

**Evaluación de rendimientos de ensilaje de
nueve diferentes densidades de siembra de
maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en
Zamorano, Honduras**

Fernando Xavier Morales Barbieri

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Evaluación de rendimientos de ensilaje de
nueve diferentes densidades de siembra de
maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Fernando Xavier Morales Barbieri

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

Evaluación de rendimientos de ensilaje de nueve diferentes densidades de siembra de maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en Zamorano, Honduras

Presentado por:

Fernando Xavier Morales Barbieri

Aprobado:

Isidro A. Matamoros, Ph.D.
Asesor Principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Guillermo E. Zelaya, Ing. Agr.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Morales Barbieri, F.X. 2012. Evaluación de rendimientos de ensilaje de nueve diferentes densidades de siembra de maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 13 p.

El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de cosecha en base seca de la variedad de maíz Pioneer 30K73HR y determinar el efecto de la densidad sobre los parámetros productivos (peso de tallo, mazorca y hoja). El estudio se realizó de agosto a noviembre del 2011. El experimento se realizó en 1.10ha del lote #6 de zona I; divididas en nueve parcelas, con las diferentes densidades: 80,500; 91,111; 93,000; 97,166; 100,000; 108,888; 111,111; 120,791; 163,750. Se utilizó un diseño factorial 3X3 sobre un Diseño Completamente al Azar (DCA) con parcelas divididas en espacio. El Factor A: distanciamiento entre surco y el factor B: distanciamiento entre plantas. Dentro de cada parcela se realizó un muestreo aleatorio con seis muestras de tres metros lineales, donde se hizo una cosecha total de las plantas a 10 cm de altura sobre el suelo; para medir: peso total de la planta, mazorcas, tallos y hojas; luego se picaron las muestras por tratamiento para obtener el rendimiento en base seca; se utilizó 420 gr de materia fresca, realizado en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano. Un análisis de correlación no encontró diferencia significativa, únicamente en el peso de la mazorca y peso de hoja entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). No se encontró diferencia significativa entre peso de tallo y tratamiento ($P \geq 0.05$). No hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre peso de tallo, peso de mazorca y peso de hoja entre distanciamiento entre surco y base seca. Las medias de rendimiento de materia seca a 80 cm entre surco presentaron el menor rendimiento con 9.4 tm/ha y a 40 y 50 cm entre surco rendimientos de 18.2 tm/ha y 16.8 obteniendo el mayor rendimiento a 40 cm entre surco ($P \leq 0.05$).

Palabras claves: Cultivos extensivos, materia fresca, materia seca, producción.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Página de firmas	ii
	Resumen	iii
	Contenido	iv
	Índice de cuadros y anexos.....	v
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4	CONCLUSIONES.....	10
5	RECOMENDACIONES.....	11
6	LITERATURA CITADA	12
7	ANEXOS	13

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Nueve diferentes densidades de siembra.....	3
2.	Densidad de siembra total y lineal, esperada y real.	5
3.	Diferencias de medias de pesos.....	7
4.	Correlación de peso y variables determinadas.	8
5.	Comparación de medias de base seca.	9

Anexo		Página
1.	Rendimiento en base fresca y seca por tratamiento.	13

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los parámetros más importantes económicamente a considerar para un óptimo rendimiento de las ganaderías de carne o leche, es la alimentación proporcionada. En la mayor parte de los trópicos hay una estación seca marcada en la que falta el forraje (Vélez y Berger 2011). Esto ha llevado a los ganaderos a la conservación de forrajes especialmente en forma de henos y ensilajes. En la búsqueda de obtener mayores rendimientos en la cosecha se ha considerado como alternativa la siembra especialmente de maíz o sorgo en altas densidades.

El rendimiento en la elaboración de ensilaje, es reflejo de la productividad en campo, por esta razón se busca un óptimo aprovechamiento de las áreas por medio de mayores densidades de siembra, buscando disminuir el costo fijo de producción por hectárea. Es claro que cuanto más se produce más eficiente deben ser por unidad de recursos escasos como la tierra (Dupont 2010). La forma de expresar el rendimiento debe estar basada en la cantidad de materia seca/ha considerando la biomasa total cosechada por hectárea. En el rendimiento de biomasa de ensilaje de maíz es importante considerar los diferentes componentes de la planta como son: tallo, hojas y mazorcas, ya que variaciones en estos componentes determinan el contenido nutricional.

El ensilado es el producto obtenido de la fermentación controlada de los cultivos de alto contenido en humedad. Es la conservación del forraje por la acción de ácidos orgánicos, en especial el ácido láctico, producidos por bacterias acidificantes que crecen en condiciones anaeróbicas y fermentan los azúcares solubles (Vélez y Berger 2011). Casi todos los cultivos pueden conservarse como ensilaje aunque los más empleados son las gramíneas, leguminosas y las plantas de cereales completas como el maíz (McDonald *et al.* 2002).

En el presente estudio se utilizó la variedad Pioneer 30K73HR, variedad para la producción de grano, con la tecnología Herculex I[®] que confiere resistencia a las tres principales plagas: el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la isoca de la espiga (*Heliothis zea*) y la tecnología RR que le confiere resistencia al herbicida glifosato, maximizando la flexibilidad en el control de malezas del cultivo (Pioneer 2012).

Esta variedad es descrita como tolerante a altas densidades; según los fabricantes presenta fuertes tallos y raíces, alta tolerancia al acame haciéndolo estable y uniforme, rendimiento sobresaliente, con una densidad a un distanciamiento entre surco de 50-90 cm de 60,000 a 65,000 plantas/ha. Dadas las características de esta variedad se tiene como objetivo general evaluar el rendimiento de cosecha en base seca de la variedad de maíz

Pioneer 30K73HR a diferentes densidades, y como objetivos específicos determinar el efecto de la densidad sobre los parámetros productivos: peso de tallo, peso de mazorca, peso de hoja.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre agosto y noviembre del 2011 en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicada en el Valle del Yegüare, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, con una altura promedio de 800 msnm y una temperatura y precipitación anual promedio de 24°C y 1100 mm respectivamente.

El experimento se llevó a cabo en el lote # 6 de Zona I en Zamorano, se dispuso de 1.10 ha divididas en nueve parcelas con nueve diferentes densidades de siembra. Las nueve densidades de siembra corresponden a la variación de tres distanciamientos entre surcos como factor A y tres distanciamientos entre plantas (factor B) para obtener un total de nueve densidades. Sin embargo, al momento de calibrar las sembradoras y realizar la siembra se dio una variación en las densidades y las densidades reales de siembra quedaron como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Nueve diferentes densidades de siembra.

Densidad de siembra Plantas/ha	Distancia entre surco (cm)
163,750	
97,166	40
100,000	
91,111	
111,111	50
108,888	
80,500	
93,000	80
120,791	

El nivel de fertilización se mantuvo en aumento en relación a la fertilización básica del maíz sembrado a razón de 80,000 plantas/ha, la cual implica 2 qq de DAP, 4 qq de urea y 2 de KCl por ha. Para densidades programadas de 100,000 plantas/ha, la fertilización se aumentó en un 25% y para las densidades programadas de 120,000 plantas/ha se aumentó la fertilización en un 50%.

Para cada uno de los distanciamientos entre surcos, se dispuso un área equivalente a 16 surcos de siembra a 80 cm entre surco con 200 metros de largo cada surco. En el caso del distanciamiento a 40 cm entre surco tenía 32 surcos y de igual forma el área sembrada a 50 cm entre surco, tenía 32 surcos de siembra con 200 metros de largo. Para efecto de borde se consideró 4 surcos laterales en ambos lados y 10 m de cabecera. Un total de 24 surcos con 180 m de largo fueron considerados para nuestro aleatorio en donde se obtuvo un total de seis muestras de 3 m lineales cada una. Cada sitio de muestreo se realizó una cosecha total de las plantas a 10 cm del suelo y se procedió a realizar las siguientes mediciones:

1. Se contabilizó el número total de plantas para determinar densidad real.
2. Se realizó el pesaje (kg) total de las plantas para determinar rendimiento.
3. Se realizó el pesaje de las porciones correspondientes a las mazorcas, las hojas y los tallos para determinar el efecto de las densidades en los diferentes componentes de la planta.
4. Posteriormente se realizó un picado total de los materiales y se procedió a secar 1-2 kg de material verde picado y secado en un horno de convección para determinar el rendimiento en base seca.

Todos los pesajes en fresco se realizaron en una báscula de reloj previamente calibrada. El maíz fue cosechado en etapa lechoso pastoso, donde el grano muestra una línea de leche a $\frac{1}{4}$ del llenado y el grano ya se encuentra en formación con un 50-70 % de formación de almidón.

La cosecha basada en la línea de leche se refiere al avance del endurecimiento de los almidones en el grano (SAGARPA e INIFAP 2003). Denota el estadio donde el maíz presenta su máxima concentración de carbohidratos solubles (SAGARPA).

La variedad de maíz utilizada en todas las densidades de siembra es la 30K73HR de Pioneer, variedad que según el descriptor es de maíz amarillo, a la cual se le ha incorporado un evento denominado Herculex I[®] que confiere resistencia a las tres principales plagas: el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la isoca de la espiga (*Heliothis zea*), presentado adicionalmente según el descriptor de este híbrido (30K73HR), este maíz tiene a su vez un gen incorporado que lo hace resistente al Glifosato (Round up) y se adapta a la siembra con altas densidades.

Se utilizó un arreglo factorial de 3X3 donde el factor A es el distanciamiento entre surco con siembra a 40, 50, 80 cm y el factor B se dispuso para diferentes distanciamientos entre plantas para densidades que varían entre 80,000 y 163,000 plantas/ha; variando entre los diferentes distanciamientos entre surco.

Se realizó un análisis de varianza para determinar el efecto de los distanciamientos entre surcos sobre el rendimiento en base fresca y seca y diferentes componentes (hojas, tallos y mazorcas de la planta). La separación de medias se realizó con la prueba LS MEANS y se

realizó un análisis de correlación, tomando en cuenta las diferentes mediciones de rendimientos y sus medidas de peso de mazorca, peso de tallo, peso de hojas y rendimientos (SAS 2009); el nivel de significancia exigido fue $P \leq 0.05$.

Cuadro 2. Densidad de siembra total y lineal, esperada y real.

Distanciamiento entre surco (cm)	Densidad esperada plantas/ha	Densidad real plantas/ha	Plantas/ metro lineal esperadas	Plantas/ metro lineal reales
40	125,000	163,750	5	6.55
	100,000	97,166	4	3.89
	75,000	100,000	3	4.00
50	60,000	91,111	4	4.56
	80,000	111,111	5	5.56
	100,000	108,888	6	5.44
80	63,500	80,500	5	6.44
	87,000	93,000	7	7.44
	112,000	120,791	10	9.66

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso total de plantas por metro lineal. En el Cuadro 3 se presentan los datos de peso total de plantas por metro lineal donde el distanciamiento de 50 cm entre surco presentó el mayor ($P \leq 0.05$) con 2.92 kg/m lineal superando en 0.41 kg y 0.32 kg por metro lineal a los distanciamientos entre surcos de 40 y 50 cm respectivamente.

Efecto de los tratamientos entre surcos para los componentes de la planta. En el Cuadro 3 se observa que el peso de la mazorca no fue afectado ($P \geq 0.05$) por los diferentes distanciamientos entre surcos (40, 50 y 80 cm) respectivamente. En vista de que la mazorca representa el mayor contenido de nutrientes y azúcares para la fermentación del ensilaje, hace suponer que la calidad del ensilaje no se verá afectada.

Sin embargo, se observó (Cuadro 3) que para las variables peso del tallo y peso de las hojas el distanciamiento entre surco de 50 cm presentó mayores ($P \leq 0.05$) pesajes de tallo (1.44 kg/ m lineal) y hojas (0.82 kg/ metro lineal) superando en ambos casos en 0.2 kg/m lineal a los datos observados para 40 cm y 80 cm entre surcos, respectivamente.

Es probable que las densidades observadas en el distanciamiento de 50 cm entre surco, ofrecieron menores problemas de competencia entre plantas y se produjo un mejor desarrollo estructural (tallos y hojas) en la planta.

Cuadro 3. Diferencias de medias de pesos.

Densidad plantas/ ha reales	Distanciamiento entre surco (cm)	Peso total/ m lineal/kg	Peso mazorca/ m lineal/kg	Peso tallo/ m lineal/kg	Peso hoja/ m lineal/kg
163,750	40	2.51 ^b	0.63 ^a	1.19 ^b	0.68 ^b
97,166					
100,000					
91,111	50	2.92 ^a	0.65 ^a	1.44 ^a	0.82 ^a
111,111					
108,888					
80,500	80	2.6 ^b	0.71 ^a	1.22 ^b	0.66 ^b
93,000					
120,791					

^{a y b} = Valores en la misma columna con letra distinta, difieren estadísticamente entre sí (p<0.05)

Se realizaron estudios de correlación entre las variables de rendimiento, componentes de la planta y su efecto por densidad y distanciamiento entre surcos (Cuadro 4).

No se presentaron correlaciones significativas entre los rendimientos (frescos y base seca) y el distanciamiento entre surcos y las diferentes densidades obtenidas. Sin embargo se pudo observar (Cuadro 4), una correlación alta y negativa (r^2 -0.797; $P \leq 0.010$) entre el peso de la mazorca y la densidad de siembra, donde a mayor densidad de siembra menor es el peso de la mazorca. De igual forma se observó una correlación media negativa (r^2 -0.684; $P \leq 0.042$) entre la densidad de siembra observada y el peso de las hojas en donde a mayor es la densidad de siembra menor es el peso de las hojas.

Es conocido que la mayor concentración de nutrientes digeribles en la planta de maíz se da en la mazorca y a su vez que las hojas ofrecen una mayor calidad de fibra que los tallos; por ende es importante estudiar el efecto real de la densidad de siembra en estos componentes para evitar efectos a la calidad del forraje cosechado.

Finalmente se observó una tendencia fuerte ($P \leq 0.058$) de correlación negativa entre el peso del tallo y la densidad observada de siembra, es posible que a mayores sean las densidades, menor sea el grosor del tallo lo cual afectaría el acame del cultivo comprometiendo la capacidad de cosecha completamente mecanizada.

Cuadro 4. Correlación de peso y variables determinadas.

		Densidades	Distanciamiento entre surco	Base seca
Peso de tallo	r^2	-0.650	-0.143	0.346
	P	0.058	0.713	0.362
Peso de mazorca	r^2	-0.797	0.414	-0.428
	p	0.010	0.268	0.251
Peso de hoja	r^2	-0.684	-0.254	0.397
	p	0.042	0.511	0.290

r^2 = Coeficiente de correlación

P= Probabilidad estadística.

TRT= tratamiento.

Rendimiento en base seca. El análisis de varianza para el rendimiento expresado en tonelada de materia seca se presenta en el Cuadro 5. Los distanciamientos entre surcos de 40 y 50 cm no presentaron diferencias ($P \geq 0.05$) y rindieron 18.2 y 16.8 tm, respectivamente. Sin embargo, ambos distanciamientos para todas las densidades finales presentaron mejores rendimientos en comparación al maíz sembrado a 80 cm entre surco.

El rendimiento del maíz sembrado a 40 cm y 50 cm superó ($P \leq 0.05$) en un 90% y un 70% respectivamente, los rendimientos observados para el maíz sembrado a 80 cm que presentó un rendimiento de 9.4 tm.

Cuadro 5. Comparación de medias de base seca.

Distanciamiento entre surco (cm)	Medias de base seca (tm)
40	18.219 ^a
50	16.754 ^a
80	9.443 ^b

tm= toneladas métricas.

^{a y b}= Valores en la misma columna con letra distinta, difieren estadísticamente entre sí ($p < 0.05$)

4. CONCLUSIONES

- Los mejores rendimientos totales, peso del tallo y el peso de la hoja se obtuvieron para el maíz sembrado con un distanciamiento entre surco de 50 cm.
- El distanciamiento entre surcos de 40, 50 y 80 cm no afectó el peso de las mazorcas.
- Los mejores rendimientos en base seca, se obtuvieron para los distanciamientos de 40 y 50 cm entre surco.

5. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación para establecer maíz con diferentes densidades de siembra para determinar su efecto en el rendimiento y composición nutricional.
- Evaluar los efectos de las diferentes densidades de siembra en la composición nutricional del ensilaje y la respuesta animal a estas posibles diferencias.

6. LITERATURA CITADA

Dupont. 2010. Boletín técnico Pioneer (en línea). Consultado 1 de octubre de 2012. Disponible en

http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/MAIZ_SILO_FINAL.pdf

McDonald, P., R.A. Edward, J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morgan. 2002. Nutrición animal. Trat. Rafael Sanz Arias. España. Editorial Acribia S.A. 573 p.

Pioneer. 2012. Desarrollos de Biotecnologías. (En línea). Consultado 3 de octubre de 2012. Disponible en

<http://www.pioneer.com/web/site/argentina/menuitem.0f017a0bd389d4a5628775d5310093a0/>

SAS Institute. 2009. SAS: user guide: Statics. Version 8.0 Edition “SAS institute Inc”. Cary, NC.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2003. Forrajes y pastizales. (En línea). Consultado el 3 de octubre de 2012. Disponible en

<http://www.utep.inifap.gob.mx/tecnologias/1.%20Bovinos%20Leche/5.%20Forrajes%20y%20pastizales/ETAPA%20DE%20COSECHA%20DE%20MA%20C3%208DZ%20PARA%20FORRAJE%20EN%20AGUASCALIENTES.pdf>

Velez, M., N. Berger. 2011. Producción de forrajes en el trópico. Honduras. Editorial Zamorano Academic Press. 150 p.

7. ANEXO

Anexo 1. Rendimiento en base fresca y seca por tratamiento.

Densidades de siembra plantas/ha	Distancia entre surco (cm)	Rendimiento materia fresca tm/ha	Rendimiento de base seca tm/ha
163,750	40	50.95	14.7755
97,166		66.56	19.3024
100,000		70.96	20.5784
91,111	50	61.32	17.7828
111,111		54.83	15.9007
108,888		59.21	16.5788
80,500	80	34.99	10.1471
93,000		32.35	9.3815
120,791		30.35	8.8015

TRT= tratamiento