utilizar este material en especies rumiantes. El incremento en la proteína cruda concuerda con lo encontrado por Ventura et al. (2002), quienes amonificaron soca de sorgo y obtuvieron un incremento del 80% de la proteína cruda en relación con el residuo de cosecha, esta tendencia también fue reportada por Benito et al. (2001), quienes mencionan incrementos del 2,98% al 9,03% en proteína cruda de paja de cebada amonificada.

### **FND:**

El contenido de FND disminuyó debido aparentemente a que el  $\text{NH}_3$  solubilizó parte de la hemicelulosa, lo que hace más disponible el contenido celular. Estos valores son muy similares a los indicados por Shimada (1983) y Martínez et al. (1985)

Fibra detergente neutra y fibra detergente ácida En este estudio se presentaron diferencias en el porcentaje de la fibra detergente neutra entre los tratamientos; se observó una reducción en la FDN del residuo amonificado en relación con la del residuo de cosecha, esto concuerda con lo encontrado por Rodríguez et al. (2002), quienes reportan una reducción en la FDN en *Brachiaria humidicola* amonificada;

de igual manera, Fuentes et al. (2001) encontraron una reducción en la FDN en rastrojo de maíz amonificado. La misma tendencia se encontró en la fibra detergente ácida entre los tratamientos; se observó una reducción en la FDA, entre el residuo de cosecha y el material amonificado.

Elizalde et al. (1992) observaron un incremento en los valores de FDA al avanzar la edad del cultivo, lo cual se encuentra ligado a la fracción lignina de la fibra, y que disminuye la proporción de la celulosa y la digestibilidad.

Según Klofens-tein (citado en Rodríguez et al., 2002) la amonificación tiene un impacto sobre la disminución de la pared celular, que es atribuida a la solubilización de la celulosa.



## **CONCLUSIÓN**

Los tratamientos físicos y químicos de rastrojos incrementan el valor nutritivo de los mismos, por lo que se debe de promover la utilización de estos tratamientos para poder tener una utilización óptima de este tipo de alimentos, que permitan reducir costos de alimentación y una mejor producción animal.

## LITERATURA CITADA

- Aldrich, S.; Leng, E. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 pp.
- Amador, A.; Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- AOAC (2011) Official Methods of Analysis of AOAC International
- Asmud, E; Lars, V.M 1983. Forrajes conservados como alimento para vacas lecheras. In: Broster. W; Henry. S. eds. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México.
- Benitez, J.C., Huerta B.M. y Oscaberro, G.R. 1984. Consumo, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos alimentados con rastrojo de maíz tratado con hidróxido de sodio.
- Benito, M., San Martín, F., Carcelen, F. y Arbaiza, T. (2001). Proteína sobrepasante en ovinos con residuo de cosecha amonificado. *Rev. Inv. Vet.*, 12(1). Recuperado el 10 de diciembre del 2012 de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12\\_n1/prote\\_sobrepasan.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12_n1/prote_sobrepasan.htm)
- Bewley, J.D.; Black, M. 1994. Seeds: germination, structure and composition. In *Seeds: physiology of development and germination*. 2. ed. New York, Plenum p. 1-3.
- Brown, W.F. and Adjei, M.B. 1985. Urea ammoniation effects on the feeding value of Guinea grass ( *Panicum maximum*).
- Córdova, H. 2005. Progreso en el mejoramiento y evaluación de germoplasma de maíz de alta calidad proteínica y perspectivas hacia el 2010. In Primer Seminario Taller Red de Mejoradores de maíz QPM de Latinoamérica. CIMMYT El Batán, Texcoco. México.
- Crosbie, T.M.; Mock, J.J. 1981. Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in three maize breeding programs. *Crop Science* 21 (2):255-259

- Cuomo, G.; Redfearn, D.; Blouin, D. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal* 90:93-96.
- Elizondo, J.; Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. En prensa en *Agronomía Mesoamericana*.
- Elizalde, V., Teuber, N., Hargreaves, A., Lanuza, F. y Scholz, A. (1992). Efecto del estado fenológico, al corte de una praderade Ballica perenne con trébol blanco,
- Elk, K.; Hanway, J.J. 1966. Leaf área in relation to yield of corn grain. *Agronomy Journal* 58(1):16-18.
- Fuentes, J.; Cruz, A.; Castro, L.; Gloria, G.; Rodriguez, S.; Ortiz, B. 2000. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. En prensa en *Agronomía Mesoamericana*.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S. y Ortiz De La Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad "In Vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192. Recuperado el 17 de julio del 2012 de [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v12n02\\_189.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v12n02_189.pdf)
- Gutierrez, O.E.1983. El rastrojo de maíz en la alimentación de los Rumiantes. III. Efecto del tratamiento químico. 1er Simp. Sobre el aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos industriales para la alimentación animal.
- Rivera, R.A.1987. efectos de la humedad y el tiempo de exposición en el tratamiento de rastrojo de maíz con amonourea.
- Hodge, J. E. Dehydrated foods-chemistry of browning reactions in model systems. *J. Agric. Food Chem.* 1953.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1997. El sector agroalimentario en México, edición 1997. México. INEGI
- Kiesselbach, T.A. 1980. The structure and reproduction of corn. 93 p.

- Klopfenstein, T. 1980. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. Animal Science Dept. university of Nebraska. Lincoln. Nebraska, USA
- Kuhn, W.E.; Stucker, R.E. 1976. Effect of increasing morphological component expression on yield in corn. *Crop Science* 16(2):270-274
- Llamas, L.G., Shimada, A.S., Ruelas, C.S... y ZUÑIGA, M.H. 1978. Estudio del valor alimenticio de subproductos en bovinos en corral.
- Maillard, L. C. Action des acides amines sur les secretes: formation des melanodines par voie methodique. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*
- Martínez, A.A.; Soriano, M.J.; Shimada, A. 1985. Crecimiento de borregos pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhídrido. *Tec: Pec. Mex.* 48:54-651912
- Mistrik, I. & Mistrikova, I. 1995. Uptake, transport and metabolism of phosphates by individual roots of *Zea mays* L. *Biologia* (Bratislava), 50: 419-426.
- Morales, F. J.; Somoza, V.; Fogliano, V. Physiological relevance of dietary melanoidins. *Amino Acids* 2012
- Ortega, M.E., Catalán, A. y Pérez, G.R.F. 1983. Efecto de la adición de urea o sulfato de amonio sobre la composición química del rastrojo de maíz.
- Pabón, R., Toro, O. y Sánchez, H. (1987). Efecto de la amonificación sobre el valor nutritivo del ensilaje de maíz. *Acta Agron.*, 37(4), 66-83
- Peñagaricano, J.; Arias, W.; Llana, N. 1986. Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.
- Plaut, Z.; Blum, A.; Arnon, I. 1969. Effect of soil moisture regime and row spacing on grain sorghum production. *Agronomy Journal* 61(3):344-347
- Ritchie, S.W.; Hanway, J.J. ; Benson, G.O. 1986. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University. Special report no. 48. 21 p
- Rodríguez, N., Araujo, O., González, B. y Vergara, J. (2012). Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 10(1), 7-13.

Recuperado el 11 de diciembre del 2012 de  
[http://www.alpa.org.ve/PDF/ Arch%2010-1/100102.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-1/100102.pdf)

- Rojas, A.L. ; Casas, G.A. 1987. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo, In Argentina. Comisión de Maíz. AACREA-Cargill. Cuaderno de Actualización Técnica no. 42. p. 13-20
- Ruiz, O., Castillo, Y., Aguilera, J., Arzola, C., Rodríguez, C., Jiménez, J. et al. (2006). Cascarrilla de avena tratada con urea y un aditivo enzimático en el consumo, la digestibilidad y la cinética ruminal de novillos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 40, 433-438.
- Shaw, R.H. 1 988. Climatic requirement. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague and J.W. Dudley. 3. ed. Madison, ASA. Agronomy no. 18. p. 609-638
- SHIMADA, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Consultores en producción animal. México. p. 272.
- Soto, P.; Jahn, E. 1983. Epoca de cosecha y acumulación de materia seca en maíz para ensilaje. Agricultura Técnica. 43(2):133-138.
- Toyer, A.F. ; Brown, W.L. 1976. Selection for early flowering in corn: seven late synthetics. Crop Science 16(6):767-773
- Ventura, M., Barrios, A., Morales, I., Toro, C., Barreto, K. y Noguera, F. (octubre de 2002). Efecto de la “amonificación seca” sobre el valor nutricional de la soca de sorgo (*sorghum bicolor*). Revista Científica, XII (2), 513-516. Recuperado el 13 de diciembre del 2012 de [http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/ articulo\\_33.pdf](http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/articulo_33.pdf)
- Wattiaux, M. (1996). Nutrición y alimentación. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

<http://www.textoscientificos.com/quimica/urea>