

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de dos sistemas de labranza en la producción de maíz para ensilaje

Estudiantes

Robert Fabricio Yanes Buezo

Joel Fernando Banegas Saravia

Asesores

José Adrián Ordoñez, Mtr.

Angel Suazo, M.A.E.

Gloria Arévalo de Gauggel, Dra.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Localización	13
Terreno.....	14
Tratamientos.....	14
Variables Evaluadas del Cultivo	15
Caracterización de la Planta.....	15
Calidad del Ensilaje	15
Variables Evaluadas de la Calidad del Forraje.....	16
Parámetros físicos y químicos del suelo	18
Recolección y preparación de muestras para análisis de suelos	18
Diseño Experimental	19
Análisis estadístico	19
Resultados y Discusión.....	20
Efecto de dos tipos de labranza sobre las características de las plantas de maíz para ensilaje.....	20
Efecto de dos tipos de labranza en la calidad del cultivo de maíz para ensilaje	22

Efecto de dos tipos de labranza sobre la resistencia a la penetración del suelo en el cultivo de maíz para ensilaje	25
Efecto de dos tipos de labranza sobre la materia orgánica en el cultivo de maíz para ensilaje	26
Conclusiones	28
Recomendaciones	29
Referencias.....	30
Anexos.....	33

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Efecto de la labranza y el subsoleo en las características del maíz de forraje en el lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	21
Cuadro 2 Efecto de la labranza y el subsoleo en la calidad del forraje de maíz en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.	23
Cuadro 3 Efecto de la labranza y el subsoleo en la resistencia a la penetración [RP] a diferentes profundidades del suelo (10, 20, 30 y 40 cm) en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.	25
Cuadro 4 Efecto de la labranza y el subsoleo en el contenido de materia orgánica en los primeros 10 cm de suelo en el lote 2 de San Nicolás, de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.	26

Índice de Figuras

Figura 1 Área de estudio de evaluación de dos sistemas de labranza en la producción de maíz para ensilaje en el lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..	13
Figura 2 Mapa de tratamientos de evaluación de dos sistemas en la producción de maíz para ensilaje en el lotes 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	15

Índice de Anexos

<i>Anexo A Toma de resistencia a la penetración en distintas profundidades del perfil de suelo de las calicatas del lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.</i>	<i>33</i>
<i>Anexo B Desarrollo radicular con subsoleo y sin subsoleo en las calicatas del lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.</i>	<i>34</i>
<i>Anexo C Toma de muestras para análisis de calidad del forraje en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.</i>	<i>35</i>
<i>Anexo D Análisis de proteínas y cenizas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.</i>	<i>36</i>

Resumen

La elaboración de ensilaje de maíz es una técnica de conservación de forraje para épocas de escasez, resultando en un medio eficaz para aumentar la productividad en ganaderías. Un aspecto que puede afectar la producción de, este es el tipo de labranza con la que se acondicione el terreno a cultivar. El objetivo de este estudio fue evaluar la labranza mínima y la labranza convencional en suelos previamente subsolados o sin subsolar, e identificar su efecto en la producción y calidad de maíz para ensilaje, así como en características del suelo. El diseño experimental fue en parcelas divididas con arreglo factorial 2 x 2 con cuatro tratamientos, siendo estos: labranza mínima con y sin subsolado y labranza convencional con y sin subsolado. Se realizó un ANDEVA ($P \leq 0.05$) con separación de medias por Duncan. Se evaluaron parámetros de rendimiento y calidad de forraje, así como la resistencia a la penetración y materia orgánica en el suelo. El suelo subsolado y la labranza mínima y la interacción entre los dos presentaron el mejor desarrollo de altura de la planta, mientras que el peso de la planta no se vio afectado. El contenido de proteínas fue mayor en suelos que habían sido subsolados. No subsolar favorece la acumulación de grasa en el forraje. La resistencia a la penetración disminuyó a 20 cm de profundidad con labranza convencional y en la materia orgánica no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El subsolado muestra resultados favorables en la calidad y desarrollo del maíz.

Palabras clave: compactación de suelo, forraje, labranza mínima, labranza convencional, maíz, siembra directa.

Abstract

The preparation of corn silage is a forage conservation technique for times of scarcity, resulting in an effective means to increase productivity in livestock farming. One aspect that can affect the production of corn silage is the type of tillage with which the land to be cultivated is conditioned. The objective of this study was to evaluate minimum tillage and conventional tillage in previously subsoiled or unsubsoiled soils, and to identify their effect on the production and quality of corn for silage, as well as on soil characteristics. The experimental design was in divided plots with a 2 x 2 factorial arrangement with four treatments: minimum tillage with and without subsoiling and conventional tillage with and without subsoiling. An ANDEVA ($P \leq 0.05$) was performed with Duncan separation of means. Yield and forage quality parameters were evaluated, as well as penetration resistance and soil organic matter. Subsoiled soil and minimum tillage and the interaction between the two presented the best plant height development, while plant weight was not affected. Protein content was higher in soils that had been subsoiled. Not subsoiling favored the accumulation of fat in the forage. Penetration resistance decreased at 20 cm depth with conventional tillage and no significant differences were found between treatments in organic matter. Subsoiling shows favorable results in the quality and development of corn.

Key words: soil compaction, forage, minimum tillage, conventional tillage, corn, no-tillage.

Introducción

Los ensilajes de maíz se han constituido en la base principal en la dieta de la ganadería, puesto a que contiene un alto valor energético, ya que provee un alto aporte nutricional para la producción de carne, leche y una gran fuente de almidón y un buen contenido de fibra (DEKALB ® 2017). El ensilado de forraje permite almacenar comida excedente en tiempos de invierno cuando resulta más fácil lograr una buena abundancia de alimento y ser utilizado en las fechas de verano cuando resulta muy difícil suplir la demanda de comida de las ganaderías. Con esto, se logra mantener la productividad y rentabilidad económica del hato lo que se busca en todo momento en el área de producción. La técnica del ensilado permite al ganadero almacenar forrajes verdes con costos relativamente bajos en comparación a otros métodos de alimentación utilizado (Cofré y Velasco 2007). Con el avance de la tecnología, se han descubierto diversos tipos de métodos de conservación, que permiten ser utilizados a conveniencia y capacidad de los productores (Palomino 2014), tomando en cuenta la disponibilidad del tipo de forraje que se encuentre en el área de producción.

Existen una gran variedad de ensilajes con beneficios únicos, pero nos enfocaremos en el ensilaje de maíz. Este presenta una característica muy deseable, la cual es la capacidad de producir un alto rendimiento de forraje por hectárea cosechada, donde pueden obtenerse fácilmente de 11 a 12 toneladas métricas de materia seca por hectárea (Moreno Gonzáles 1982). Se debe tener en cuenta la densidad de siembra a utilizar para tener la producción de biomasa deseada, para maíz forrajero. Una densidad de población óptima es de 98,800 plantas por hectárea, exponiendo que la biomasa total de forraje se incrementa con la densidad de plantas (Cuomo et al. 1998). La producción de forraje es una actividad agropecuaria esencial para el desarrollo de la ganadería, y en particular la que se obtiene del cultivo del maíz, ya que este cultivo por su diversidad genética se adapta a diferentes regiones del mundo. Uno de los aspectos fundamentales de esta producción es el suelo en el que se va a cultivar. En esta variedad de regiones existen diversos tipos de suelos, en donde generalmente

es requerida una mecanización de estos. Para esto, existen diversos tipos de labranza para el acondicionamiento de los terrenos de trabajo.

Hoy en día, los sistemas de labranza brindan efectos muy particulares, en los cuales se obtienen rendimientos y calidades muy variadas, ya que se modifican características físicas del suelo cultivado. Tales características pueden ser: la estructura del suelo, el contenido agua y la densidad aparente. En estos sistemas se están implementado técnicas para lograr una conservación de los suelos, por ejemplo: la labranza mínima se trata de una preparación del terreno en la que no existe labor profunda, sino uno o dos pasadas de implementos sobre la superficie y la posterior siembra. Esta técnica mezcla los residuos del cultivo anterior con la tierra (Baker et al. 1996). Las ventajas de la labranza mínima son: un mejor uso del agua, mayor materia orgánica, reducción de la erosión y degradación del suelo, aumento de la actividad microbiana del suelo y mejora en la estructura del mismo (Perrachón 2004) . Por otro lado, uno de los sistemas de labranza más utilizados es la labranza convencional, esta labranza es el laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinaria (arados) que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15-35 cm de suelo, esto significa que requiere un trabajo más profundo y repetitivo para la futura siembra (Álvarez 2005). Con este procedimiento se consigue la liberación de nutrientes, el control y eliminación de plagas; así estableciendo homogeneidad en el campo de cultivo. Sin embargo, con repeticiones y movimientos frecuentes de suelo puede provocar su erosión. También hay que mencionar que se requerirá un mayor uso de recursos. Existen evidencias que la labranza convencional mediante el uso intensivo del arado y rastras modifica la estructura de la capa superficial del suelo, la continuidad del espacio poroso y reduce el contenido de materia orgánica. La frecuencia e intensidad de las labranzas altera la distribución de los nutrientes en el suelo, modificando las propiedades físicas (Galantini et al. 2006)

El suelo es el principal factor que determina el cultivo, desde su preparación para la siembra hasta los nutrientes que proveerá con el tiempo. La frecuencia en la cual se labra el suelo antes de la siembra de un cultivo es muy frecuente; sin embargo, esto causa pérdida de materia orgánica en la

superficie del suelo (Galantini et al. 2006) . Hoy en día se busca conservar la capa superficial de materia orgánica después de la cosecha de un cultivo. El contenido de materia orgánica de los suelos es determinado por los factores formadores del suelo (tiempo, clima, vegetación, material madre, topografía, manejo) (García 2014).

En esta investigación se plantearon los siguientes objetivos: determinar el efecto de dos métodos de labranza y el acondicionamiento físico del suelo en la producción de forraje de maíz; evaluar el efecto de dos métodos de labranza y el acondicionamiento físico del suelo en la calidad del forraje de maíz; y, evaluar el efecto de dos métodos de labranza y el acondicionamiento físico del suelo sobre características físicas y el contenido de materia orgánica del suelo.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se realizó en el periodo entre agosto a noviembre del 2020, en la finca San Nicolás 2 de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras ubicada en el Valle de Yeguaré, a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. Coordenada Este: 498887.44 m E coordenada norte: 1547368.26 m N, a una altura promedio de 750 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y precipitación anual de 1,100 mm, en el periodo de agosto a noviembre se presentó una precipitación de 947.12 mm.

Figura 1

Área de estudio de evaluación de dos sistemas de labranza en la producción de maíz para ensilaje.



Nota. Ubicación del lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Terreno

Se utilizaron 4.5 hectáreas de terreno, el cual fue dividido en parcelas que contaban con un tamaño aproximado de 2,000 m² cada una, y cada una fue representativa para cada tratamiento (Figura 2).

Tratamientos

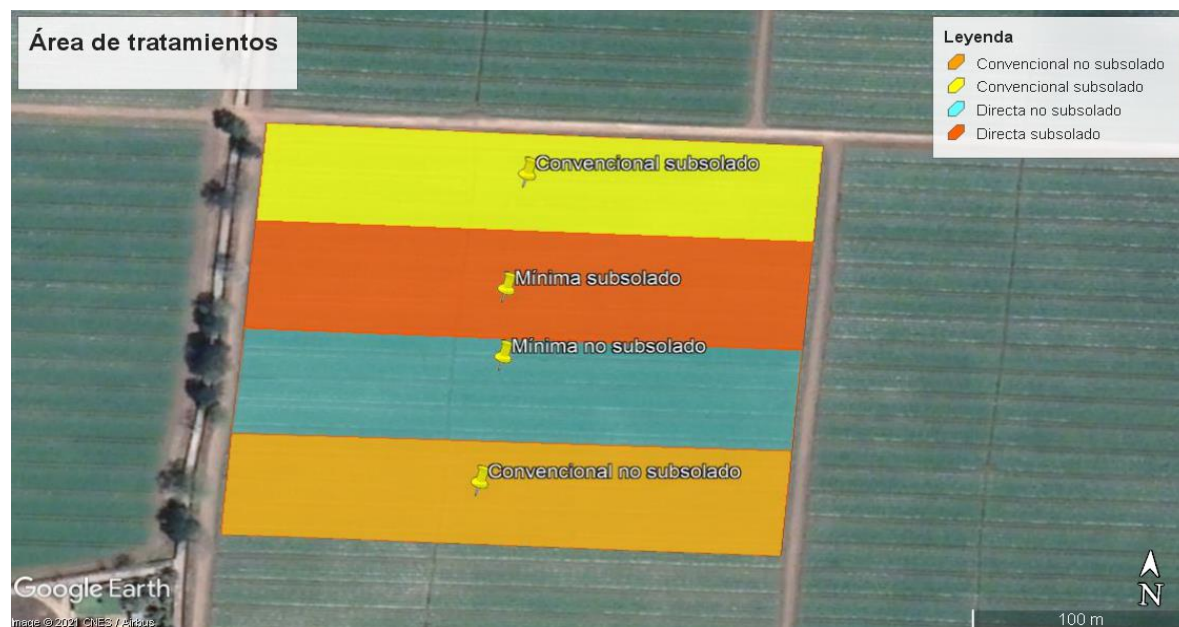
Se establecieron cuatro tratamientos, tomando en consideración dos condiciones de adecuación física del terreno mediante presencia de un suelo subsolado, el cual fue realizado en abril del 2020 mediante el uso de subsolador fijo, los distanciamientos entre los brazos estaban a 1.60 m, sin embargo, se realizó un traslape por lo que al final el pase del subsolador quedó a 0.8 m de distancia, que corresponde al espaciamiento entre líneas de siembra del maíz que se mantuvo en el presente trabajo. Los ganchos del subsolador tenían de 60 cm, lo cual corresponde a la profundidad potencial, mientras que la profundidad real del subsolado fue de 53.5 cm, teniendo una eficiencia de penetración del 89% (Zambrano Parraga y Carrera Montenegro 2020) y otro terreno en el mismo lote el cual no se subsoló y que se denominará sin subsolado y dos sistemas de labranza en cada uno: labranza mínima, entendida como la implementación del cultivo sin remoción del suelo y con una cobertura permanente con residuos de cosecha (INTA 2011) siendo esta labranza mínima temporal para realizar este estudio y labranza convencional realizada el 12 de agosto, con dos pases de rastra pesada con 20 discos de 24 x 28 pulgadas de diámetro y un pase de rastra liviana Baldan modelo NVAPA con 20 discos de 26 pulgadas de diámetro, la cual alcanzó una profundidad de 25 cm¹. La siembra se realizó mediante una sembradora neumática de precisión John Deere® 1750 el 19 de agosto del 2020.

¹ Ordoñez J A. Jefe técnico de unidad de servicios agrícolas. profesor asistente de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Comunicación personal. jordonez@zamorano.edu

Figura 2

Mapa de ubicación de los tratamientos de evaluación de dos sistemas en la producción de maíz para ensilaje.



Nota. Ubicación del lote 2 de la finca San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Variables Evaluadas del Cultivo

Caracterización de la Planta

Se realizó el conteo de 10 plantas por metro de un surco, de estas plantas se tomaron muestras por cada repetición de cada tratamiento durante la semana de cosecha. Las características que se midieron fueron

- Altura de la planta
- Peso de la planta con mazorca y peso de la raíz.

Calidad del Ensilaje

Se realizó el conteo de 10 plantas por metro de un surco, de cada tratamiento durante la semana de cosecha. Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) en donde se realizaron los siguientes análisis:

Análisis Kjeldahl

Se utilizó para la determinación del contenido de nitrógeno en muestras orgánicas. Es el método estándar para la determinación del contenido proteico en grano, harinas, carnes, y en general, en materiales biológicos. Dicho análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Análisis Proximales Weende

Se emplea con el objetivo de conocer la composición de los alimentos y aspectos como humedad, cenizas y extracto etéreo, consiste en una separación a partir de la muestra seca, una serie de fracciones con características comunes y se determinan en grupos de compuestos con propiedades similares. Se denominan contenidos brutos o crudos. Se aplicaron en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis indicaron el contenido de humedad, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra (Segura 2007). (Anexo 4)

Análisis de Nirs

Se realizaron 12 análisis, los cuales estaban divididos en tres por cada tratamiento correspondiente. El uso de la espectrometría de reflectancia en los infrarrojos cercanos(NIRS) es utilizada como un método rápido y exacto para evaluar la composición química de cereales y forraje (Cozzolino 2002).

Variables Evaluadas de la Calidad del Forraje***Humedad***

Se evaluó el porcentaje de humedad, la cual es obtenida mediante la desecación del material fresco del cultivo de maíz. Este consistió en introducir el material durante 10 horas en un horno de

aire forzado (marca Fisher Scientific, modelo 750F) a 105 °C, evaluado según metodología de AOAC 950.46B (2006a).

Proteína

Se determinó el porcentaje de proteína en el cultivo de maíz, debido a que el porcentaje de proteína cruda es algo bajo, el N es esencial para la obtención de proteína del maíz, sin embargo, el consumo de N es mínimo en la planta cuando está en su inicio. Las proteínas en el cultivo del maíz ayudan a la obtención de maíz de alta calidad proteica, registra ventajas sobre el maíz de endospermo normal, debido a que puede contener elementos indispensables para lograr un desarrollo físico que mejore la calidad de vida. mediante la fórmulas de (Undersander et al. 1993; AOAC International 2005).

Cenizas

Se evaluó el porcentaje de ceniza (sales minerales) la cual es obtenida de la incineración del material fresco del cultivo de maíz. Este consistió en introducir el material durante 18 horas en un horno mufla Sybron Thermolyne (modelo FA16730) siguiendo el método AOAC 923.03 (2006b).

Grasa

La grasa se determina mediante la extracción con éter, las grasas son nutrientes altamente energéticos. Los factores para considerar en las grasas es su digestibilidad la cuales van a depender de su solubilidad (Clark y Ipharraguerre 2001).

Fibra Cruda

Determinado por el equipo de Nirs para describir la porción indigerible del material vegetal. Sin embargo, algunas de estas sustancias pueden ser digeridas por microorganismos en el rumen del ganado, cuanto más alto sea el contenido de fibra, menor será el contenido de energía del silo (FOSS 2018).

Fibra Detergente Neutra (FDN)

Determinado por el equipo de Nirs, el valor de la FDN es la pared celular total que está compuesta por la fracción de la FDA más la hemicelulosa. Los valores de la FDN son importantes ya que reflejan la cantidad de forraje que puede consumir el animal. A medida que aumenta el porcentaje de la FDN, la ingesta de materia seca por lo general se reduce (FOSS 2018).

Fibra Detergente Ácida

(FDA): Determinado por el equipo de Nirs, el valor de la FDA hace referencia a las porciones de pared celular del forraje que están compuestas de celulosa y lignina. Estos valores son importantes porque tienen que ver con la capacidad de un animal para digerir el forraje. A medida que la FDA aumenta, se reduce la capacidad de digerir o la digestibilidad del forraje. (Almeida 2015).

Parámetros Físicos y Químicos del Suelo

Para la evaluación de la resistencia a la penetración del suelo se realizaron 12 calicatas en total, las cuales estaban divididas en tres por cada tratamiento, contando con 1 m de profundidad y 1 m de ancho y 1 m de longitud. Se realizó la descripción de cada una de ellas, donde se midió la resistencia a la penetración de los 10 cm hasta 40 cm de profundidad con un penetrómetro de bolsillo.

Recolección y Reparación de Muestras para Análisis de Suelos

Se tomaron muestras del primer horizonte a los primeros 10 cm con un cuchillo edafológico, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de Zamorano (LAS) y se extrajo el contenido de materia orgánica mediante el método de combustión húmeda Walkley –Black que consiste en una oxidación con dicromato de potasio en medio de ácido sulfúrico. La reacción toma el calor de la disolución del ácido, lo que eleva la temperatura y logra la oxidación del carbono orgánico. El dicromato residual es posteriormente titulado con una sal ferrosa. El método de combustión húmeda

determina sólo una parte del carbono orgánico, discriminando las formas condensadas y excluyendo en un 90 a 95% el carbono elemental (Manna 2007).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño en parcelas divididas con arreglo factorial con interacción de dos factores: tipo de labranza y adecuación física del suelo, con subsolado o sin él, en cuatro tratamientos: labranza mínima con subsolado, labranza mínima sin subsolado. labranza convencional con subsolado, labranza convencional sin subsolado.

Dentro de cada tratamiento se establecieron tres repeticiones por tratamiento, para un total de 12 repeticiones, en la unidad experimental contaba con 35 m de ancho x 60 de largo, contando con 35 surcos, se tomaron 20 plantas por metro en las hileras centrales teniendo una distancia de planta a planta de 11 cm y de 80 cm entre surcos a surco , para luego seleccionar diez de estas plantas para tomar su característica y las otras diez picarlas para analizarlas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ).

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), mediante el modelo lineal general para dos factores, para la separación de medias se utilizó el test de DUNCAN, con un nivel de significancia ($P \leq 0.05$). Los resultados fueron analizados con el software estadístico, "SPSS" versión 2021.

Resultados y Discusión

Efecto de Dos Tipos de Labranza Sobre las Características de las Plantas de Maíz para Ensilaje

Basado en el análisis realizado de los parámetros agronómicos, la variable altura de la planta presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el efecto de la labranza y de subsolar en el suelo. Cada una de estas acciones ayuda a lograr un mejor desarrollo de la planta, ya que los tratamientos con labranza convencional y con subsolado obtuvieron mayor altura de la planta. En cuanto a la interacción, se muestra diferencias significativas a favor del uso del subsolado y el uso de labranza, aunque con interacción de las dos actividades. En cuanto a la variable del peso de la planta, no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1

Efecto de la labranza y el subsoleo en las características del maíz de forraje en el lote 2 de San

Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Tipo de labranza	Características de las plantas	
	Altura de planta (cm)	Peso planta (g)
Convencional con subsolado	305 ^a	848
Mínima temporal con subsolado	302 ^a	800
Mínima temporal no subsolado	264 ^b	733
Convencional no subsolado	301 ^b	797
EE±	2.67	24.30
Valor de P	0.001*	0.415ns
Efecto de subsolar		
Subsolado	303 ^a	826
Sin subsolar	283 ^b	764
Valor de P	0.001*	0.218ns
Efecto de labranza		
Labranza mínima temporal	303 ^a	822
Labranza convencional	283 ^b	767
Valor de P	0.001*	0.252ns
Interacción		
Labranza x Subsolado		
Valor de P	0.001*	0.884ns

Nota. Medias con letras común no presenta diferencias mínimas significativas ($P \leq 0.05$).cm: centímetros, g: gramos. NS:no hay diferencia significativa, *:si hay diferencia significativa.

Los resultados indican diferencias significativas de ($P \leq 0.05$) en la variable de altura planta en la cual se alcanzó un desarrollo de hasta 305 cm. Al realizar un subsolado la altura es estadísticamente mayor en comparación al que no se le practica esta actividad, lo cual confirma el beneficio de la práctica del subsolado por un mejoramiento en las condiciones del suelo al romperse la capa compactada (Ruiz Herrera 2017). En el caso de no subsolar, al no tener un buen acondicionamiento del suelo, la planta presenta mayor dificultad para tener un desarrollo óptimo, ya que no hay un buen crecimiento de las raíces, lo cual afecta la altura de planta como se ve en los resultados obtenidos en

el tratamiento labranza mínima no subsoleo. La variable de altura planta y peso planta que se obtuvieron fueron distintos obtenidos a los de Zambrano Parraga y Carrera Montenegro 2020 en el mismo campo y tipo de cultivo, ya que en la altura planta y peso planta no hubo diferencias significativas, en donde en altura planta no superó los 287 cm de altura y con respecto al peso planta obtuvieron mejores pesos con 923 g en promedio por planta. Cabe destacar que la actividad de subsolado no se realizó para este ciclo de cultivo, sino que fue realizada meses antes (abril del 2020)², para el anterior ciclo de cultivo en ese mismo suelo. Se observa una interacción del subsolado y la labranza siendo positiva para el desarrollo del cultivo. Cabe mencionar, que la actividad de subsolado se debe realizar de cuatro a cinco años lo cual depende la intensidad de trabajo (Fedefruta 2017).

Efecto de dos tipos de labranza en la calidad del cultivo de maíz para ensilaje

El subsolado con labranza convencional obtuvo un efecto positivo en la calidad del forraje ya que el contenido de humedad y proteína presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) bajo el tratamiento de labranza convencional con subsolado, resultando en un ensilaje de alta calidad. En la interacción se observa el efecto positivo del uso de subsoleo en la producción de proteínas. En cuanto al contenido de grasa, el tratamiento labranza mínima y no subsolado presentó el mejor resultado. No se observaron diferencias significativas en las variables de cenizas, fibra cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y energía neta de lactancia Cuadro 2.

² Ordoñez J.A. Jefe técnico de unidad de servicios agrícolas. profesor asistente de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Comunicación personal. jordonez@zamorano.edu

Cuadro 2

Efecto de la labranza y el subsolar en la calidad del forraje de maíz en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tipo de labranza	Variables evaluadas de la calidad del forraje (g/100g)							
	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasas	FC	FND	FAD	ENL
Convencional con subsolado	61.14 ^b	3.24	9.64 ^a	1.44 ^a	21.48	75.04	39.62	0.91
Mínima temporal con subsolado	60.10 ^b	2.39	8.18 ^a	1.23 ^b	20.14	70.86	38.73	0.26
Mínima temporal no subsolado	64.14 ^a	2.37	7.54 ^b	1.53 ^a	19.53	64.16	41.49	0.12
Convencional no subsolado	69.11 ^a	1.92	6.93 ^b	1.49 ^a	19.73	62.16	40.1	1.2
EE±	1.28	0.70	0.37	0.44	0.38	2.09	0.86	0.23
Valor de P	0.01*	0.11ns	0.03*	0.03*	0.30ns	0.08ns	0.77ns	0.79ns
Efecto de subsolar								
Subsolado	60.62 ^b	2.82	8.91 ^a	1.33 ^b	20.81	72.95	39.18	1.23
Sin subsolar	66.62 ^a	2.14	7.23 ^b	1.51 ^a	19.53	63.15	40.80	1.19
Valor de P	0.008*	0.079ns	0.011*	0.018*	0.145ns	0.067ns	0.415ns	0.439ns
Efecto de labranza								
Labranza mínima temporal	62.14	2.38	7.86	1.38	19.84	67.51	40.11	1.21
Labranza convencional	65.11	2.58	8.29	1.47	20.62	68.59	39.86	1.21
Valor de P	0.12ns	0.56ns	0.43ns	0.20ns	0.31ns	0.75ns	0.90ns	0.93ns
Interacción								
Labranza x Subsolar								
Valor de P	0.28ns	0.09ns	0.08ns	0.08ns	0.46ns	0.37ns	0.56ns	0.55ns

Nota. Medias con letras común no presenta diferencias mínimas significativas ($P \leq 0.05$). FC: fibra cruda, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, ENL: energía neta de lactancias, NS: no hay diferencia significativa, *:si hay diferencia significativa.

La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, el cual está ligado con su composición química. El contenido de humedad fue menor al subsolar el suelo, independiente de la labranza, lo cual favorece la calidad del forraje. Sin embargo, los resultados se vieron afectados por el tiempo de almacenado en refrigeración dentro del laboratorio y también por las condiciones climáticas del día de la recolección de la muestra ya que se presentaron precipitaciones de 36 mm, el cual aportó mayor contenido de agua en las muestras de los tratamientos sin subsoleo que se cosecharon bajo la lluvia, por lo que estos resultados deben ser tomados con cautela. El porcentaje de proteínas en todos los tratamientos presentó rangos óptimos para un buen ensilado de maíz 5.72 - 9.92% (Roth y Heinrichs 2001).

El subsolado favoreció el contenido de proteínas ($P<0.05$) independiente del tipo de labranza. El resultado de proteína en ensilaje de maíz del subsolado con labranza convencional fue superior a los datos obtenidos por Martínez Turcios (2017), ya que estos porcentajes no superaban el 7.15% de proteína. Los porcentajes de grasa en este estudio están dentro los parámetros normales (1 a 5 %) y se debe a la proporción del almidón en el grano (endospermo), ya que fue cosechado en estadio R2 paso al estadio R3, en el cual cuenta con un alto contenido de almidón. Un forraje con mayor contenido de proteína ayuda a hacer un balance en la dieta y así garantizar una excelente producción de carne y leche. Por otra parte, se obtuvo diferencia significativa en el contenido de grasa en el forraje, ($P<0.05$), los mejores resultados de grasa fueron expresados por el tratamiento de labranza mínima no subsolado con 1.53%. Sin embargo, Ríos Guillén y Hidalgo Tablada Hidalgo (2015) no obtuvieron diferencias significativas en su estudio de tamaño de picado de forraje, en relación a la grasa en ensilaje de maíz.

Efecto de Dos Tipos de Labranza Sobre la Resistencia a la Penetración del Suelo en el Cultivo de Maíz para Ensilaje

La resistencia a la penetración a distintas profundidades, donde no se encontraron diferencias significativas de ($P>0.05$) entre los tratamientos (cuadro 3). En cuanto al efecto de la labranza se obtuvo una diferencia significativa los 20 cm en la interacción, relacionada con la profundidad de labranza.

Cuadro 3

Efecto de la labranza y el subsoleo en la resistencia a la penetración [RP] a diferentes profundidades del suelo (10, 20, 30 y 40 cm) en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tipo de labranza	Resistencia a la penetración del suelo (kg/cm ²)			
	RP10	RP20	RP30	RP40
Convencional con subsolado	2.04	1.23	1.55	1.59
Mínima temporal con subsolado	1.64	1.79	1.73	1.73
Mínima temporal no subsolado	2.27	2.68	1.70	1.92
Convencional no Subsulado	1.43	1.34	2.11	2.34
EE±	0.14	0.15	0.13	0.16
Valor de P	0.051ns	0.17ns	0.18ns	0.14ns
Efecto de subsolar				
Subsolado	1.84	1.51	1.64	1.66
Sin subsolar	1.85	2.01	1.91	2.13
Valor de P	0.96ns	0.07ns	0.32ns	0.15ns
Efecto de labranza				
Labranza mínima temporal	1.96	2.23 ^a	1.72	1.82
Labranza convencional	1.73	1.29 ^b	1.83	1.97
Valor de P	0.419ns	0.001*	0.676ns	0.654ns
Interacción				
Labranza x Subsulado				
Valor de P	0.32ns	0.15ns	0.28ns	0.38ns

Nota. Medias con letras común no presenta diferencias mínimas significativas ($P\leq 0.05$). RP: resistencia a la penetración.

NS: no hay diferencia significativa, *:si hay diferencia significativa.

La resistencia a la penetración es un indicador del nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular, espacio poroso y agua de que disponen las raíces

(Herrick et al. 2002). El acondicionamiento del suelo con subsolador previo a este estudio reportada por Zambrano Parraga y Carrera Montenegro (2020) con una eficiencia del 50%, generó un efecto positivo al disminuir la resistencia a la penetración del suelo aún pasados dos ciclos de cultivos (maíz, maíz)³ y la preparación del suelo mediante labranza convencional. Con respecto a la resistencia en la penetración del suelo, se llevó a cabo una comparación entre los perfiles de suelo en el área con y sin subsolado. Dicha observación fue realizada en consideración el desarrollo radicular a distintas profundidades. Se observó que en el área con subsolado alcanzó una profundidad máxima de 50 cm, donde no se observaron horizontes compactados, por lo cual, se encontraron abundantes raíces de todos los tamaños. En el área sin subsolado se observó un menor desarrollo radicular con una profundidad máxima de 22 cm (Anexo 2). De igual forma, como los sistemas de labranza no presentaron cambios con respecto a la fuerza aplicada al suelo para su penetración ya que esta acción está íntegramente relacionada con la densidad aparente y la humedad del suelo (Molin Genaro et al. 2013). Sin embargo, en el estudio de Zambrano Parraga y Carrera Montenegro (2020) no reportaron diferencias significativas a esta profundidad.

Efecto de dos tipos de labranza sobre la materia orgánica en el cultivo de maíz para ensilaje

En el contenido de materia orgánica, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (cuadro 4).

Cuadro 4

Efecto de la labranza y el subsoleo en el contenido de materia orgánica en los primeros 10 cm de suelo en el lote 2 de San Nicolás, de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

³ Ordoñez J A. Jefe técnico de unidad de servicios agrícolas. profesor asistente de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Comunicación personal. jordonez@zamorano.edu

Tipo de labranza	Materia orgánica (g/100g)
convencional con subsolado	2.36
Mínima temporal con subsolado	2.15
Mínima temporal no subsolado	2.60
convencional no subsolado	2.36
EE±	0.07
Valor de P	0.10ns
Efecto de subsolar	
Subsolado	2.26
Sin subsolar	2.28
Valor de P	0.07ns
Efecto de labranza	
Labranza mínima temporal	2.38
Labranza convencional	2.36
Valor de P	0.10ns
Interacción	
Labranza x Subsolado	
Valor de P	0.7ns

Nota. Medias con letras común no presenta diferencias mínimas significativas ($P \leq 0.05$), NS: no hay diferencia significativa.

Los resultados no se vieron afectados por el tipo de labranza utilizada para el acondicionamiento del suelo. Los resultados muestran que los parámetros de materia orgánica utilizados para medir la calidad química del suelo se encuentran dentro de los rangos apropiados señalados para la zona por el Laboratorio de Suelos de Zamorano (2 a 4 %)⁴. El manejo del suelo afecta el contenido de materia orgánica según el número de años de agricultura, los cultivos, las labranzas, las rotaciones, el manejo del cultivo, la fertilización y los períodos de barbecho (García 2014). Estos resultados no se verán a un corto plazo sino a un largo plazo.

⁴ Laboratorio de suelos de la EAP Zamorano. Rango ideal del contenido de materia orgánica en ellos suelos. Informe de resultado del análisis de suelo 8/12/2020.

Conclusiones

La labranza del suelo o el uso de subsolador y su interacción, benefician el desarrollo del cultivo de maíz para ensilaje, ya que se obtuvo una mayor altura de las plantas y mejor calidad del forraje en cuanto al contenido de proteínas, lo cual genera un alimento de mayor calidad.

La labranza convencional reduce la resistencia a la penetración a los 20 cm de profundidad del suelo, no así subsolar o labranza mínima y ninguno de los tratamientos influyó en el contenido de materia orgánica en el suelo.

La labranza mínima es recomendable siempre y cuando el suelo haya sido subsolado previamente para su acondicionamiento.

Recomendaciones

Realizar subsolado en los lotes de producción, debido a que mejora la calidad de la producción de maíz para ensilaje y posterior siembra directa.

Realizar el experimento en la época seca del año, bajo condiciones de riego controlado, debido a que este experimento se realizó en seco.

Realizar este mismo experimento con sorgo, para observar su desarrollo y calidad.

Realizar un estudio similar y evaluar la productividad en los animales brindando las raciones de ensilaje.

En futuros estudios incluir la medición de desarrollo de raíces bajo los diferentes tratamientos.

Dar seguimiento a través de tiempo del efecto del subsolado del suelo en mantener la calidad de la producción.

Referencias

- Almeida RM. 2015. Forrajes de calidad. [sin lugar]: agritotal; [consultado el 20 de nov. de 2020]. <https://www.agritotal.com/nota/forrajes-de-calidad/>.
- Álvarez CR. 2005. Métodos de labranza. Facultad de Agronomía, UBA; [consultado el 15 de may. de 2021]. 15(87):19. <https://www.agro.uba.ar/users/steinbac/Anexo%203-%20Alvarez%20en%20colores.pdf>.
- AOAC International. 2005. Protein (Crude) in Animal Feed, For age (Plant Tis sue), Grain, and Oil seeds: Block Di ges tion Method Using Cop per Cat a lyst and Steam Dis til la tion into Bo ric Acid. [sin lugar]. 3 p.
- Baker, C. John S, Keith E. 1996. Los «¿qué?» y los «¿por qué?» de la agricultura con labranza cero. <http://www.fao.org/3/al298s/al298s01.pdf>.
- Clark JH, Ipharraguerre IR. 2001. Livestock Performance: Feeding Biotech Crops. Journal of Dairy Science. 84:9-18. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)70191-9.
- Cofré P, Velasco R. 2007. Forrajeras: calidad y costos de producción. Quilamapu Chile. 4 p. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/34598/NR35432.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cozzolino D. 2002. Uso de la espectrometría de reflectancia en los infrarrojos cercanos (nirs) en el análisis de alimentos para animales. Agrociencia; [consultado el 15 de may. de 2021]. 6(2):25–32. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15343/1/Agrociencia-2002-Cozzolino.pdf>.
- Cuomo GJ, Redfearn DD, Blouin DC. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. Agronomy Journal; [consultado el 16 de may. de 2021]. 90(1):93–96. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1998.00021962009000010017x>.
- DEKALB ®. 2017. Manejo del ensilaje de maíz | DEKALB ®. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 15 de may. de 2021]. 2 p. <https://www.dekalb.es/documents/89430/327941/Manejo+del+ensilaje+de+ma%C3%ADz.pdf>.
- Fedefruta. 2017. Manual técnico de maquinaria agrícola para el agricultor. Chile: Fedefruta; [actualizado 2021; consultado el 7 de jun. de 2021]. <https://fedefruta.cl/manual-tecnico-de-maquinaria-agricola-para-el-agricultor/>.
- FOSS. 2018. El análisis de la fibra en el pienso animal: Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) - los estándares y las opciones de automatización. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 15 de may. de 2021]. 32 p. <https://www.coursehero.com/file/39705883/eBook-Fibre-analysis-of-animal-feed-ESpdf/>.

- Galantini, Iglesias O J, Maneiro, C Santiago, L K. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*; [consultado el 13 de may. de 2021]. 35(1):15–30. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86435102.pdf>.
- García FO. 2014. *Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: Siembra Directa, Rotaciones y Fertilidad*. Buenos Aires, Argentina: [sin editorial]; [consultado el 15 de may. de 2021]. 10 p. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Garcia-20/publication/253537931_Agricultura_Sustentable_y_Materia_Organica_del_Suelo_Siembra_Directa_Rotaciones_y_Fertilidad/links/53edf75b0cf2981ada1740a7/Agricultura-Sustentable-y-Materia-Organica-del-Suelo-Siembra-Directa-Rotaciones-y-Fertilidad.pdf.
- Herrick, J. E., Jones, T. L. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration on resistance. *Soil Science Society of America Journal*. 66:1320–1324.
- [INTA] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2011. Siembra directa. [sin lugar]. 28 p. Informe no. 58; [consultado el 15 de may. de 2021]. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9ew_QgfvQzQJ:https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra_directa_2011.pdf+&cd=16&hl=es&ct=clnk&gl=us.
- Manna LL. 2007. Comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la región andino-patagónica: efectos de la vegetación y el tipo de suelo. *Ciencia del Suelo*; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 25(2):179–188.
- Martínez Turcios DA. nov. 2017. Evaluación nutricional del ensilaje de maíz cosechado en cuatro etapas fenológicas elaborado con tres calibres de picado [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 21 p; [consultado el 16 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6111/1/CPA-2017-066.pdf>.
- Molin Genaro D, Zapata Cadena M, Campos Magaña SG. 2013. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 15 de may. de 2021]. 22:68–71. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta12513.pdf>.
- Moreno González J. 1982. El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *Pastos*; [consultado el 15 de may. de 2021]. 12(1):157–170. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/761>.
- Palomino AN. 2014. *Técnicas de conservación de forrajes para la alimentación animal*. 1ª ed. Lima, Perú: [sin editorial]. 57 p. (Manual; 3-14). http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/730/1/Nestares-Tecnicas_conservacion_forrajes.pdf.
- Perrachón j. 2004. Siembra Directa: ¿qué es? *Revista del Plan Agropecuario*; [consultado el 15 de may. de 2021]. 54–57. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R110/R110_54.pdf.

- Ríos Guillén MM, Hidalgo Tablada Hidalgo A. nov. 2015. Evaluación de ensilaje de Maíz (*Zea Mays*) de 120 días a diferentes tamaños de partícula de corte con tres niveles de melaza [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 21 p; [consultado el 2 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4622/1/CPA-2015-075.pdf>.
- Roth GW, Heinrichs AJ. 2001. Corn silage production and management. Estados Unidos: The Pennsylvania State University; [consultado el 5 de jun. de 2021]. 6 p. <http://extension.psu.edu/plants/crops/grains/corn/silage/corn-silage-production-andmanagement>.
- Ruiz Herrera G. 2017. Efecto de prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz, en la Frailesca, Chiapas [Tesis]. México: Universidad Autónoma de Chiapas. 95 p; [consultado el 16 de may. de 2021]. <http://148.222.11.200/jspui/bitstream/123456789/3104/1/RIBC149036.pdf>.
- Segura. 2007. DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN ACERCA DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE FIBRA Y DEL VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJES Y ALIMENTOS PARA ANIMALES. FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA. 14. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v14n1/v14n1a11.pdf>.
- Undersander D, Mertens DR, Thiex N. 1993. Forage analyses: Procedures. Omaha.

Anexos

Anexo A

Toma de resistencia a la penetración en distintas profundidades del perfil de suelo de las calicatas del lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Anexo B

Desarrollo radicular con subsoleo y sin subsoleo en las calicatas del lote 2 de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



A. Suelo subsolado, raíces profundas.



B. Suelo sin subsolar, pocas raíces.

Anexo C

Toma de muestras para análisis de calidad del forraje en el lote 2 de San Nicolás, Escuela Agrícola

Panamericana Zamorano, Honduras.



Anexo D

Análisis de proteínas y cenizas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Agrícola

Panamericana Zamorano, Honduras.



A. Preparación de la muestra para análisis NIRS, B. Destilación de las muestras, C. colocación de las muestras en la mufla para la obtención de las cenizas.