

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal



“COMPARACION NUTRICIONAL DE GRANOS ENTEROS vs GRANOS DE DESTILERIA USADOS EN LA ALIMENTACION DE BOVINOS”.

POR:

ONAICILEF USCANGA TOLEDO

MONOGRAFIA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREON COAHUILA

JUNIO 2011

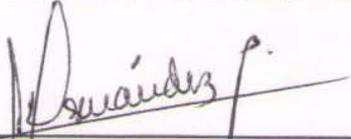
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



COMPARACION NUTRICIONAL DE GRANOS ENTEROS vs GRANOS DE
DESTILERIA UTILIZADOS EN LA ALIMENTACION DE BOVINOS

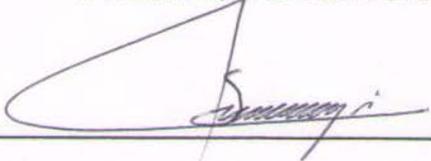
MONOGRAFIA

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA



PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE

PRESIDENTE DEL JURADO



M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREON COAHUILA, MEXICO

JUNIO 2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

MONOGRAFIA

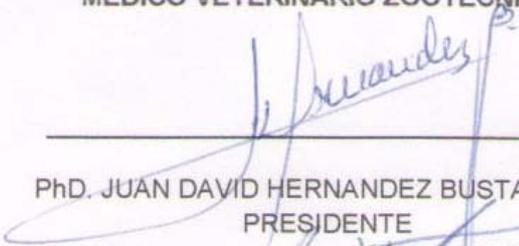
POR

ONACILEF USCANGA TOLEDO

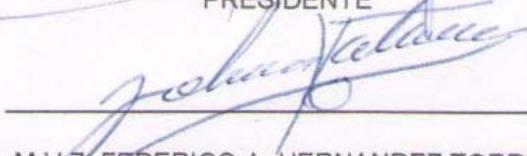
COMPARACION NUTRICONAL DE GRANOS ENTEROS vs GRANOS DE DESTILERIA UTILIZADOS EN
LA ALIMENTACION DE BOVINOS

MONOGRAFIA ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

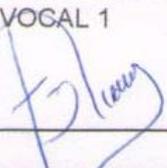
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



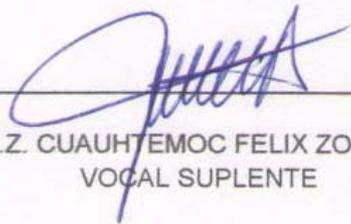
PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE



M.V.Z. FEDERICO A. HERNANDEZ TORRES
VOCAL 1



IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS
VOCAL 2



M.V.Z. CUAUHTEMOC FELIX ZORRILLA
VOCAL SUPLENTE

DEDICATORIAS

A Dios

Por haberme permitido la oportunidad de estar en este mundo y darme la
Capacidad de poder resolver las adversidades de esta vida en la etapa de
Preparación de mi carrera.

A mi madre

Por toda su comprensión y cuidados en circunstancias en donde la vida es dura y
No lograba comprenderla, por el apoyo incondicional que me brindó en todo
Momento y guiarme por un buen camino al igual que darme valores y principios en
Mi formación como persona y ser humano, gracias por tu paciencia, consejos
Gracias por todo.

A mis hermanas

Con quienes he compartido alegrías y tristezas, al igual que me han brindado su
Apoyo incondicional en todos los momentos difíciles por los cuales he atravesado
En el trayecto de mi vida, acompañado de consejos y entender los momentos que
Son difíciles y tenían como experiencia.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater

Por haberme permitido concluir parte de mis sueños y darme la formación que
Significa el escudo para resolver los problemas que me dará la vida.

A mi asesor: PhD. Juan David Hernández Bustamante

Por el apoyo incondicional, experiencia y tiempo para realizar este trabajo
Gracias medico.

A mis amigos de la universidad

Que recordare por siempre ya que ellos estuvieron conmigo en todo momento
Fuesen difíciles o alegres siempre estaban ahí, de igual manera por haberme
Brindado su amistad en esta tierra tan lejana que no es la mía pero dándome el
Calor de una familia, que para mi estaba lejos.

Índice	Pág.
1.- Introducción.	1
2.- Características morfológicas.	2
3.- Botánica.	2
4.- Desarrollo vegetativo del maíz.	3
5.- Genética del maíz.	3
6.- Exigencias edafoclimaticas.	3
6.1.- Exigencia de clima.	3
6.1.1.- Pluviometría y riegos.	4
6.2.- Exigencias en suelo.	4
7.- Labores culturales.	5
7.1.-Preparacion del terreno.	5
• Época y labores de preparación del terreno.	5
• Barbecho.	5
• Rastro.	6
• Nivelación.	6
• Surcado del terreno.	6
• Otras opciones para la preparación del terreno.	6
• Labranza cero.	7
• Labranza mínima.	7
• Labranza en franjas.	7
• Labranza en surcos.	7
• Labranza de conservación.	8
• Época de siembra.	8
• Densidad de siembra.	8
• Escarda.	9
• Deshierbe.	9
• Pileteo.	9

Índice	Pág.
7.2.- Siembra.	9
7.3.- Fertilización.	10
7.4.- Herbicidas.	12
7.5.- Aclareo.	13
8.- Recolección.	14
9.- Conservación.	15
10.- Plagas y Enfermedades.	15
10.1.- Plagas.	15
10.2.- Enfermedades.	19
11.- Composición química del maíz.	20
11.1.- Composición química de las partes del grano de maíz.	20
11.2.- Composición química general.	23
• Almidón.	23
• Proteínas.	25
• Aceite y ácidos grasos.	29
• Fibra dietética.	30
• Otros hidratos de carbono.	31
• Minerales.	31
• Vitaminas liposolubles.	32
• Vitaminas hidrosolubles.	32
• Cambios en la composición química.	34
12.- Composición química del grano de maíz de destilería.	35
• Los subproductos de la industria de etanol por el	
Proceso de molienda seca.	35

Índice	Pág.
<ul style="list-style-type: none"> • Granos destilados en alguno de los siguientes estados. • Anhídrido carbónico. • Perfil nutritivo promedio de los DDGS. • ¿Cual es el riesgo de las micotoxinas en DDGS?. • Desafíos a enfrentar por la industria de etanol. 	37 38 39 40 42
13.- Digestibilidad del grano entero de maíz.	43
14.- Digestibilidad y palatabilidad de granos de destilería secos	
Y solubles.	46
15.- Producción en ganado de leche y carne con grano de destilería. . . .	55
• Granos húmedos de destilería.	55
16.- La variabilidad de los granos de destilería para la producción lechera.	57
• Proteína.	57
• Energía.	57
• Lípidos.	58
• Humedad.	58
• Minerales.	58
• Calcio.	59
• Fosforo.	59
• Azufre.	59
17.- Uso de los granos secos de destilería con solubles de EUA en	
Las raciones para ganado lechero.	60
• Efecto de alimentación de los granos de destilería	
Sobre el consumo de materia seca.	63

Indicé	Pág.
<ul style="list-style-type: none"> • Efecto de la alimentación de los granos de destilería Sobre la producción de leche. 64 • Efecto de la alimentación de los granos de destilería Sobre la composición de la leche. 65 • Otros factores a considerar. 66 • Tipo de forraje. 67 • Relación de forraje: concentrado. 68 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alto contenido de aceite en los granos de destilería. . 69 • Formulación de dietas con base en aminoácidos. . . . 69 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación de DDGS a vacas lecheras en Lactación en climas cálidos húmedos o subtropicales. 70 	
18.- Literatura Citada.....	75

LISTA DE CUADROS

CUADRO		Página
1	DOSIS DE MATERIAS ACTIVAS PARA CONTROL DE PULGONES.....	16
2	DOSIS DE MATERIA ACTIVA Y PRESENTACION PARA CONTROL DE TALADROS DE MAIZ.....	18
3	PROPORCIONES DE DIFERENTES CLASES DE PROTEINAS EN DIVERSOS CEREALES.....	26
4	AMINOACIDO ENDOSPERMO DE MAIZ.....	29
5	CONTENIDO DE ACEITE DE LOS DIFERENTES GRANOS DE CEREAL.....	30
6	FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE DEL MAIZ COMUN (%). . .	31
7	DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES DEL MAIZ DENTADO ENTRE LAS FRACCIONES DEL GRANO.	33
8	CANTIDADES UTILIZADAS PARA LA PRODUCCION DE ETANOL.....	38
9	PERFIL NUTRITIVO PROMEDIO DE LOS DDGS.....	39
10	VALORES NUTRICIONALES.....	49
11	COMPOSICION DE LOS DDGS PROPORCIONADA POR EL NRC.....	56

LISTA DE CUADROS

CUADROS	Pág.
12 COMPOSICION DE NUTRIENTES DE DDGS DE MAIZ DE ALTA CALIDAD DE EUA PARA RUMIANTES.	61
13 CONSUMO DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE LECHE DE VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON NIVELES CRECIENTES DE GRANOS DE DESTILERIA, SECOS O HUMEDOS.	64
14 PORCENTAE DE GRASA Y PROTEINAS LACTEAS DE VACA LECHERAS ALIMENTADAS CON NIVELES CRECIENTES DE GRANOS DE DESTILERIA.	65
15 EFECTO SOBRE LA ALIMENTACION DE UNA TMR1 CON Y SIN 10% DE DDGS SOBRE LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE Y LA CALIFICACION DE LA CONDICION CORPORAL DE LAS VACAS A MEDIA LACTACION BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS POR CALOR.	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		pagina
1	Composición química de las partes del grano De maíz.	22
2	Composición química general del maíz.	23
3	Proceso de liberación de la energía de los carbohidratos. . . .	24
4	Diagrama de producción de etanol y obtención de granos De destilería.	36
5	Consumo de DDGS por especie.	41
6	producción de leche promedio de vacas alimentadas con La TMR control y de DDGS.	73

RESUMEN

La nutrición animal es muy amplia y muy complicada pero dentro de ella podemos utilizar ingredientes siempre y cuando cubran los requerimientos del animal para su explotación. En la actualidad se están utilizando los granos de destilería en principal incidencia es el maíz que se utiliza para la producción de etanol, se han hecho análisis bromatológicos de los granos de destilería de maíz al igual que del maíz entero y los resultados han sido asombrosos puesto que los granos de destilería contiene porcentajes mas elevados del rango normal del maíz entero.

Esto puede ser debido al tipo de proceso por el cual es sometido el grano para la obtención del etanol, dentro de este proceso de moler, hervir, licuar, fermentación, etc. Se le agregan encimas dentro del proceso de la obtención del etanol esto puede ser la causa del incremento de la composición química del grano de destilería. En los estados unidos se han venido implementando estos granos dentro de la dieta de los animales (flee dots) dando buenos resultados en las ganancias de peso al dia, consumo, digestibilidad y sobre todo un gran impacto en el aspecto económico para la elaboración de las dietas. Inclusive estos granos pueden ser hasta un 60% total de la dieta administrada en los bovinos.

Resulta mas económico la adquisición de los granos de destilería puesto que no se invierte para la preparación del suelo (paquete tecnológico), siembra, los herbicidas que se utilizan para la prevención de plagas del maíz sin mencionar que si llegasen a tener hongos de igual manera hay que implementar químicos para la erradicación de ella o eliminación por completa, sin mencionar que el maíz es un cultivo que necesita de grandes cantidades de agua para llegar a su madurez y producción optima esto siendo un predisponente en regiones donde no hay agua en abundancia, por eso es mas redituable la obtención de estos granos de destilería de las grandes industrias que los ponen al mercado a un precio muy accesible y redituable para nuestro propósito.

PALABRAS CLAVES; granos, grano de destilería, maíz, bovinos y raciones.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

El maíz era un alimento básico de las culturas indígenas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América. En las civilizaciones maya y azteca jugó un papel fundamental en las creencias religiosas, en sus festividades y en su nutrición. En tiempos precolombinos se cultivaba desde Chile hasta Canadá. En el año 1604 se inició su cultivo en España. Debido a su productividad y a su fácil adaptación al medio, el cultivo del maíz se extendió rápidamente en la dieta popular. Durante el siglo XVIII el cultivo se difundió de forma gradual por el resto de Europa, primero por los lugares de clima más cálido del Mediterráneo y posteriormente por la Europa septentrional. Es el único cereal proveniente del Nuevo Mundo. Actualmente se cultiva en la mayoría de los países del mundo siendo la tercera cosecha más importante después del trigo y el arroz. Hoy en día el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición tanto de seres humanos como animales. Es además una materia prima indispensable en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y de uso industrial. Los granos, las hojas, las flores, los tallos,... todo es aprovechado para la fabricación de multitud de productos: almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos e incluso, desde hace poco, se emplea como combustible alternativo a la gasolina, más económico y menos contaminante.

2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS. BOTÁNICA

Nombre común: Maíz

Nombre científico: Zea mays

Familia: Gramíneas

Género: Zea

3.-BOTÁNICA

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

4. DESARROLLO VEGETATIVO DEL MAÍZ

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

5. GENÉTICA DEL MAÍZ

El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado.

Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten unas características determinadas de lo que se quiera conseguir como mejora de cultivo. También se selecciona según la forma de la mazorca de maíz, aquellas sobre todo que posean un elevado contenido de granos sin deformación.

6. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

6.1. Exigencia de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.

6.1.1. Pluviometría y riegos

Pluviometría

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenidos de 40 a 65 cm.

Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

6.2. Exigencias en suelo

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

7. LABORES CULTURALES

7.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener ciertas capacidades de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

PREPARACION DEL TERRENO

Una preparación del terreno bien realizada es el primer paso para obtener rendimientos altos ya que facilita la nacencia de plántulas y la penetración de las raíces, permite un buen desarrollo de la planta y facilita la distribución uniforme del agua, semilla y fertilizantes.

Época y labores de preparación del terreno

La mejor época para efectuar las labores de preparación, es durante los meses de noviembre a febrero. La consecuencia de no preparar el terreno durante este período significa serios inconvenientes: a) salirse de la mejor época de siembra, b) que el terreno no este disponible para establecer un segundo cultivo, c) el no voltear el suelo provoca que las plagas de la raíz y follaje invernen en él y emerjan sus larvas junto con el cultivo, dañándolo en un estado temprano de su desarrollo.

Barbecho

Se debe realizar después de la cosecha anterior, cuando el suelo tenga una humedad que permita el rompimiento uniforme de los terrones, así como también, disminuir el esfuerzo del tractor y arado, Un buen barbecho es aquel que voltea el suelo de 25 a 30 cm de profundidad, sirve para aflojar el terreno, incorporar restos

de rastreo, elimina algunas plagas de la raíz y maleza, mejora la penetración del agua y favorece la aireación del suelo.

Rastreo

Para lograr una siembra adecuada y uniforme es necesario preparar una buena cama de siembra de por lo menos 10 cm de tierra mullida, lo anterior se logra con uno o dos pasos de rastra, procurando que los discos de la rastra penetren como mínimo 12 cm de profundidad. El rastreo además de preparar la cama de siembra, ayuda a eliminar la primera generación de maleza.

Nivelación

Esta labor se realiza después del rastreo con niveladora, escrepa ó simplemente con un tablón. Su objetivo es llenar los huecos que hayan quedado en el terreno y rasar los bordos para que no haya problemas de anegamiento, lo anterior ayuda a una mejor distribución y aprovechamiento del agua de riego y contribuye a una mejor distribución de la semilla y fertilizante.

Surcado del terreno

Se sugiere realizar el surcado de 75 a 80 cm para la siembra de maíz de temporal.

Otras opciones para la preparación del terreno

Existen otras opciones para la preparación del suelo tales como la labranza cero, mínima, en franjas, en surcos y de conservación. Los beneficios que se obtienen con éstos métodos de labranza son: reducción de costos, conservación del suelo y agua, mejoramiento de la estructura, porosidad e infiltración del agua, acumulación de materia orgánica e incremento en el rendimiento de las cosechas. Sus desventajas son: desconocimiento de resultados y forma de trabajar por parte de los productores, la necesidad de adquirir maquinaria especializada para la siembra y remoción del suelo, control de la maleza basándose en productos químicos y acostumbrarse a ver las parcelas con residuos de cosecha que

aparentan descuido en el cultivo. A continuación se presenta varios métodos alternativos en la preparación del suelo.

Labranza cero.

No se realiza ningún tipo de movimiento al suelo. La siembra se realiza en forma directa y solo se mueve una pequeña franja de suelo en donde se deposita el fertilizante y la semilla. Se reduce la cantidad de energéticos empleados así como las labores de producción. El control de la maleza antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo se realiza con herbicidas.

Labranza mínima.

Es la eliminación del barbecho en la preparación del suelo. Se puede emplear solamente la rastra, o cinceles especializados que no inviertan el perfil del suelo como el vibro cultor, multiarado, pata de ganso o cinceles. Los residuos vegetales son incorporados en la capa superficial del suelo con la rastra, mientras que con los implementos que no invierten el perfil éstos permanecen en la superficie. El control de la maleza puede ser mecánico, mediante escardas, o combinado con herbicidas.

Labranza en franjas.

En este método, solo se remueven franjas aisladas del suelo para realizar la siembra, el resto del terreno queda intacto. Generalmente se quita la cubierta de residuos de cosecha en la franja que se prepara por lo que se reduce su efectividad para controlar la erosión del suelo. Se puede combinar con la labranza en surcos para realizar escardas y reducir la cantidad de herbicida en el control de la maleza.

Labranza en surcos.

La siembra se realiza en los surcos formados durante las escardas en el cultivo anterior. La erosión del suelo se controla al dejar entre un 30 a 50% de residuos hasta el momento de plantar. Sin embargo, durante la siembra se emplea

maquinaria con limpiadores para despejar el lomo del surco, quedando sin la protección de residuos. Con este método se puede prescindir el uso de herbicidas y controlar la maleza con una o dos escardas. La labranza en surcos es adecuada para suelos con problemas de drenaje.

Labranza de conservación.

Es la combinación de la labranza cero o labranza mínima sin invertir el perfil del suelo con por lo menos un 30% de cobertura de residuos de cosecha en la superficie del suelo. Los residuos de cosecha no se incorporan al perfil del suelo generando un mantillo, el cual cuando esta uniformemente distribuido en la superficie, protege al suelo de la erosión, mantiene mayor humedad e incrementa la infiltración del agua. Al dejar por lo menos un 30% de residuos de cosecha en la superficie la erosión del suelo se reduce un 50%. Es aconsejable solicitar una asesoría técnica para elegir el método de labranza que mejor se adapte al tipo de suelo y sistema de producción del productor de maíz como base a una nueva agricultura de conservación.

EPOCA DE SIEMBRA

La siembra de maíz de temporal abarca el período comprendido del 15 de mayo al 15 de julio. Cabe mencionar que el maíz de riego no tiene fecha de siembra esta puede ser los 365 días del año. Después de cada labranza o preparación de las tierras que se cultivaran se pueden realizar la siembra.

DENSIDAD DE SIEMBRA

Se recomienda sembrar 10 a 12 kilogramos de semilla por hectárea, con una distancia entre plantas de 40 a 50 cm y de 75 a 80 cm entre surcos, lo que significa una densidad de población de 20,000 a 30,000 plantas por hectárea.

LABORES CULTURALES

Es recomendable realizar las siguientes labores posteriores a la nacencia del cultivo:

- **Escarda.**

Se debe realizar tan pronto como sea posible, siempre y cuando no vaya a enterrar la planta.

- **Deshierbe.**

En los primeros cuarenta días de desarrollo del cultivo debe evitarse la competencia de la maleza.

- **Pileteo.**

Esta labor se realiza junto con la escarda o inmediatamente después de esta con el fin de captar y retener agua de lluvia.

7.2. Siembra.

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza por el mes de abril.

7.3. Fertilización.

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo.

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8. A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N: 82% (abonado nitrogenado).
- P₂O₅: 70% (abonado fosforado).
- K₂O: 92% (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos.

Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo. Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha
- Urea. 295kg/ha
- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha.

Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

Fósforo (P): Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

Potasio (K): Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

Otros elementos: boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden parecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

7.4. Herbicidas

Cuando transcurren 3 a 4 semanas de la emergencia de la planta aparecen las primeras hierbas de forma espontánea que compiten con el cultivo absorción de Agua y nutrientes minerales. Por ello, es conveniente su eliminación por medio de herbicidas. Para la realización del aporcado, las escardas y deshijado se vienen realizando controles químicos con herbicidas. Los herbicidas más utilizados son:

Triazinas

Es el herbicida más utilizado en los cultivos de maíz. Su aplicación puede realizarse antes de la siembra o cuando se produce el nacimiento de la plántula y también en la postemergencia temprana. Su dosis va des 1 a 2 kg/ha. En suelos arenosos los tratamientos con herbicidas pueden dañar los cultivos sobre todo si son sensibles a este cultivo.

Simazina

Su utilización es conjunta con triazina y sirve para combatir a *Panicum* y *Digitaria*. La dosis de 0.75 de atracina y 1.25 kg/ha de simazina.

Dicamba

Este herbicida proviene de la fórmula química de 2.4-D, y no es aconsejable utilizarlo en suelos arenosos. Es eficaz contra *Polygonum spp.* Y *Cirsium arvense*.

Cloroacetaminas

Estos herbicidas actúan solos o mezclados con atrazina. Eliminan malas hierbas como *Cyperus esculentus*.

Paraquat

Se utiliza antes de la siembra

Tiocarbamatos

Son herbicidas que deben incorporarse antes de la siembra por tratarse de compuestos muy volátiles. Son EPTC y butilato

Metolacloro

Se aplica antes de siembra o después de ella y controla la aparición de gramíneas en el cultivo. Sus dosis van oscilando entre 2 a 3 kg/ha.

En la mayoría de los casos aparecen gramíneas y dicotiledones de forma conjunta en las plantaciones de maíz. Para eliminarlas es conveniente la asociación de dichos herbicidas:

- Atrazina/simacina.
- Atrazina/cinazina.
- ETPC/butilato.
- Atrazina+ alocloro.
- Atrazina + metolacloro.
- Atrazina + penoxamila.
- Cumaína + Oxicloruro de Cobre con escasos resultados.

7.5. Aclareo

Es una labor de cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 a 30 cm y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes. Otras labores de cultivo son las de romper la costra endurecida del terreno para que las raíces adventicias (superficiales) se desarrollen.

8. RECOLECCIÓN

Para la recolección de las mazorcas de maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien secas. La recolección se produce de forma mecanizada para la obtención de una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y fácil. Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad. Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio. Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta. Trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia.

9. CONSERVACIÓN

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido en humedad del 35 al 45%. Para grano de maíz destinado al ganado éste debe tener un cierto contenido en humedad y se conserva en contenedores, previamente enfriando y secando el grano. Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0°C y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico. El maíz para grano se conserva de la siguiente forma: debe pasar por un proceso de secado mediante un secador de circulación continua o secadores de caja. Estos secadores calientan, secan y enfrían el grano de forma uniforme.

10.-PLAGAS Y ENFERMEDADES

10.1 Plagas

Insectos

- Gusano de alambre.

Viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Estos gusanos son coleópteros. Las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica. Existen del género *Conoderus* y *Melanotus*. Las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes. Ocasionalmente grave deterioro en la planta e incluso la muerte. Para su lucha se recomienda tratamientos de suelo como Paration y otros.

- Gusanos grises.

Son larvas de clase lepidópteros pertenecientes al género *Agrotis*. *Agrotis ipsilon*. Las larvas son de diferentes colores negro, gris y pasando por los colores verde grisáceo y son de forma cilíndrica. Los daños que originan son a nivel de cuello de la planta produciéndoles graves heridas. Control de lucha similar al del gusano de alambre.

- Pulgones.

El pulgón más dañino del maíz es *Rhopalosiphum padi*, ya que se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo y el pulgón verde del maíz *Rhopalosiphum maidis* es transmisor de virus al extraer la savia de las plantas atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz.

El control se realiza mediante aficidas, cuyas materias activas, dosis y presentación del producto se muestra a continuación:

CUADRO 1.- DOSIS DE MATERIAS ACTIVAS PARA CONTROL DE PULGONES

MATERIA ACTIVA	DOSIS	PRESENTACIÓN
Ácido Giberélico 1.6%	0.20-0.30%	Concentrado soluble
Benfuracarb 5%	12-15 Kg/ha	Gránulo
Carbofurano 5%	12-15 Kg/ha	Gránulo
Cipermetrin 4% + Profenofos 40%	0.15-0.1-30%	Concentrado soluble
Diazinon 40%	0.10-0.20%	Polvo mojable
Glisofato 36% (sal isopropilamida)	0.20-0.30%	Concentrado soluble
Malation 50%	0.30 L/ha	Concentrado soluble
Metamidofos 50%	0.10-0.15%	Concentrado soluble
Napropamida 50%	0.20-0.30%	Polvo mojable

- La piral del maíz.

Ostrinia nubilalis. Se trata de un barrenador del tallo y desarrolla de 2 a 3 generaciones larvarias llegando a su total desarrollo alcanzando los 2 cm de longitud. Las larvas comienzan alimentándose de las hojas del maíz y acaban introduciéndose en el interior del tallo. Los tallos acaban rompiéndose y las mazorcas que han sido dañadas también.

-Taladros del maíz. Se trata de dos plagas muy perjudiciales en el cultivo del maíz:

- *Sesamia nonagrioides*. Se trata de un Lepidóptero cuya oruga taladra los tallos del maíz produciendo numerosos daños. La oruga mide alrededor de 4 cm, pasa el invierno en el interior de las cañas de maíz donde forman las crisálidas. Las mariposas aparecen en primavera depositando los huevos sobre las vainas de las hojas.
- *Pyrausta nubilalis*. La oruga de este Lepidóptero mide alrededor de 2 cm de longitud, cuyos daños se producen al consumir las hojas y excavar las cañas de maíz. La puesta de huevos se realiza en distintas zonas de la planta.

Como método de lucha se recomienda realizar siembras tempranas para que esta plaga no se desarrolle, además del empleo de insecticidas. A continuación se muestran la materia activa, dosis de aplicación y presentación del producto:

CUADRO 2. DOSIS DE MATERIA ACTIVA Y PRESENTACION PARA CONTROL DE TALADRO DE MAIZ.

MATERIA ACTIVA	DOSIS	PRESENTACIÓN
Carbaril 10%	15-25 Kg/ha	Polvo para espolvoreo
Cipermetrin 0.2%	20-30 Kg/ha	Gránulo
Clorpirifos 1.5%	20-30 Kg/ha	Gránulo
Diazinon 40%	0.10-0.20%	Polvo mojable
Endosulfan 4%	20 kg/ha	Gránulo
Esfenvalerato 2.5%	0.60 L/ha	Concentrado emulsionable
Fenitrothion 3%	20-30 Kg/ha	Gránulo
Fosmet 20%	0.30%	Concentrado emulsionable
Lindano 2%	25-30 Kg/ha	Gránulo
Metil paration 24%	0.15-0.25%	Microcápsulas
Permetrin 0.25%	20-30 Kg/ha	Polvo para espolvoreo
Triclorfon 5%	20-30 Kg/ha	Polvo para espolvoreo

Arañuelas del maíz, *Oligonychus pratensis*, *Tetranychus urticae* y *Tetranychus cinnabarinus*. Su control se realiza mediante el empleo de fosforados: Dimetoato y Disulfotón.

10.2. Enfermedades.

- **Bacteriosis:** *Xanthomonas stewartii* ataca al maíz dulce. Los síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido. En tallos de plantas jóvenes aparece un aspecto de mancha que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración. Si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta.

- ***Pseudomonas alboprecipitans*.** Se manifiesta como manchas en las hojas de color blanco con tonos rojizos originando la podredumbre del tallo.

- ***Helminthosporium turcicum*.**

Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda. Sus ataques son más intensos en temperaturas de 18 a 25°C. Las hojas caen si el ataque es muy marcado.

-**Antracnosis.**

Lo causa *Colletotrichum graminocolum*. Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja. Como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes.

- **Roya.**

La produce el hongo *Puccinia sorghi*. Son pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleutosporas.

- Carbón del maíz.

Ustilago maydis. Son agallas en las hojas del maíz, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33°C. Su lucha se realiza basándose en tratamientos específicos con fungicidas.

11.- COMPOSICION QUIMICA DEL MAIZ

11.1.- Composición química de las partes del grano.

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La *cubierta seminal o pericarpio*, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%). El *endospermo*, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), proteínas (8%) y un contenido de grasas relativamente bajo. Aporta, además, la mayor parte el Nitrógeno que contiene el maíz.

El *germen*, se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas (33% por término medio), contiene también un nivel elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales. También contiene Nitrógeno, pero en menor medida que el endospermo. De la *capa de aleurona*, de la cual se conocen pocos datos, tiene un contenido relativamente elevado de proteínas (19%) y de fibra cruda. Contiene cantidades reducidas de Nitrógeno.

El contenido de Hidratos de Carbono y proteínas de los granos de maíz depende en medida considerable del endospermo; el de las grasas crudas y, en menor medida, proteínas y minerales, del germen. La fibra cruda del grano, se encuentra fundamentalmente en la cubierta seminal. La distribución ponderal de las partes del grano, su composición química concreta y su valor nutritivo tienen gran importancia cuando se procesa el maíz para consumo; a este respecto, hay dos cuestiones de importancia desde la perspectiva nutricional: el contenido de ácidos grasos y el de proteínas. El aceite de germen suministra niveles relativamente

elevados de ácidos grasos; cuando se dan ingestas elevadas de maíz, como sucede en determinadas poblaciones, quienes consumen el grano degerminado obtendrán menos ácidos grasos que quienes comen el maíz entero elaborado. Esta diferencia tiene probablemente igual importancia en lo que se refiere a las proteínas, dado que el contenido de aminoácidos de las proteínas del germen difiere radicalmente del de las proteínas del endospermo. Si se analiza todo el grano, el contenido de aminoácidos de las proteínas del endospermo, pese a que la configuración de estos en el caso del germen es más elevada y mejor equilibrada. No obstante, las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos, aunque no suficiente para la calidad de las proteínas de todo el grano. El germen aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales limitantes en las proteínas de maíz. Las proteínas del endospermo tienen un bajo contenido de lisina y triptófano, al igual que las proteínas de todo el grano. La deficiencia de lisina, triptófano e isoleucina ha sido perfectamente demostrada mediante numerosos estudios con animales y un número reducido de estudios con seres humanos. Está demostrada la calidad superior de las proteínas del germen en comparación con las del endospermo. Las variedades del cereal estudiadas comprenden tres de maíz común y una de maíz con proteínas de elevada calidad (MPC). En todos los casos, la calidad de las proteínas del germen es muy elevada en comparación con la de las del endospermo y patentemente superior a la calidad proteínica del grano entero. La calidad de las proteínas del endospermo es inferior a la del grano entero, a causa de la mayor aportación de proteínas del germen. Los datos muestran también una diferencia menor de calidad de las proteínas del germen y del endospermo en la variedad del MPC.

Además, el endospermo del MPC y la calidad del grano entero es notablemente superior a la calidad del endospermo y del grano entero de las otras muestras. Estos datos son también importantes para las modalidades de elaboración del maíz para el consumo y por sus consecuencias para el estado nutricional de los consumidores. También muestran con claridad la mayor calidad del MPC frente al maíz común. La calidad superior del endospermo del MPC también tiene importancia para las poblaciones que consumen maíz degerminado.

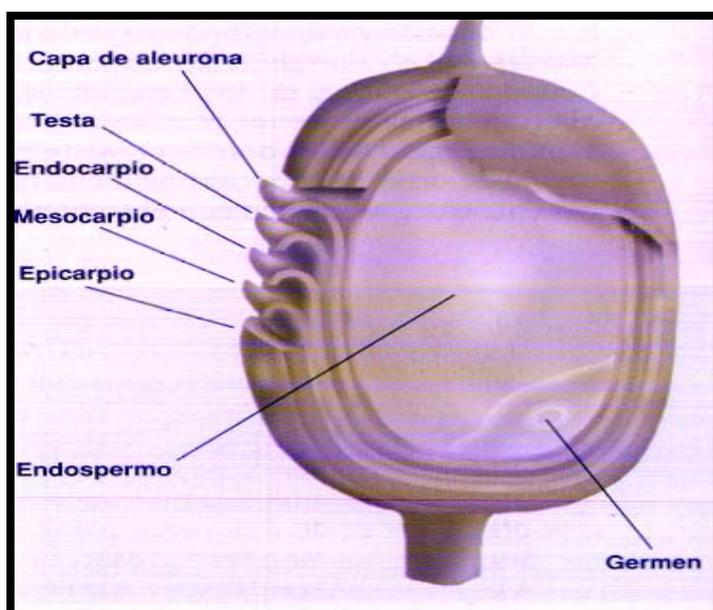


FIGURA 1.- composición química de las partes del grano de maíz

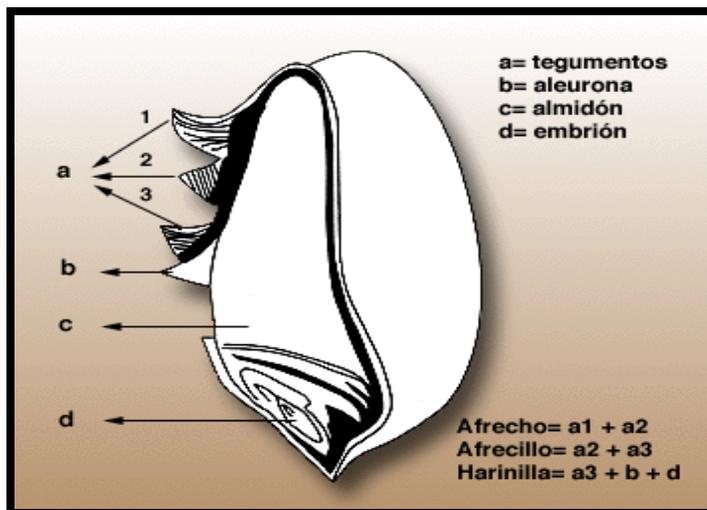


FIGURA 2.- Composición química general del grano de maíz

11.2.- Composición química general.

Puede haber variedad tanto genética como ambiental y puede influir en la distribución ponderal y en la composición química específica del endospermo, el germen y la cáscara de los granos.

Almidón

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, (que es la forma en que los cereales almacenan energía en el grano) al que corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón.

Además de su valor nutritivo, el almidón es importante a causa de su efecto sobre las propiedades físicas de muchos de nuestros alimentos. Por ejemplo: la gelificación del pudín, el espesamiento de las salsas y el fraguado de algunos

postres, está todo ello fuertemente influenciado por las propiedades del almidón. El almidón también es un producto industrial importante, particularmente en la industria papelera.

Almidón

Entre 60 y 100 % de la cantidad de almidón ingerida se fermenta en el rumen. Esta depende de la cantidad alimentada y el tiempo que tardan pasar por el tracto digestivo. En comparación con los carbohidratos fibrosos, los almidones se digieren más rápidamente, no necesitan tanto espacio en el rumen, y no estimulan los reflejos de la rumia. Cuando producen los reflejos de la rumia, los diferentes almidones se digieren a ritmos diferentes. El almidón que se escapa del rumen, y así la fermentación, puede ser digerido por las enzimas en el intestino delgado. Los azúcares resultantes se absorben en la sangre. Si se queda algún almidón, puede que se fermente en el intestino grueso. Sin embargo, ésta fermentación secundaria tiene poco beneficio para la vaca. Si una cantidad de almidón llega hasta el intestino grueso, puede producir un desequilibrio de agua y resultar en diarrea.

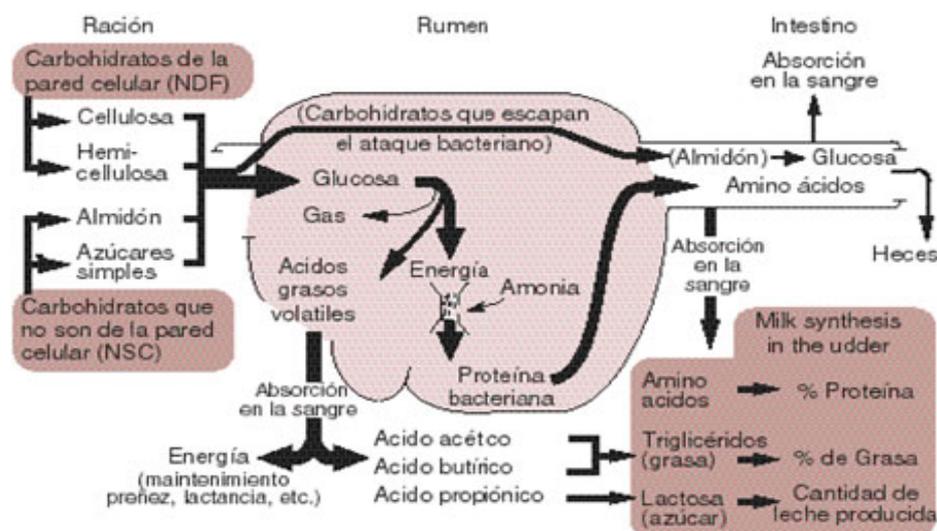


Figura 3: Proceso de liberación de la energía de los carbohidratos

Proteínas

a) En general:

Las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos de maíz están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas (I, II, III, IV, V y residuos). Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6% respectivamente.

Las cantidades de proteínas solubles en alcohol son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura. La fracción de *Zeína* resulta tener un contenido muy bajo de lisian y carecer de triptófano. Como esas fracciones de zeína constituyen más del 50% de las proteínas del grano, se desprende que ambos aminoácidos tienen también un porcentaje bajo de proteínas. En cambio, las fracciones de albúmina, globulina y glutelina contienen niveles relativamente elevados de lisian y triptófano. Otra característica importante de las fracciones de zeína es su elevadísimo contenido de leucina, aminoácido relacionado con la deficiencia de isoleucina. La calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas.

En el maíz común son patentes las carencias de lisian y triptófano. Pero también es importante su elevado contenido de leucina de este maíz.

CUADRO 3.- PROPORCIONES DE DIFERENTES CLASES DE PROTEINAS EN DIVERSOS CEREALES

Cereales	Albuminas	Globulinas	Prolaminas	Glutemina
Trigo	9	5	40	46
Maíz	4	2	55	39
Cebada	13	12	52	23
Avena	11	56	9	23
Arroz	5	10	5	80
Sorgo	6	10	46	38

Valor nutritivo de las proteínas.

Normalmente, el valor nutritivo de las proteínas vegetales es menor que el de la mayoría de las proteínas de origen animal, lo que se debe a varios factores que se discuten a continuación.

En general, las proteínas vegetales son deficientes en uno o varios aminoácidos, como es el caso de los cereales que carecen de una concentración adecuada de lisina mientras que las leguminosas son pobres en metionina. El balance adecuado de aminoácidos desempeña un papel muy importante en la calidad de las proteínas, ya que la deficiencia o el exceso de alguno de ellos, puede traer como consecuencia una reducción en el valor nutritivo del alimento. En las proteínas vegetales se presentan problemas de baja digestibilidad debido a una relación inadecuada de la concentración relativa de sus aminoácidos constituyentes, y que puede ser por:

- un desequilibrio de aminoácidos.
- un antagonismo de aminoácidos.
- toxicidad de aminoácidos.

En el caso de las proteínas del maíz hay un desequilibrio muy marcado ya que existe un exceso de leucina con respecto a isoleucina, lo que reduce la utilización de esta última. Otras proteínas contienen concentraciones muy altas de prolina con respecto a lisina y arginina, razón por la cual, algunos cereales tienen un valor nutritivo muy bajo. La toxicidad se puede presentar cuando los alimentos contienen un porcentaje alto de metionina, ya que es el aminoácido más tóxico, estos factores se deben tener en cuenta cuando se trata de fortificar los alimentos con aminoácidos, ya que la relación óptima entre ellos requiere ser estudiada con cuidado puesto que un exceso del aminoácido fortificante puede reducir el valor nutritivo de la proteína original, o bien, puede llegar a ser tóxico.

Aproximadamente el 80% de las proteínas del maíz y de otros cereales están constituidas por prolaminas y glutelinas, mientras que en el caso de las leguminosas son globulinas. La característica más importante de las prolaminas es que son poco digeribles y contienen una concentración baja de lisina, haciendo al maíz y otros cereales, alimentos de muy baja calidad nutritiva. Existen dos mutantes del maíz, producidos por modificación genética (opaco-2 y harinoso-2), en los cuales se reduce la concentración de pro lamina y se aumenta considerablemente el contenido de lisina. Estos dos mutantes, tienen un mayor valor nutritivo que las diferentes variedades de maíz común. Se ha llegado a la conclusión de que los pueblos precolombinos que sobrevivieron más tiempo fueron aquellos que utilizaban para su alimentación el maíz tratado termo-alcalinamente. Esto es muy interesante ya que las proteínas de maíz son de un valor nutritivo muy bajo, pero mejoran su calidad después de haber sido sujetadas a dicho tratamiento. A pesar de existir pérdidas de algunos aminoácidos, grasa y minerales, el maíz "nixtamalizado" presenta un valor mayor desde el punto

De vista nutritivo que el maíz crudo. Este es muy deficiente en lisina y triptófano y además tiene un desequilibrio muy marcado en las concentraciones de leucina/isoleucina y todo esto hace que estas proteínas sean poco aprovechables por el hombre.

Por otra parte, la enfermedad de la pelagra, conocida como la de “las 3 Ds”, ya que causa Dermatitis, Diarrea y Demencia, se manifiesta en poblaciones cuya dieta está esencialmente basada en el maíz. Actualmente, los brotes de pelagra se localizan en ciertas zonas de África, en la India y en algunas regiones de la Península de Yucatán en México, en donde sus habitantes consumen el maíz sin ningún tratamiento termo-alkalino. La pelagra se presenta normalmente debido a grandes deficiencias de niacina y triptófano en la dieta. El triptófano es el precursor en las síntesis de niacina en el humano, y su equivalencia es de 60 mg de triptófano por 1 mg de niacina. Otro factor que influye en el desarrollo de la pelagra es la elevada concentración de leucina en el maíz, que es de aproximadamente 12-15% de la proteína; en efecto, se ha comprobado en diferentes investigaciones que la adición de un exceso de leucina en dietas balanceadas de caseína induce la pelagra. Sin embargo, el maíz híbrido opaco-2, con un mayor contenido de lisina y menor concentración de leucina no produce pelagra en animales de laboratorio.

La alta relación de leucina/isoleucina en el maíz se reduce durante los tratamientos termo-alkalinos debido a la destrucción de la leucina lo que mejora el valor nutritivo de la proteína. Como sucede en varios cereales, la niacina del maíz está unida a otros constituyentes de estos granos de tal forma que los tratamientos termo-alkalinos la liberan al hidrolizar los enlaces que la unen, haciéndola disponible. Estos dos factores parecen ser la principal razón por la que no se presenta la pelagra en poblaciones en las que el maíz se consume después de un tratamiento como la nixtamalización.

CUADRO 4.- AMINOACIDO ENDOSPERMO DE MAIZ.

❖ Lisina 2,0	Histidina 2,8	Amonio 3,3	Arginina 3,8
A. aspártico 6,2	A. glutámico 21,3	Treonina 3,5	Serina 5,2
❖ Prolina 9,7	Glicocola 3,2	Alanina 8,1	Valina 4,7
❖ Cistina 1,8	Metionina 2,8	Isoleucina 3,8	Leucina 14,3
❖ Tirosina 5,3	Fenilalanina 5,3		

Composición de aminoácidos (g/100g de proteína)

De las proteínas del endospermo de maíz

Aceite y ácidos grasos

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11% y el 2% respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poli insaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24%. Solo se han encontrado cantidades reducidísimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, por contener únicamente pequeñas cantidades de ácido linolénico (0.7%) y niveles elevados de antioxidantes naturales. El aceite de maíz goza de gran reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácidos oleicos y linoleico. A este respecto, quienes consumen maíz degerminado obtienen menos aceite y ácidos grasos que quienes consumen el grano entero.

CUADRO 5.- CONTENIDO DE ACEITE DE LOS DIFERENTES GRANOS DE CEREAL

❖ Aceite
❖ Cereal (% base seca)
❖ Cebada 2,1
❖ Maíz 4,4
❖ Mijo 4,4
❖ Arena 5,1
❖ Arroz 2,1
❖ Centeno 1,8
❖ Sorgo 3,4
❖ Trigo 1,9

Fibra dietética

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. Los hidratos de carbono complejos del grano de maíz se encuentran en el pericarpio y la piloriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y en menor medida, en las del germen.

CUADRO 6.- FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE DEL MAIZ COMUN (%)

Fibra dietética		
Insoluble	Soluble	Total
11	2	13

Otros hidratos de carbono

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además del almidón. El total de azúcares del grano varía entre el 1 y el 3% y la sacarosa, el elemento más importante, se halla esencialmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Doce días después de la polinización, el contenido de azúcar es relativamente elevado, mientras que el de almidón es bajo. Conforme madura el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón. A estos niveles relativamente elevados de azúcar y sacarosa reductores se debe posiblemente el hecho de que el maíz común verde y en mayor medida aún, el maíz dulce sean tan apreciados por la gente.

Minerales

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1.3%, solo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. Los factores ambientales influyen probablemente en dicho contenido. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio del 11%, frente a menos del 1% en el endospermo. El germen proporciona cerca del 78% de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores aproximadamente 0.9% en el maíz común. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de Ca y de oligoelementos.

Vitaminas liposolubles

El grano de maíz contiene del vitaminas solubles en grasa, la provitamina A o carotinoide y la vitamina E.

Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen.

El beta-caroteno es una fuente importante de vitamina A, aunque no totalmente aprovechada pues los seres humanos no consumen tanto maíz amarillo como maíz blanco. Los carotenoides del maíz amarillo pueden destruirse durante el almacenamiento.

La otra vitamina liposoluble, la vitamina E, que es objeto de cierta regulación genética, se halla principalmente en el germen. La fuente de la vitamina E son cuatro tocoferoles; el más activo biológicamente es el tocoferol, aunque el tocoferol-gamma es probablemente más activo como antioxidante.

Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz, y en menor medida en el germen y el endospermo. Esta distribución tiene importancia al elaborar el cereal pues, la elaboración de lugar a pérdidas considerables de vitaminas. Se han encontrado variables de tiamina y riboflavina en el grano de maíz; su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades. La vitamina soluble en agua a la cual se han dedicado más investigaciones es el ácido nicotínico, a causa de su asociación con la deficiencia de niacina o pelagra, fenómeno muy difundido en las poblaciones que consumen grandes cantidades de maíz. Al igual que sucede en otras vitaminas, el contenido

de niacina es distinto según las variedades, con los valores medios de aproximadamente 20g/g.

Una característica propia de la niacina es que está ligada y por lo tanto, el organismo animal no lo puede asimilar; sin embargo existen algunas técnicas de elaboración que hidrolizan la niacina, permitiendo su asimilación. La asociación de la ingesta de maíz, con la pelagra se debe a los bajos niveles de niacina del grano, aunque se ha demostrado experimentalmente que también son importantes los desequilibrios de aminoácidos, por ejemplo, la proporción entre le leucina y la isoleucina, y la cantidad de triptófano asimilable.

El maíz no tiene vitamina B12 y el grano maduro contiene solo pequeñas cantidades de ácido ascórbico. Otras vitaminas como la colina, el ácido fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas.

CUADRO 7.- DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES DEL MAIZ DENTADO ENTRE LAS FRACCIONES DEL GRANO.

	Endospermo (%)	Embrión (%)	Pericarpio (%)
% del grano	82	11.6	6.4
Proteínas	73.1	23.9	3.0
Aceite	15.0	83.2	1.8
Azúcar	28.2	70.0	1.8
Almidón	98.0	1.3	0.7
Cenizas	18.2	78.5	3.3

Cambios en la composición química

Los cereales contienen muy pequeñas cantidades de azúcares, dado que la mayor parte del azúcar transportado a la semilla es convertido en almidón. Así, el grano de maíz contiene 0,2-0,4% de D-glucosa, 0,1-0,4% de D-fructosa y 1-2% de sacarosa; el grano de trigo, por su parte, < 0,1% de D-glucosa, 0,1% de D-fructosa y alrededor de 1% de sacarosa.

El maíz dulce posee esta propiedad porque es cosechado antes de que toda la sacarosa haya sido convertida en almidón. A lo largo del crecimiento, la planta de maíz, como otros cereales, convierte una gran parte de su energía foto generada en las hojas en sacarosa, que constituye el azúcar de transporte normal en las plantas. Una parte mayoritaria de la sacarosa generada es transportada a las semillas, donde es transformada en almidón. Este almidón es la reserva alimenticia que utiliza el embrión de la planta hasta que pueda germinar y comenzar la fotosíntesis de sus propios carbohidratos. El maíz dulce presenta pues, gran abundancia de sacarosa que está destinada a ser convertida en almidón. Si la mazorca inmadura de maíz es cosechada e inmediatamente escaldada o congelada para inactivar el sistema enzimático que convertiría la sacarosa en almidón, esa sacarosa queda en las semillas, dando lugar así a un alimento delicioso para los humanos. Si, por el contrario, el maíz dulce es cosechado cuando está ya maduro o si no es inactivado el sistema enzimático, y se deja transcurrir el tiempo desde la cosecha hasta el consumo, la mayor parte de la sacarosa se habrá transformado en almidón, y como consecuencia, el maíz habrá perdido su dulzor y el grano devenido firme y duro.

12.- COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE MAIZ DE DESTILERIA

Granos de Destilería: Subproductos del Etanol

El rápido crecimiento de la industria de etanol a nivel mundial ha resultado en un aumento en la oferta de subproductos, principalmente los llamados granos de destilería, que usualmente poseen precios competitivos como ingredientes alimenticios en las dietas para el ganado y las aves.

Resulta sumamente valioso resaltar este aspecto de la industria, ya que agrega valor adicional al objetivo principal. Su desarrollo actual es el siguiente:

Los subproductos de la industria de etanol por el proceso de molienda seca.

El maíz es dos tercios almidón, el cual se convierte en etanol y dióxido de carbono durante un proceso de destilado y fermentación. Los nutrientes restantes en el maíz, tales como la proteína, aceite, fibra, minerales y vitaminas, se concentran en tres maneras distintas y terminan como los granos de destilería o solubles de destilería condensados. Los granos de destilería son un subproducto del proceso de la molienda en seco utilizado para hacer etanol a partir de maíz. El proceso se observa en el cuadro siguiente:

ETANOL CON MOLIDA SECA

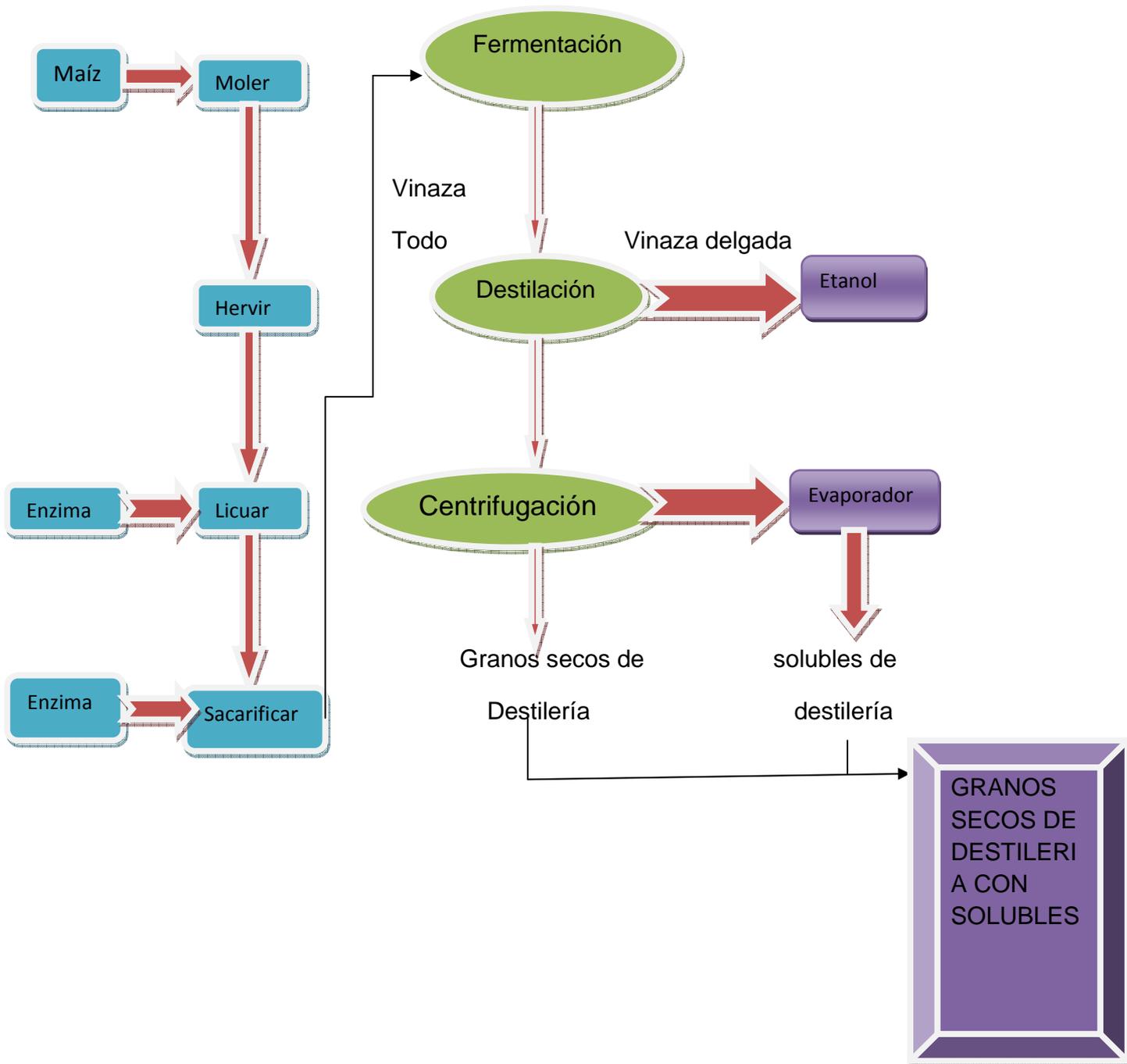


FIGURA N°4.- Diagrama de producción de etanol y obtención de granos de destilería.

Los granos de destilería de maíz contienen los nutrientes restantes después de que el almidón de maíz se fermenta a alcohol y pueden comercializarse húmedos o desecados. Los granos de destilería húmedos tienen un contenido de proteína y energía más alto que el alimento de gluten de maíz porque el gluten y el aceite se quedan en los granos de destilería. Cuando se desecan los granos de destilería pierden algo del valor energético comparado con los productos húmedos. Los granos de destilería desecados y los granos de destilería desecados con solubles se comercializan ampliamente en todo el mundo como un commodity alimenticio.

Los subproductos que se obtienen son:

i- Granos destilados en alguno de los siguientes estados:

Granos de destilería de maíz desecados (DDG) se obtienen después de extraer el alcohol etílico a través de la destilación de la fermentación de levaduras de un grano o una mezcla de granos separando la fracción de granos gruesos de los residuos sólidos enteros y secándola utilizando los métodos que se utilizan en la industria destiladora de granos.

Granos de destilería de maíz desecados/solubles (DDGS) se recuperan en la destilería y contienen todos los nutrientes del maíz entrante menos del almidón. Por eso, los DDGS tienen un mínimo de tres veces la cantidad de nutrientes que el maíz entrante. DDGS típicamente se analizan en 27% proteína, 11% grasa y 9% fibra.

Solubles de destilería condensados de maíz (CDS) es un término que generalmente se utiliza para referirse a los subproductos evaporados de la industria de la fermentación del maíz. La mayoría del CDS se agrega a los granos desecados, pero algo está disponible como un ingrediente alimenticio líquido. En base seca el CDS típicamente tiene 29% proteína, 9% grasa y 4% fibra. Los solubles son una fuente excelente de vitaminas y minerales, incluyendo el fósforo y potasio. CDS se puede desecar a 5% de humedad y se comercializa, pero generalmente el contenido de materia seca está entre 25-50%.

Granos de destilería húmedos (WDG) se pueden vender como alimento para el ganado o se pueden desecar en granos de destilería (DDG). Si se agrega jarabe a los granos de destilería húmedos y luego se secan, el producto resultante se refiere como granos de destilería desecados con solubles (DDGS).

ii- Anhídrido Carbónico

En EEUU solo un tercio de la producción de CO₂ a partir de etanol se captura actualmente. En general son las plantas de mayor capacidad de producción las que procesan y aprovechan el CO₂ comercialmente ya que normalmente en las plantas menores no se justifica la inversión requerida para el proceso de captura. Una planta con una capacidad instalada de 150 millones de litros de etanol anuales, generaría un ingreso adicional anual de unos U\$S 650.000 por la comercialización del CO₂, para lo cual se debería invertir unos U\$S 7 millones en instalaciones especiales que incrementarían el costo de construcción de la planta.

Un tonelada de maíz utilizada para producir etanol mediante el proceso de molienda seca rinde unos 417 litros de etanol, 286 Kg de DDGS y 303.5 Kg de CO₂.

CUADRO N° 8.- CANTIDADES UTILIZADAS PARA LA PRODUCCION DE ETANOL.

	1 Bushel de Maíz		1 Tn de Maíz
	56 Libras	25.4 Kg	1000 Kg
Etanol	2.8 Galones	10.60 Litros	417.3 Litros
DDGS	16 Libras	7.26 Kg	285.82 Kg
CO₂	17 Libras	7.71 Kg	303.54 Kg

Fuente: NCGA 2005 -Promedio de la Industria en EEUU-

Perfil nutricional promedio de los DDGS

Los DDGS contienen todo el aceite, la proteína y nutrientes del maíz original en aproximadamente un tercio del peso del maíz. Debido a la fermentación, los aminoácidos, la grasa, los minerales y las vitaminas restantes aumentan aproximadamente al triple en la concentración comparada a los niveles encontrados en maíz.

Los DDGS de maíz son ampliamente utilizados en la alimentación de ganado. Su valor energético difiere según se consuma fresco, recién procesado o se lo almacene y son una fuente rica en vitaminas.

También se ha demostrado que los DDGS elaborados en plantas de "nueva generación" son una fuente excelente de energía, de aminoácidos y fósforo para alimentar cerdos y aves de corral. Hasta hace algunos años solo se alimentaba ganado con el DDGS, puesto que en las plantas de etanol más viejas, el proceso para secar el DDGS se realizaba recalentándolo lo que le restaba digestibilidad y nutrientes esenciales para las aves de corral y los cerdos.

CUADRO N°9.- PERFIL NUTRITIVO PROMEDIO DE LOS DDGS

Nutriente	Promedio	Rango
Materia seca, %	89.3	87.3 - 92.4
Proteína cruda, %	30.9	28.7 - 32.9
Grasa cruda, %	10.7	8.8 - 12.4
Fibra cruda, %	7.2	5.4 - 10.4
Cenizas, %	6.0	3.0 - 9.8
Lisina, %	.90	0.61 – 1.06
Fósforo, %	.75	0.42 - .99

Fuente: U of Minnesota, Dr. Gerald Shurson (análisis of 32 U.S. Corn DDGS sources)

¿Cuál es el riesgo de las mico toxinas en DDGS?

El proceso de fermentación en una planta de etanol no destruye las micotoxinas que pueden estar presentes en el maíz que entra. Un método práctico es que si el maíz que entra contiene 1 ppm de una micotoxina, el DDGS resultante contendrá aproximadamente 3 ppm.

Generalmente las especificaciones de control de calidad de la compra del maíz en una planta de etanol son parecidas a las que se utilizan en un elevador o terminal de granos. Hay que mantener los valores de micotoxinas en perspectiva. Los niveles de tolerancia se basan en los niveles de micotoxinas en un alimento completo. Si el maíz contiene 1 ppm de micotoxinas, y una dieta para cerdos típica contiene 80% maíz, el nivel de micotoxinas en la dieta completa sería 0.8 ppm. Si DDGS contiene 3 ppm de micotoxinas, y una dieta típica contiene 10% DDGS, el nivel de micotoxinas en la dieta completa final sería 0.3 ppm.

Estados Unidos lidera la producción

La producción de etanol en los EEUU creció exponencialmente en los últimos años. La industria produjo 4 billones de galones de etanol en 2005, casi tres veces más que el 1.47 billón de galón producido en 1999.

En 2005, en EEUU se produjeron 8,35 millones de toneladas métricas de DDGS, de las cuales aproximadamente el 98% se generó en las plantas productoras de etanol y el 2% restante lo produjo la industria de bebidas alcohólicas. Los datos indican que en 2006 se producirán alrededor de 11 millones de toneladas métricas de DDGS y la industria espera producir más de 15 millones de toneladas métricas para 2011. La suplementación con granos de destilería ha desplazado al grano de maíz del mercado forrajero. En 2005, los granos de destilería desplazaron alrededor de 10 millones de toneladas de maíz del mercado forrajero, dejando ese maíz disponible para otros usos. Cómo los granos de destilería son más adecuados para las dietas de animales rumiantes, la mayor parte fue utilizada

como alimento para ganado -lechero (45%), de carne (37%)-, sin embargo, la avicultura -5%- y los porcinos -13%- vienen aumentando el consumo en forma constante a medida que aumentan los conocimientos sobre la utilización de los granos de destilería en sus raciones.

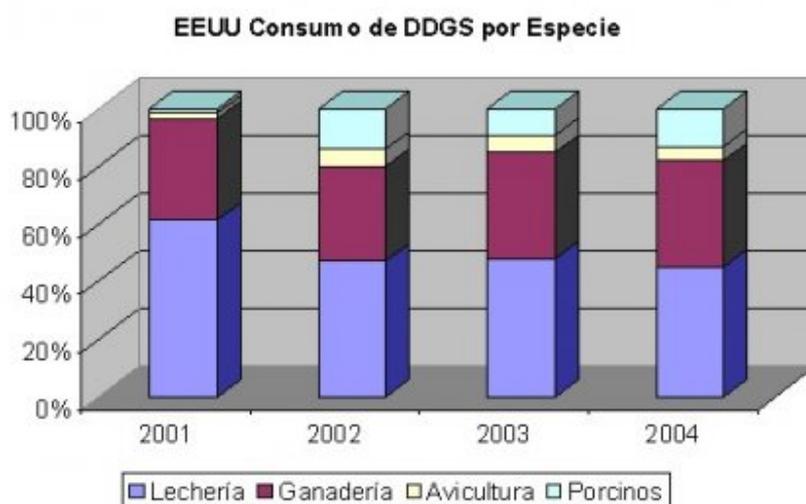


FIGURA N° 5.- Consumo de DDGS por especie.

Del total de la producción anual, alrededor del 89% -7.5 millones de toneladas métricas- fueron vendidas como forraje dentro del cinturón maicero (en las cercanías de la fuente de producción).

Alrededor de 1 millón de toneladas métricas -11%- fueron exportadas principalmente a Irlanda, México, España, Canadá y Reino Unido, mientras que Malasia, Indonesia y Taiwán importaron DDGS por primera vez en el año 2004.

Si bien los precios del maíz y de los DDGS no han tenido en el pasado un comportamiento exactamente similar, hay una tendencia de acompañamiento entre ellos, pero en los precios del DDGS también influye el valor de los sustitutos, tal el caso de la soja, el ciclo en que se encuentren las producciones avícola, lechera, y los mercados ganaderos -bovinos y porcinos-, así como los cambios estacionales y la disponibilidad de pastos.

Desafíos a enfrentar por la industria de etanol en los EEUU

Varios obstáculos deben sortearse para expandir los mercados para DDGS. Es fundamental que los productores de maíz, la industria de etanol, ganadera, avícola y de alimentos balanceados trabajen conjuntamente para resolver las siguientes cuestiones:

- Variabilidad del producto: Es ampliamente conocido que el valor alimenticio, los contenidos de nutrientes, digestibilidad y características físicas de DDGS, son ampliamente variables, causando incertidumbre a los consumidores. DDGS de diferentes proveedores, y eventualmente diferentes fuentes del mismo proveedor, a menudo varían en calidad. Esa variabilidad conduce a los consumidores a comprar alimentos alternativos con una mayor consistencia en su perfil nutricional.
- Ausencia de métodos estandarizados de muestreo: Los laboratorios que analizan la composición de los DDGS tienen la opción de usar múltiples sistemas analíticos. Por lo tanto, la misma muestra puede recibir diferencias de dos laboratorios que utilicen diferentes métodos. Esta situación es causante de numerosos reclamos que podrían ser evitados si la industria utilizase métodos estandarizados de muestreo.
- Transporte: El elevado costo del transporte resulta en un impedimento importante para el crecimiento del mercado de DDGS fuera del cinturón maicero. Además del problema del costo, la industria transportadora todavía se muestra dubitativa a la hora de transportar los DDGS a causa del problema de la volatilidad.
- Falta de educación: A pesar de la gran cantidad de estudios existentes demostrando los beneficios de incluir DDGS en las dietas para el ganado y las aves, muchos nutricionistas y productores todavía no conocen las cualidades del DDGS.

Al parecer la construcción de plantas productoras de etanol a través del proceso de molienda seca continuará su ritmo de crecimiento dentro del futuro previsible.

En ese contexto, el crecimiento en la producción de los granos de destilería es una realidad -y un negocio- que la industria debe prepararse para afrontar. Por ello, resulta fundamental que toda la cadena del maíz, trabaje conjuntamente para viabilizar todas las posibilidades de la industria del Etanol que son muy amplias. MAIZAR viene trabajando desde su fundación en este sentido, por lo que convocamos a todos los posibles actores de esta realidad a acercarse y participar en la construcción de este nuevo desafío desde la Comisión de Biocombustibles de MAIZAR.

13.- DIGESTIBILIDAD DEL GRANO ENTERO DE MAIZ

Con el objetivo de mejorar la utilización del grano de maíz, se han realizado numerosas experiencias en donde se demostró que el efecto del procesado es aumentar la digestibilidad del almidón en todo el tracto digestivo. Sin embargo, a medida que el método de procesado es más intenso, se generan disminuciones en las ganancias diarias de peso vivo o en la eficiencia de conversión asociadas con disminuciones en el consumo de materia seca. Esto se atribuiría a las altas tasas de fermentación ruminal, que se traducirían en acidosis metabólicas en los animales. La incidencia de acidosis aumenta cuando se suministra el grano procesado, mientras que con el grano entero estas alteraciones difícilmente se produzcan. Si bien, la digestibilidad del almidón es mayor con los granos procesados, la diferencia probablemente pueda no ser reflejada enteramente en la respuesta productiva animal, como consecuencia de las alteraciones digestivas anteriormente mencionadas.

El grano de maíz entero es prácticamente indigestible en rumen, y en el intestino, por lo tanto, si se suministra entero la única manera de exponer el almidón al ataque microbiano y a las enzimas digestivas es a través del procesamiento por la masticación que el animal realice durante la ingestión y la rumia. Si bien el grano de maíz entero puede ser suficientemente dañado durante la masticación, el grado de ruptura que sufre el grano durante dicha masticación, dependería de la edad de los animales. Los animales jóvenes muestran una

mayor digestibilidad del almidón y menor cantidad de granos enteros en las heces con respecto a los adultos, indicando que la masticación es más eficiente.

Además de la edad de los animales, el nivel de fibra en la dieta es otro factor que puede afectar el sitio y magnitud de la digestión del grano de maíz entero. El tiempo de permanencia de los granos en el rumen es mayor en las dietas con bajo nivel de forraje, incrementando las posibilidades de regurgitación y masticación de los granos y aumentando el tiempo de exposición de las partículas de granos a los microorganismos ruminales. Cuando el grano se suministra con altas proporciones de fibra (60% o más) el efecto del procesado sobre la digestibilidad del grano sería positiva debido a un aumento de la tasa de fermentación ruminal.

Los altos niveles de forraje generan altas tasas de pasaje disminuyendo el tiempo de permanencia del grano en el rumen. Esto afecta significativamente la digestión del grano entero ya que este requiere de mayor tiempo de permanencia en el tracto digestivo para lograr una digestión mas completa. Por esto, al incluir grano entero en dietas basadas en forrajes se podría esperar un menor aprovechamiento. Sin embargo, son escasas las evaluaciones que determinan en que medida la digestión del almidón del grano de maíz entero se ve deprimida al ofrecer niveles altos de forraje a animales de diferentes edades y si esta depresión es compensada o no por la mayor intensidad con que los animales jóvenes mastican el grano. En el presente estudio se pretende establecer la magnitud del efecto del nivel de forraje y la edad del animal sobre la utilización del grano de maíz entero.

RESULTADOS DE LA DIGESTIBILIDAD

Los animales jóvenes tienen una mayor capacidad para digerir el grano de maíz entero ya que mastican más tiempo por unidad de consumo. Esto se refleja en el menor porcentaje de granos excretados enteros en heces y en la mayor digestibilidad del almidón.

La mayor tasa de masticación en la dieta con alto forraje no estuvo relacionada con mayor digestibilidad del almidón. El aumento de la proporción de forraje en la dieta, disminuyó la digestibilidad del almidón en un 5%. Este efecto estuvo asociado a un aumento del 66% en el porcentaje de granos enteros excretados con respecto a la dieta con bajo forraje. Sin embargo, Los resultados de este trabajo indican que es posible obtener altos valores de digestibilidad del almidón con dietas con alto forraje en los animales jóvenes (13 a 15,5 meses), incluso similares a los reportados por otros autores con granos procesados. Por lo tanto, el procesado del grano de maíz sería más indicado en animales adultos donde la participación del forraje en la dieta sea alta.

El tamaño de los granos tiene un efecto importante sobre su utilización. Los granos chicos enteros recuperados en las heces sufrieron una menor digestibilidad. Por lo tanto, sería posible mejorar la eficiencia de utilización del almidón con la elección de tipos de maíz de mayor tamaño de grano.

14.-DIGESTIBILIDAD Y PALATIBILIDAD DE GRANOS DE DESTILERIA SECOS Y SOLUBLES

Los subproductos de destilería se obtienen mediante secado de los residuos del proceso de obtención de etanol como biocombustible, a partir de diversos ingredientes ricos en almidón. En la mayor parte de los procesos se utilizan cereales: maíz en USA, trigo en Canadá Occidental y cebada en los países nórdicos europeos. El proceso en sí consiste en convertir los almidones y azúcares de la materia prima inicial en etanol. Por tanto, en el producto final se reduce drásticamente el contenido en hidratos de carbono no estructurales y se concentra proporcionalmente el porcentaje del resto de nutrientes.

El proceso industrial consta de 5 fases:

- selección, limpieza y molienda del grano
- sacarificación o paso del almidón a glucosa mediante la utilización de levaduras apropiadas
- fermentación de la glucosa para producir etanol (cada molécula de glucosa produce 2 moléculas de etanol y 2 de CO₂)
- destilación del etanol mediante proceso de vaporización por calentamiento
- recogida de los residuos y secado de los mismos con aire caliente hasta un 10-12% de humedad, para su posterior comercialización en forma de gránulo.

El proceso da lugar a dos tipos de subproductos: los granos de destilería (DDG) y los mal llamados solubles (DDS, vinazas o *thin stillage*). Los DDG contienen fundamentalmente residuos no fermentados de los granos originales. Los DDS contienen levaduras, nutrientes solubles y las partículas de granos más finas. A veces estos productos se suministran en húmedo, y por separado, a cebaderos de terneros localizados cerca de la industria; los DDG mezclados con el pienso y los DDS, que sólo tienen un 5% de materia seca, como sustitutivos del agua.

En la mayoría de los casos ambos productos se comercializan conjuntamente (75% DDG y 25% DDS, aproximadamente), una vez secados. Las características del producto final dependen de la calidad del producto inicial y de las condiciones del proceso (temperaturas y tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado). En general, concentran entre 2,2 y 3 veces el contenido en fibra, proteína, extracto etéreo y cenizas, en relación con el producto original. El contenido proteico es alto, en torno al 25%, pero es pobre en lisina. El calor aplicado durante los procesos de fermentación, destilación y secado reduce la solubilidad de la proteína y aumentan su indegradabilidad. Sin embargo, la digestibilidad intestinal de sus aminoácidos, tanto para mono gástrico como para rumiantes no es muy elevada, especialmente cuando las temperaturas en el proceso de secado superan los 100 °C durante varios minutos. De aquí, que el valor proteico sea superior en los productos húmedos que en los secos. El contenido en grasa de los residuos de destilería es alto (en torno al 5-10%) de carácter insaturado (56% de ácido linoleico). El proceso de hidrólisis y secado posterior al que se somete el producto original aumenta la concentración de ácidos grasos libres. Por ello, la acidez oleica es alta pero no indicativa de deterioro o enranciamiento. Los DDGS son un producto muy palatables, especialmente el producto fresco (origen nacional) en rumiantes, con altos contenidos en levaduras, minerales y vitaminas del grupo B. No obstante, su inclusión a niveles elevados puede alterar la fermentación ruminal de la fibra por su alto contenido en grasa insaturada. La adición de sales cálcicas, sódicas o ácido fosfórico para ajustar el pH, a fin de favorecer el rendimiento del proceso, es frecuente lo que modifica el nivel en estos minerales del producto final. Los DDGS de maíz son una materia prima ampliamente utilizada en piensos de mono gástricos. Al igual que para el gluten feed, su valor energético para ganado porcino varía considerablemente según las fuentes consultadas, siendo notablemente superior (unas 500 Kcal ED/kg) en las tablas americanas que en las europeas. Los datos recogidos en estas tablas son más próximos a éstas últimas.

La razón de esta diferencia podría estar en las pérdidas de valor nutritivo durante su almacenamiento y transporte, ya que en Estados Unidos el producto se consume fresco o recién procesado. Por esta misma razón, los DDGS de procedencia nacional tienen un contenido energético superior a los importados (del orden de 200 Kcal de ED). El perfil de aminoácidos esenciales es más desequilibrado que en el gluten-20, al estar incluidas en los DDGS las proteínas del endospermo y su digestibilidad es también inferior a la del gluten-20, dado que el tratamiento térmico recibido es más enérgico. Otros factores que limitan su uso son su alto contenido en grasa insaturada, por su efecto negativo sobre la calidad de la canal, y un aumento de la proporción de huevos sucios, a niveles altos de inclusión, en gallinas ponedoras. Los residuos de destilería de cebada y trigo incorporan toda la fibra del grano (p. ej. el grano de cebada contiene entre un 10 y un 12% de cáscara cuyo valor nutritivo es similar al de la paja). Por ello, su valor energético es menor, especialmente en mono gástrico. Su principal aplicación está en dietas para todo tipo de rumiantes, así como conejos, caballos y cerdas gestantes, en función de su alto contenido en fibra. Su uso en aves de carne y lechones viene limitado por su bajo contenido energético y por la calidad de su proteína. A este particular son más recomendables los residuos procedentes del trigo por su menor contenido en componentes fibrosos.

Las tablas europeas (WPSA, 1989) proponen la siguiente ecuación para determinar el valor energético de los DDGS de cebada convenientemente procesados:

$$\text{EMAn (Kcal/kg)} = 39,15 \text{ MO (\%)} - 97,2 \text{ PB (\%)} - 63,8 \text{ FB (\%)}$$

CUADRO N° 10.- VALORES NUTRICIONALES

Composición Química (%)

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa Verdadera (%)
10,4	5,8	24,5	9,8	75

FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares
8,0	36,9	12,5	3,0	8,7	2,0

Perfil de Ácidos Grasos

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C>=20
% Grasa verdadera	-	11	-	2	27	56	1	-
% Alimento	-	0,80	-	0,14	1,98	4,12	0,07	-

Macro minerales %

Ca	P	Pfítico	Pdisp.	Pdig. Av	Pdig.Porc	Na	Cl	Mg	K	S
0,14	0,75	0,23	0,62	0,34	0,20	0,05	0,21	0,30	1,00	0,38

Micros minerales y vitaminas (mg/kg)

Cu	Fe	Vit. E	Biotina	Colina
35	240	25	0,20	2000

Valor Energético (Kcal/kg)

RUMIANTES					
EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
2850	1,02	1,02	1735	2050	1230

PORCINO			AVES		CONEJOS	CABALLOS
ED	EM	EN	EMAn		ED	ED
			pollitos <20 d	broilers/ponedoras		
2940	2730	2040	2100	2270	2900	3085

Valor Proteico (%)

Coeficiente de Digestibilidad de la Proteína				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
77	70	72	70	75

Degradabilidad del N (%)	Digest. Intestinal PB Indegrad. (%)	PDIA (%)	PDIE (%)	PDIN (%)	Lys (%PDIE)	Met (%PDIE)
55	85	10,4	14,8	17,5	5,0	1,8

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
			DIA1		DIS2		DR3	
	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	2,49	0,61	63	0,38	68	0,41	61	0,37
Met	1,84	0,45	81	0,36	83	0,37	78	0,35
Met + Cys	3,39	0,83	75	0,62	78	0,65	72	0,60
Thr	3,60	0,88	71	0,63	74	0,65	68	0,60
Trp	0,83	0,20	70	0,14	76	0,15	60	0,12
Ile	4,08	1,00	78	0,78	81	0,81	80	0,80
Val	5,51	1,35	74	1,00	77	1,04	77	1,04

- 1.-Digestibilidad ideal aparente; 2.-Digestibilidad ideal estandarizada;
3.-Digestibilidad real

Límites Máximos de incorporación (%): Avicultura

Pollos inicio (0-18d)	Pollos cebo (18-45d)	Pollitas inicio (0-6sem)	Pollitas crecimiento (6-20sem)	Puesta comercial	Reproductoras pesadas
0	4	5	8	5	3

Límites Máximos de incorporación (%): Porcino y Conejos

PORCINO					CONEJOS
Prestarter (<28 d)	Inicio (28-70 d)	Cebo (>70 d)	Gestación	Lactación	
0	2	6	10	7	

Límites Máximos de incorporación (%): Rumiantes

Recría vacuno	Vacas leche	Vacas carne	Terneros arranque (60-150kg)	Terneros cebo (>150 kg)	Ovejas	Ovino cebo
16	12	16	5	10	15	8

Normas de control de calidad

Normas Fedna Especificación Técnica de Materia Prima	SUBPRODUCTO DE CEREALES: GRANOS Y SOLUBLES DE MAÍZ (DDGS)	Fecha: Julio de 2000
--	---	----------------------

A.-DEFINICIÓN

Subproducto de destilería obtenido mediante secado de los residuos del proceso de obtención de etanol a partir del grano de maíz.

B.- INSPECCIÓN EN RECEPCIÓN:

Control	Características	Nominal
Organoléptico y Micrográfico	Producto apelmazado y/o enmohecido Productos ajenos al maíz Partículas quemadas Color Normal Temperatura ambiente- Temperatura del lote	Ausencia Ausencia Ausencia Beige Oscuro <10 °C
	Palatabilidad según el color: Normal Regular Mala 	
	Impurezas minerales: Carbonato Cálculo	< 0,5%

C.- ESPECIFICACIONES: Análisis recomendados en el laboratorio.

C.1 PROXIMAL: % Sobre Producto Tal Cual.				
Análisis %	Nominal	Tolerancia	Periodicidad	Ensayos
Humedad		Máx. 12,5	Cada Lote	RD 2257/1994 nº6
Proteína Bruta	24,5	± 2,5	Cada Lote	RD 2257/1994 nº3 o NF V 18-120 Dumas
Extracto Etéreo	9,8	± 3	Cada Lote	RD 609/1999 nº 4
Fibra Bruta	8,0	± 2	Cada Lote	RD 2257/1994 nº7 o Fibersac
Almidón	8,7	± 2	Nuevo Producto Proveedor	Orden 16.02.00
Cenizas		Máx. 7	Nuevo Producto Proveedor	RD 2257/1994 nº12

C.2 RESIDUOS: Concentración Sobre Producto Tal Cual.				
Análisis %	Nominal	Tolerancia	Periodicidad	Ensayos
AFLATOXINA B1* µg/kg (ppb)	-	<20	Nuevo Producto Proveedor	Test Elisa
PESTICIDAS CLORADOS** µg/kg (ppb)	-	<10	Nuevo Producto Proveedor	Test Elisa

**De obligado cumplimiento (Orden 11.10.88)*

***De obligado cumplimiento (Dir. 29/99)*

C.3 MICROBIOLÓGICO: Concentración Sobre Producto Tal Cual.				
Análisis %	Nominal	Tolerancia	Periodicidad	Ensayos
AEROBIOS TOTALES ufc/g	-	<106	Nuevo Producto Proveedor	FDA (1995) 8ª ed.
COLIFORMES ufc/g		<103	Nuevo Producto Proveedor	FDA (1995) 8ª ed.
ESCHERICHIA COLI* ufc/g	Ausencia		Nuevo Producto Proveedor	FDA (1995) 8ª ed.
ESTAFILOCOCOS* ufc/g		Máx. 10	Nuevo Producto Proveedor	FDA (1995) 8ª ed.
SALMONELLA* ufc/25 g	Ausencia		Nuevo Producto Proveedor	FDA (1995) 8ª ed.

**De obligado cumplimiento (Orden 15.02.88)*

15.- PRODUCCION EN GANADO DE LECHE Y CARNE CON GRANO DE DESTILERIA

GRANOS HÚMEDOS DE DESTILERÍA

La introducción de los subproductos forrajeros del etanol transformó de manera radical las dietas, tanto de feedlot como de suplementación a campo. "Usan los Wet Distillers Grains (WDG) (granos húmedos de destilería), que tienen una composición de 30% de materia seca, 12% de proteína bruta y 20% de grasa; con este recurso, reemplazan parte del grano y la totalidad del silo en las dietas"

Los granos de destilería y otros coproductos de la producción de etanol son una buena fuente de nutrientes esenciales de bajo coste para la producción de leche. La formulación de dietas con la inclusión de estos productos debe basarse en la calidad y la concentración de dichos nutrientes. Con el crecimiento de la industria del etanol ha surgido la oportunidad para ganaderos y productores de ganado vacuno, en particular para los de leche, de usar coproductos nutritivos y de bajo coste relativo como suplementos nutricionales.

La variabilidad de las características y la composición nutricional de estos productos es tan importante como el número de plantas que elaboran los mismos. Dentro de los coproductos del etanol el más común es el grano de destilería con solubles (DDGS); sin embargo, los DDGS procedentes de cualquier planta pueden diferir marcadamente en su composición nutricional y calidad comparada con el producto de otras plantas que llevan el mismo nombre.

CUADRO N° 11.- COMPOSICION DE LOS DDGS PROPORCIONADA POR EL NRC.

TABLA 1. COMPOSICIÓN DE LOS DDGS PROPORCIONADA POR EL NRC 1989 (DDGS DEL PASADO), EL NRC 2001, UN PROMEDIO DE 118 MUESTRAS DE SOUTH DAKOTA (SD) Y MINNESOTA (MN), UNA MUESTRA DE DDGS DE UNA PLANTA DE MN (CMNWDGS) Y UNA MUESTRA DE DDGS DE WATERTOWN, SD (WSD DDGS).

	DDGS del pasado	NRC 2001	Promedio SD/MN	CMN WDGS	WSD DDGS
N° de muestras	4		118		
PB (%)	28,1	29,7	30,2	32,1	31,1
Lípidos (%)	8,2	10,0	10,9	13,3	9,35
FAD (%)	16,7	19,7	16,2	22,9	13,0
FND (%)	35,4	38,8	42,1	32,3	29,6
ENL (Mcal/lb)	0,83	0,86	0,86	0,96	0,91
Ca (%)	0,44	0,22	0,06	0,03	0,04
P (%)	0,90	0,86	0,89	0,92	0,95
S (%)	0,51	0,44	0,47	0,83	0,53
Lisina (% de PB)	1,88	2,24	2,81	3,19	-
Metionina (% PB)	1,78	1,82	1,82	1,72	-

PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; ENL: energía neta de la lisina; Ca: calcio; P: fósforo; S: azufre.

16.- LA VARIABILIDAD DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA PARA LA PRODUCCIÓN LECHERA

Los granos de destilería y otros coproductos de la producción de etanol son una buena fuente de nutrientes esenciales de bajo coste para la producción de leche. La formulación de dietas con la inclusión de estos productos debe basarse en la calidad y la concentración de dichos nutrientes.

Proteína

El color más oscuro en los DDGS se ha considerado durante mucho tiempo un indicador de la calidad de la proteína. Si bien esta relación no tiene un alto grado de correlación matemática, un color oscuro hace sospechar una baja calidad de la proteína. Cuando se alimenta con DDGS de color oscuro se debe hacer un esfuerzo para examinar la calidad de la proteína.

Para balancear las dietas que contienen DDGS u otros coproductos debemos asegurarnos de que los DDGS se incluyan a una concentración que equilibra adecuadamente las necesidades nutricionales. La proteína total en la ración debe estar entre el 15-18%, dependiendo de la producción de leche, y la proteína no degradable en el rumen debe constituir el 36-40% de la proteína bruta total.

Energía

Se ha determinado que los granos de destilería contienen en general un 10-15% más de energía que el grano de maíz. Esto depende en gran medida de la cantidad de lípidos presentes en los DDGS, ya que ellos son la fuente primaria de energía. Los productos con un 15% o más de lípidos tendrán un mayor contenido energético que aquellos que contienen un 10% o menos. Los programas de balance de dietas que usan el NRC 2001 y el modelo CPM (Cornell Pennsylvania Minner Dairy) tienen en cuenta la cantidad de lípidos para el cálculo de la energía neta (EN) de cada coproducto. Si la EN de los lípidos no es calculada automáticamente por el programa, hay que aumentarla en un 10% sobre los

valores asignados al grano de maíz. La sustitución del grano de maíz y la harina de soja por granos de destilería cambia la energía del almidón del maíz por fibra digestible y lípidos.

Lípidos

Los lípidos presentes en los DDGS y otros coproductos pueden asociarse con las partículas de grano de forma estrecha o estar relativamente libres dependiendo de si provienen de una fracción pre destilada de DDG o de la adición de grandes cantidades de soluble (DDGS). Al igual que en otros aceites vegetales y semillas oleaginosas, la grasa asociada con las partículas de grano va a tener menor disponibilidad ruminal y, por tanto, un menor impacto sobre la concentración de grasa de la leche. Aproximadamente el 20% de granos de destilería del total de la dieta aportan entre el 2 y el 3% de grasa.

Humedad

Si los granos húmedos de destilería se agregan a una dieta que contiene otros alimentos de alto contenido en humedad debe verificarse la materia seca total de la dieta. Para maximizar el consumo la humedad total no debe exceder el 50% y debe ser cercana al 45%.

Minerales

Los granos de destilería pueden ser una buena fuente de minerales tales como fósforo y azufre; sin embargo, se debe tener en consideración no exceder las recomendaciones sugeridas para los mismos. A continuación se exponen algunas recomendaciones específicas.

Calcio

Estos productos no son una fuente importante de calcio, ya que su contenido puede variar entre 0,03 y 0,44% de la MS.

Fósforo

El fósforo aumenta de acuerdo a la cantidad de solubles que se agreguen a los DDG. El fósforo es altamente variable, ya que desaparece en el rumen del 89 al 93%. Las concentraciones de fósforo en una dieta con un 20% de DDGS y sin complementación de fósforo serán de 0,40-0,45%, por lo que se cubren las recomendaciones del NRC para vacas lecheras en producción.

Azufre

El azufre (como ácido sulfúrico) se usa para bajar el pH y detener la fermentación durante la producción de etanol y para la limpieza de los equipos. Varía ampliamente dependiendo de la fermentación y las técnicas de procesado de cada planta. Un exceso de azufre causa polioencefalomalacia en rumiantes jóvenes pero cuando se complementa con un 20% de DDGS el azufre representa menos del 0,30% de la dieta. Si a los animales se les ofrece una fuente de agua de bebida que contiene concentraciones de azufre de 1.000 ppm o superiores, los nutriólogos deben calcular el consumo total de azufre y tomar precauciones.

17.- USO DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERÍA CON SOLUBLES DE EUA EN LAS RACIONES PARA GANADO LECHERO.

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son una fuente muy buena de proteína para vacas lecheras. El contenido de proteína en los DDGS de alta calidad es típicamente más del 30% con base en materia seca. Los DDGS son una buena fuente de proteína no degradable en el rumen (PNDR), o de proteína de sobrepaso para ganado (cuadro 1). La mayor parte de la proteína fácilmente degradable en el maíz se degrada durante el proceso de fermentación, lo que resulta en un nivel proporcionalmente más alto de PNDR que el que se encuentra en el maíz. La calidad de la proteína en los DDGS es bastante buena, pero al igual que en la mayoría de los coproductos del maíz, la lisina es el primer aminoácido limitante. Como resultado, a veces se puede aumentar la producción de leche cuando se alimenta a las vacas lecheras con raciones que contienen lisina y metionina suplementarias protegidas contra el rumen, o cuando se mezclan los DDGS con otros ingredientes altos en proteína que contienen más lisina. Sin embargo, en la mayor parte de las situaciones, la alimentación de raciones que contienen DDGS resultan en una producción de leche tan alta o mayor que cuando se alimentan con raciones que contienen harina de soya como fuente de proteína. También es importante reconocer que los DDGS de color oscuro, por lo general indican un daño térmico de la proteína, que puede llevar a una reducción de la producción de leche. En un estudio de Powers et al. (1995), las vacas lecheras alimentadas con dietas que contenían DDGS de color oscuro, presentaron una menor producción de leche que las que se alimentaron con DDGS de color claro. Por lo tanto, es importante utilizar fuentes de alta calidad de DDGS de color claro en dietas para vacas lecheras, para así lograr una máxima producción de leche. Los DDGS son también una muy buena fuente de energía para el ganado lechero. Los valores de energía de los DDGS de alta calidad son 10 - 15% mayores que los valores previamente informados por el Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2001). Los DDGS contienen más energía que el maíz. Además, debido a que casi todo el almidón en el maíz se convierte en etanol

Durante el proceso de fermentación, aumenta la concentración de grasa y fibra en los DDGS en un factor de tres, en comparación con el maíz. Los DDGS contienen altas cantidades de fibra neutro detergente (FND), pero bajas cantidades de lignina. Esto hace que los DDGS sean una fuente de fibra altamente digestible para el ganado y reduce los problemas digestivos, en comparación con el maíz. La fibra altamente digestible en los DDGS también permite servir como un sustituto parcial de los forrajes y concentrados en dietas para ganado lechero y de Engorda.

CUADRO 12. COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES DE DDGS DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD DE EUA PARA RUMIANTES.

Nutriente	DDGS de maíz (% de materia seca)
Proteína cruda	30.1
PNDRa % de proteína cruda	55.0
EN mantenimiento, Mcal/kg	2.07
EN ganancia, Mcal/kg	1.41
EN lactación, Mcal/kg	2.26
Fibra neutro detergente (FND)	41.5
Fibra ácido detergente (FAD)	16.1
Extracto etéreo	10.7
Cenizas	5.2
Calcio	0.22
Fosforo	0.83
Magnesio	0.33
Potasio	1.10
Sodio	0.30
Azufre	0.44

aPNDR = proteína no degradable en el rumen Fuente: Schingoethe (2004)

Se han hecho muchas preguntas con respecto a la inclusión de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras. ¿Pueden las dietas a base de granos de destilería sustentar el mismo nivel de producción de leche que las dietas tradicionales? ¿Puede la alta concentración de grasa poli insaturada en los granos de destilería causar una disminución de la grasa de la leche? ¿Puede la concentración baja de lisina resultar en una menor producción de proteína láctea? ¿Importa si los granos de destilería se alimentan en forma húmeda con solubles (WDGS) o en forma seca con solubles (DDGS)? ¿Cuántos granos de destilería se pueden incluir en las dietas de vacas lecheras y qué efecto tienen sobre la composición de la proteína y grasa lácteas y sobre la producción total de leche? Para contestar estas preguntas, se llevó a cabo un metanálisis de experimentos previos que involucraba la alimentación de granos de destilería a las vacas lecheras lactantes (Kalscheur, 2005). Se compilaron 23 estudios que investigaban la inclusión de los granos de destilería en dietas para vacas lecheras en una base de datos con 96 comparaciones de tratamiento. Estos estudios se publicaron entre 1982 y 2005, de los cuales se reconoce que cambió la calidad de los granos de destilería durante este periodo. Se incluyeron todos los estudios en el análisis para determinar el efecto general de alimentar los granos de destilería en vacas lecheras.

Para evaluar el nivel de inclusión sobre el desempeño de la lactación, los tratamientos se dividieron en cinco intervalos de nivel de inclusión en la dieta de granos de destilería: 0, 4 - 10%, 10 - 20%, 20 - 30% y más del 30% con base en materia seca. También se identificó la forma de los granos de destilería, ya fueran húmedos o secos.

El impacto del nivel de inclusión en la dieta y la forma de los granos de destilería se evaluó en el consumo de materia seca, producción de leche y porcentaje de proteína y grasa lácteas.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre el Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) se vio afectado tanto por el nivel de inclusión en la dieta como por la forma de los granos de destilería (cuadro 2). El consumo aumentó con la adición de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras. Para las vacas alimentadas con DDGS, el consumo aumentó conforme fue aumentándose el nivel de inclusión de estos en la dieta, el cual llegó a su máximo en las vacas que se alimentaron con un 20 - 30% de DDGS. Estas vacas consumieron 0.7 kg más alimento (con base en materia seca o MS) que las vacas alimentadas con las dietas control que no contenían DDGS. Las vacas alimentadas con más del 30% de DDGS consumieron alrededor de la misma cantidad de alimento que las vacas que consumieron las dietas control. Aunque las dietas con DDGS con un nivel de inclusión de hasta un 20 - 30% estimularon el CMS, el CMS de las vacas alimentadas con dietas con DWGS fue mayor a los niveles de inclusión más bajos de 4 -10% y 10 - 20%. Cuando se incluyeron los WDGS a concentraciones mayores al 20%, disminuyó el CMS. Además, las vacas alimentadas con más del 30% de WDGS Comieron 2.3 kg/día menos que el grupo control, y 5.1 kg/día menos que las alimentadas con la tasa de inclusión de 4 - 10%. En general, los granos de destilería están considerados por ser altamente palatables y las investigaciones apoyan esto, porque se estimula el CMS cuando se incluyen los granos de destilería hasta un 20% de la MS en dietas de vacas lecheras. La disminución del consumo a niveles de inclusión más altos puede estar causada por la concentración más alta de grasa de la dieta, o en el caso de los WDGS, por la concentración más alta de la humedad en la dieta.

Cuadro 13: Consumo de materia seca y rendimiento de leche de vacas lecheras Alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería, secos o húmedos.

Nivel de inclusión (con base en MS)	CMS, Kg/ d			Leche, kg/d		
	Secos	húmedos	todos	Secos	húmedos	todos
0%	23.5c	20.9b	22.2b	33.2	31.4	33.0
4- 10%	23.6bc	23.7a	23.7a	33.5	34.0	33.4
10- 20 %	23.9ab	22.9ab	23.4ab	33.3	34.1	33.2
20- 30%	24.2a	21.3ab	22.8ab	33.6	31.6	33.5
>30%	23.3bc	18.6c	20.9c	32.2	31.6	32.2
SEM	0.8	1.3	0.8	1.5	2.6	1.4

a,b,c Los valores dentro de la columna seguidos de un diferente sobre índice difieren ($P < 0.05$). Cuando no hay sobre índice dentro de una columna, indica que no hubo diferencia significativa entre los niveles de inclusión de granos de destilería en la dieta.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre la Producción de leche.

La producción de leche no se vio impactada por la forma alimentada de los granos de destilería, pero hubo una respuesta curvilínea al aumento de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras (cuadro 2). Las vacas alimentadas con dietas que contenían 4 - 30% de granos de destilería produjeron la misma cantidad de leche, aproximadamente 0.4 kg/día más, que las vacas alimentadas con dietas que sin granos de destilería. Cuando las vacas se alimentaron con la tasa de inclusión más alta (más del 30%) de granos de destilería, tendió a disminuir el rendimiento de leche. Estas vacas produjeron 0.8 kg/día menos leche que las que no se alimentaron con granos de destilería. Las vacas alimentadas con más del 20% de WDGS disminuyeron la producción de leche. Es muy probable que esto se relacione a una disminución en el CMS.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre la Composición de la leche.

El porcentaje de grasa láctea varió entre los niveles de inclusión y no se vio significativamente afectado por el nivel o forma de inclusión (cuadro 3). Con el juego de datos actual, la inclusión de granos de destilería no apoya la teoría de que la alimentación de éstos resulte en una disminución de la grasa láctea. Hay muchos factores que tienen un papel importante en la causa de la disminución de la grasa láctea. Cuando se formulan dietas, es importante incluir suficiente fibra de forrajes para poder mantener la función ruminal. Los granos de destilería proporcionan de 28 - 44% de FND, aunque esta fibra se procesa finamente y se digiere de forma rápida en el rumen. Como tal, la fibra de los granos de destilería no se considera como ruminalmente eficaz y no debe considerarse igual a la fibra del forraje. Los niveles altos de grasa proporcionados por los granos de destilería, también pueden tener un impacto sobre la función del rumen que conduciría a una disminución de la grasa láctea, pero a menudo es una combinación de factores De la dieta lo que llevan una reducción significativa del porcentaje de grasa láctea.

Cuadro 14. Porcentaje de grasa y proteínas lácteas de vacas lecheras Alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería.

Nivel de inclusión (con base en MS)	Grasa, %	Proteína, %
0%	3.39	2.95 ^a
4- 10%	3.43	2.96 ^a
10.1 – 20%	3.41	2.94 ^a
20.1 – 30%	3.33	2.97 ^a
>30%	3.47	2.82 ^b
SEM	0.08	0.07

a,b Los valores dentro de una columna seguidos de un diferente sobre índice difieren ($P < 0.05$). Cuando no hay sobre índice dentro de la columna, indica que no hubo diferencia significativa entre los niveles de inclusión de los granos de destilería.

El porcentaje de proteína láctea no fue diferente para las vacas que se alimentaron con dietas que contenían 0 - 30% de granos de destilería, además de que la forma de estos granos no alteró la composición (cuadro 2). Sin embargo, el porcentaje de proteína de la leche disminuyó 0.13 unidades porcentuales cuando se incluyeron los granos de destilería a concentraciones mayores a 30% de la dieta, en comparación con las vacas alimentadas con las dietas control. A los niveles de inclusión más altos, los granos de destilería muy probablemente sustituyeron todas las otras fuentes de suplementación de proteína. A estos niveles altos de inclusión, la digestibilidad de la proteína intestinal y las concentraciones de lisina más bajas, así como el desequilibrio del perfil de aminoácidos pudieron contribuir a un menor porcentaje de proteína láctea.

Cabe hacerse notar que los porcentajes más bajos de proteína láctea fueron más evidentes en estudios llevados a cabo en los años de las décadas de 1980 y 1990. Los estudios más recientes no son tan consistentes para mostrar este efecto. La lisina es muy termo sensible y puede verse afectada negativamente por el procesamiento y el secado. Las mejoras en los procedimientos de proceso y secado en las plantas de combustible etanol construidas en los últimos años pueden haber mejorado la calidad de aminoácidos del producto.

Otros factores a considerar

El nivel de inclusión en la dieta de los granos de destilería no es el único factor que necesita considerarse al formular dietas para vacas lecheras en lactación con granos de destilería. Entre los otros factores que pueden afectar la producción de leche y la composición de ésta, cuando se añaden granos de destilería a la dieta, incluyen el tipo de forraje, la relación de forraje concentrado, el alto contenido de aceite de los granos de destilería y la formulación de dietas con base en aminoácidos. Además, la forma de los granos de destilería, húmedos o secos, puede afectar el desempeño de la vaca. El impacto de estos factores de la dieta sobre la producción y composición de la leche se evaluó con los mismos 23 informes publicados que se describieron anteriormente. Hubo 96 comparaciones de tratamientos incluidos en esta base de datos.

Tipo de forraje

Para evaluar si el tipo de forraje tiene algún impacto sobre el desempeño animal, cada dieta se identificó mediante la relación de ensilado de maíz a alfalfa. Veintitrés dietas contenían 100% de ensilado de maíz, 38 dietas contenían 55 - 75% de ensilado de maíz, 19 dietas contenían 45 -54% de ensilado de maíz y 16 dietas contenían únicamente ensilado de alfalfa o heno (0% de ensilado de maíz) como fuente de forraje. En general, se prefiere la combinación de forrajes para balancear los requerimientos de nutrientes y brindar fibra eficaz para la fermentación ruminal normal. Sin embargo, el tipo de forrajes incluidos en las dietas para vacas lecheras se dicta más por la oferta local. En algunas áreas, se puede cultivar de manera eficaz la alfalfa, y por lo tanto, puede ser el forraje predominante en las dietas para vacas lecheras, mientras que en otras regiones de Estados Unidos, predomina el ensilado de maíz. Esta revisión encontró que el tipo de forraje no tiene impacto sobre el consumo de materia seca, producción de leche o composición de la grasa láctea. Sin embargo, el forraje sí afectó la composición de la proteína láctea. Las vacas alimentadas con dietas que contenían 55 - 75% de ensilado de maíz produjeron leche con la concentración más alta de proteína, de 3.04%. Las vacas alimentadas con 100% de alfalfa/pasto y 0% de ensilado de maíz resultaron en la concentración más baja de proteína, de 2.72%. Las vacas alimentadas con el 45 - 54% de ensilado de maíz y 100% de ensilado de maíz produjeron leche con niveles intermedios de proteína, de 2.98% y 2.82%, respectivamente.

Las vacas alimentadas con dietas de una mezcla de ensilado de maíz y alfalfa produjeron leche con el mayor porcentaje de proteína láctea, lo que indica que es más probable las dietas formuladas con una fuente de forraje sean insuficientes en los aminoácidos necesarios para maximizar el porcentaje de proteína láctea.

Relación de forraje: concentrado

La relación de forraje a concentrado es el segundo factor de la dieta que puede afectar el desempeño de la lactación de la vaca lechera cuando se incluye los granos de destilería en la dieta. Para evaluar el efecto de la relación forraje a concentrado, se clasificaron los tratamientos en una de tres categorías: dietas que contenían menos del 50% de forraje, dietas que contenían 50% de forraje y 50% de concentrado y dietas que contenían más del 50% de forraje. No se vieron afectados el consumo de materia seca, la producción de leche y el porcentaje de proteína láctea por la relación de forraje a concentrado. Sin embargo, el porcentaje de grasa láctea se redujo en 0.36% en las dietas que contenían menos del 50% de forraje. Esto apoya la hipótesis de que la falta de forraje en la dieta, que resulta en una fibra eficaz insuficiente, es el factor contribuyente más importante que causa la reducción del porcentaje de grasa láctea más que simplemente la inclusión de los granos de destilería en la dieta. En la consideración inicial, los niveles de fibra neutro detergente parecen adecuados debido a la fibra proporcionada por los granos de destilería. Sin embargo, esta fibra tiene un tamaño de partícula pequeño y no proporciona la fibra efectiva necesaria para la función ruminal normal. Un experimento reciente llevado a cabo en la Universidad del Estado de Dakota del Sur probó directamente esta hipótesis (Cyriac et al., 2005). Conforme disminuía el forraje en la dieta de 55% a 34%, disminuyó el porcentaje de grasa láctea linealmente de 3.34% a 2.85% aunque el % de FND permaneció similar en todas las dietas. Por lo tanto, cuando se formulan dietas que contienen niveles altos de granos de destilería, es importante estar seguro de que contienen los niveles adecuados de fibra eficaz del forraje. La fibra restante de los granos de destilería puede digerirse rápidamente hacia ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen.

Alto contenido de aceite en los granos de destilería

El alto contenido de aceite en los granos de destilería es una preocupación cuando se incluyen en las dietas de vacas lecheras. El aceite de maíz en los granos de destilería es relativamente alto en ácido linoleico, que es un ácido graso insaturado. Los altos niveles de aceite vegetal pueden causar biohidrogenación incompleta en el rumen, lo que resulta en una disminución de la grasa láctea. Esta revisión de estudios publicados previamente no encontró una fuerte relación entre la inclusión de los granos de destilería en la dieta y la disminución de grasa láctea. Sin embargo, es posible que pudiera haber interacciones entre la concentración de aceite y la falta de fibra eficaz que puede resultar en una disminución de la grasa láctea.

Formulación de dietas con base en aminoácidos

Finalmente, se evaluó el efecto de formular dietas con base en aminoácidos. Este análisis incluye experimentos en los que se añadió a las dietas lisina y metionina protegidas contra el rumen, o una fuente de lisina, como la harina de sangre. La lisina puede ser deficiente en las dietas en las que las materias primas de maíz son los ingredientes predominantes en las dietas para vacas lecheras. El porcentaje de proteína láctea tiende a incrementarse cuando se incluye una fuente de lisina en las dietas. Se requieren de investigaciones adicionales para determinar si la lisina suplementaria permitiría cantidades adicionales de granos de destilería a incluirse en las dietas para vacas lecheras.

Alimentación de DDGS a vacas lecheras en lactación en climas cálidos húmedos subtropicales

La mayoría de la investigación con DDGS que involucra al ganado lechero se ha llevado a cabo en climas templados. El Consejo de Granos de EUA patrocinó un estudio de alimentación en una granja lechera comercial en el centro de Taiwán de septiembre a noviembre de 2003 (Chen y Shurson, 2004). Los objetivos de este estudio de alimentación fueron los de comparar el valor alimenticio de los DDGS con maíz, harina de soya y soya tostada en raciones de vacas lecheras lactantes y probar la factibilidad de los DDGS en las raciones para ganado lechero en un ambiente subtropical húmedo y cálido. El estudio se llevó a cabo en una granja comercial localizada en el Municipio de Tainan, Taiwán. La ubicación de la granja era de unos 20 km al sur del Trópico de Cáncer. El hato lechero consistía de un total de 600 cabezas, que incluían 290 vacas lecheras. El principal establo de esta granja lechera era un pesebre típico con un área de ejercicio por cada corral.

El establo estaba equipado con un sistema de rociado y nebulización para enfriamiento por evaporación durante la temporada cálida. La sala de ordeña de 12 puestos dobles con máquinas de ordeño automatizadas la operaban 4 personas. Se asignaron aleatoriamente 50 vacas Holstein primíparas a los grupos de tratamiento control y de DDGS con base en sus días en lactación (DEL), producción de leche previa al tratamiento y la calificación de condición corporal (CCC). El promedio de DEL de los dos grupos fue el mismo (149 ± 56 días). La producción de leche promedio de los grupos control y de DDGS al agruparse fue de 22.3 ± 2.8 kg y 22.4 ± 3.7 kg, respectivamente. El promedio de CCC del grupo control y de DDGS al agruparlos fue de 3.0 ± 0.3 kg y 3.1 ± 0.3 kg, respectivamente. El estudio de alimentación consistió en un periodo de ajuste de dos semanas, para permitir que las vacas se adaptaran al corral, seguido de un periodo experimental de ocho semanas para la recolección de datos.

Las vacas se alimentaron de una ración total mezclada (TMR) que contenía ya fuera 0% (control) o 10% de materia seca de los DDGS. Los DDGS reemplazaron parte de la harina de soya, maíz hojuelizado al vapor y soya tostada en la ración TMR. Las raciones se formularon utilizando el sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell (Barry, et al., 1994) para cubrir el requerimiento de proteína metabolizable (PM), energía metabolizable (EM), calcio y fósforo. El consumo de materia seca diario promedio (CMS) de los grupos control y de DDGS fue de 17.8 ± 1.2 y 17.6 ± 1.0 kg, respectivamente. La adición de DDGS no influyó sobre el CMS de los animales experimentales y no hubo un efecto de corral sobre el CMS (cuadro 4), pero el CMS real fue más bajo que el predicho por el sistema de carbohidratos y proteínas neta de Cornell (versión 4.26; Barry, et al., 1994). Esta discrepancia en el CMS pudo ser el resultado de las condiciones de estrés por calor que experimentaron durante el estudio. Aunque el estudio se llevó a cabo de septiembre a noviembre, las vacas aún estaban bajo un ambiente de estrés por calor (el índice de temperatura/humedad fue mayor a 72). La producción de leche promedio de todas las vacas en los grupos control y de DDGS en cada mejoramiento del hato lechero (MHL) se muestra en la figura 3. Las vacas en el grupo de DDGS tendieron a tener una producción de leche promedio más alta que las vacas en el grupo control. No hubo diferencia en la producción de leche antes del tratamiento de la ración (MHL 6/9/2003 y 21/9/2003). Después de la alimentación de las raciones experimentales, las vacas en el grupo DDGS produjeron más leche que las vacas en el grupo control en cada día de prueba de MHL.

El aumento en la producción de leche de las vacas alimentadas con DDGS se pudo haber debido al alto valor alimenticio de los DDGS o a menos días en lactación (DEL) del grupo de DDGS. Es poco probable que esta diferencia se deba a un efecto del corral, porque no hubo diferencia en la producción de leche entre los dos grupos durante el periodo de adaptación (pre tratamiento). La eliminación de las vacas con mastitis del estudio resultó en una diferencia de CMS entre los dos grupos, pero esta diferencia fue pequeña (6 días). Por lo tanto, los DDGS pueden tener una ventaja real para sustentar la producción de leche más alta de vacas a media lactación bajo condiciones de estrés por calor. Ambos grupos mostraron una caída significativa en la producción de leche en la última prueba de MHL. El MHL aumentó durante este periodo (figura2) y la alimentación de un ensilado de maíz de baja calidad que se obtuvo de una nueva bolsa Fueron las dos posibles razones que explican este fenómeno.

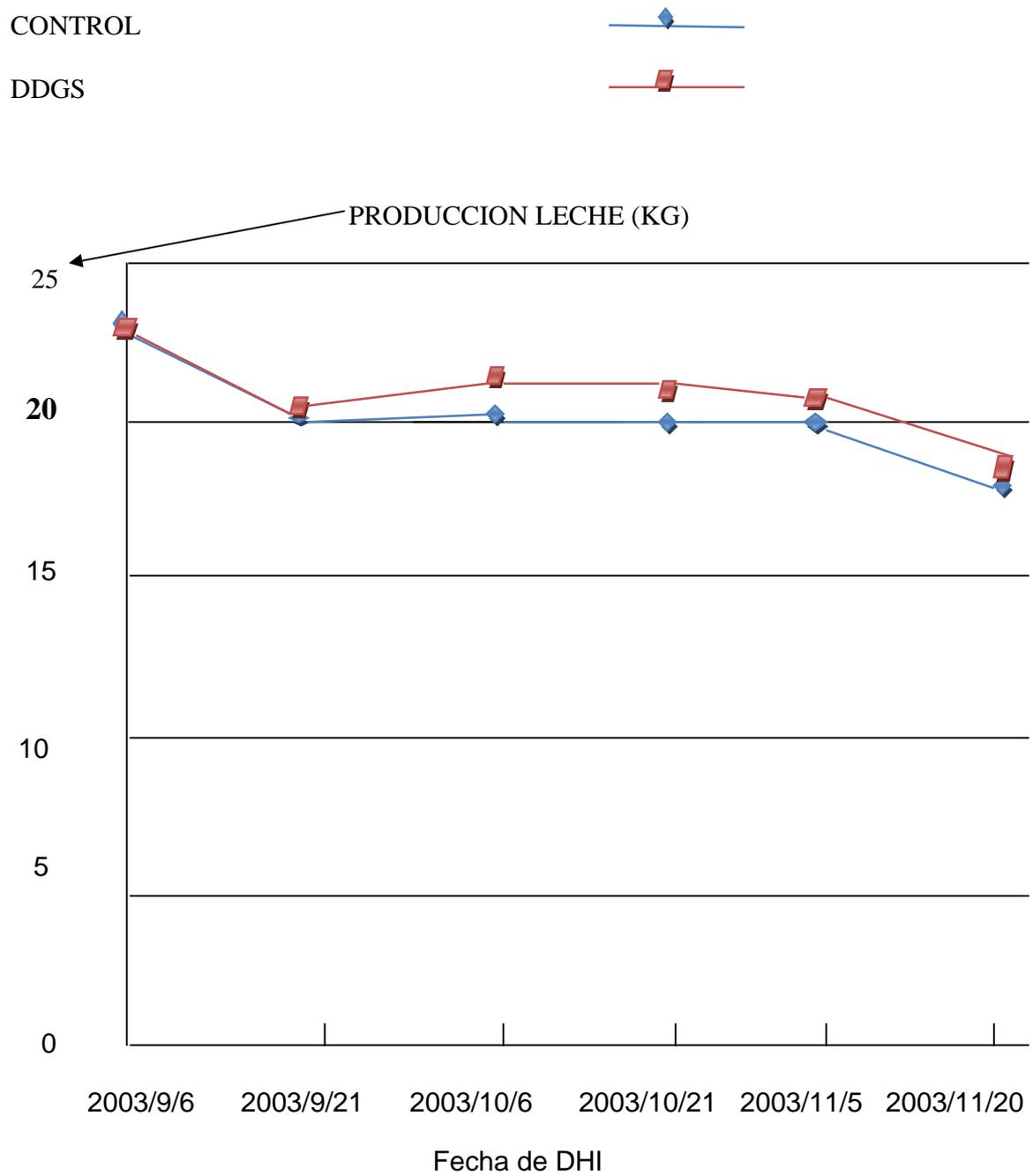


Figura 6. Producción de leche promedio de vacas alimentadas con las tnr control y de ddgs.

CUADRO 15. EFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN DE UNA TMR¹ CON Y SIN 10% DE DDGS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE, Y LA CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL DE LAS VACAS A MEDIA LACTACIÓN BAJO CONDICIONES DE ESTÉS POR CALOR.

Variable de respuesta	Tratamiento (T)		Corral (C)		Error Est.	Valor P		
	Control	DDGS	1	2		T	C	TxC
CMS, kg/d ²	17.8	17.6	17.8	17.6	0.20	0.32	0.29	0.012
Leche, kg/día	19.5	20.4	19.8	20.1	0.44	0.04	0.46	0.003
Grasa, %	4.51	4.45	4.43	4.53	0.13	0.61	0.41	0.69
Grasa, kg/día	0.86	0.91	0.87	0.91	0.03	0.10	0.22	0.07
Proteína, %	3.45	3.32	3.41	3.37	0.04	0.001	0.17	0.73
Proteína, kg/día	0.66	0.68	0.67	0.67	0.02	0.40	0.97	0.02
Lactosa, %	4.85	4.90	4.92	4.83	0.03	0.07	0.004	0.84
Sólidos totales, %	13.5	13.4	13.5	13.4	0.16	0.36	0.77	0.63
NUL, mg/dL ³	11.2	11.8	12.3	12.8	0.50	0.23	0.80	0.04
CCS, 10 ⁴ /ml ⁴	26.9	35.4	35.9	26.4	13.8	0.54	0.49	0.76
CCC ⁵	2.96	3.01					0.21	

1 TMR = ración total mezclada

2 CMS = consumo de materia seca

3 NUL = nitrógeno de urea de la leche

4 CCS = cuenta de células somáticas

5 CCC = calificación de condición corporal

18.- LITERATURA CITADA

Publicado el: 16/03/2007

Autor: C. de Blas, G.G. Mateos y P.G^a. Rebollar (eds.). Universidad Politécnica de Madrid (España)

<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/8767/ART%C3%8DCULOS-NUTRICI%C3%93N/variabilidad-granos-destiler%C3%ADa-producci%C3%B3n-lechera.html>

Arnold R. Hippen Ph.D, Álvaro D. García, Ph.D

*Dairy Science Department
South Dakota State University*

a. Autor: Robert M. Káiser, Universidad de Wisconsin- Madison- Extensión

Maresca, S., Santini, F. J., Elizalde, J. C.

Unidad Operativa Cuenca del Salado. INTA Grupo de Nutrición y Metabolismo de Rumiantes Unidad Integrada Balcarce. INTA Año 2003

http://www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/ganaderia/grano_maiz.pdf

Barry, M. C., D. G. Fox, T. P. Tylutki, A. N. Pell, J. D. O'Connor, C. J. Sniffen, and W. Chalupa. 1994. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3rd ed. Cornell University, Ithaca, NY.

Chen, Yuan-Kuo and J. Shurson. 2004. Evaluation of distiller's dried grains with soluble for lactating cows in Taiwan.

Cyriac, J., M. M. Abdelqader, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and D. J. Schingoethe. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. 88(Suppl. 1):252

Kalscheur, K. F. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9th Annual Symposium. Louisville, KY. May 18, 2005.

Kalscheur, K.F. and A.D. Garcia. 2004. Use of by-products in growing dairy heifer diets. Extension Extra, South Dakota State University. ExEx 4030, 3 pp. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.

Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus soluble on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 78:388-396.

Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canadá. pp. 30-47.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>

<http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=36>

http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=390&Itemid=138

www.maizar.org.ar Autor: Gustavo Vergagni - MAIZAR Fecha: 07/11/06

<http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=231>

<http://es.scribd.com/doc/11996681/Historia-Del-Maiz>

<http://html.rincondelvago.com/el-maiz-en-la-alimentacion-humana.html>

http://maisegourmet.com.mx/Composicion_Quimica.html

<http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/ddgs-maiz-t1396/800-p0.htm>

http://www.grains.org/~grains27/images/stories/DDGS_user_handbook/DDGS%20HandbookESP.pdf

<http://www.cuencarural.com/lecheria/70855-la-variabilidad-de-los-granos-de-destileria-para-la-produccion-lechera/>

http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_902.es_.pdf

http://www.grains.org/~grains27/images/stories/DDGS_user_handbook/DDGS%20HandbookESP.pdf

[http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20\(Yuan-Kuo%20Chen%202004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20(Yuan-Kuo%20Chen%202004).pdf)

http://www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/ganaderia/grano_maiz.pdf