

# **Evaluación técnica y económica del efecto de subsoleo en producción de maíz para ensilaje**

**Hector David Carrera Montenegro  
Luis Derian Zambrano Parraga**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

Noviembre, 2020

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Evaluación técnica y económica del efecto de subsoleo en producción de maíz para ensilaje**

Proyecto especial de graduación como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por

**Luis Derian Zambrano Parraga  
Hector David Carrera Montenegro**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2020

# Evaluación técnica y económica del efecto de subsoleo en producción de maíz para ensilaje

Presentado por

Luis Derian Zambrano Parraga  
Hector David Carrera Montenegro

Aprobado:



[Angel Augusto Suazo R. \(Nov 18, 2020 05:52 CST\)](#)

---

Angel Augusto Suazo, M.A.E.  
Asesor Principal



---

Rogel Castillo, M. Sc  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria



[Gloria Gauggel \(Nov 18, 2020 06:41 CST\)](#)

---

Gloria E. Arévalo, Dra  
Asesora



---

Luis Fernando Osorio, Ph D.  
Vicepresidente y Decano Académico



---

José Adrián Ordoñez, Mtr.  
Asesor

## **Evaluación técnica y económica del efecto de subsolar en producción de maíz para ensilaje**

**Luis Derian Zambrano Parraga  
Hector David Carrera Montenegro**

**Resumen.** Subsolar es un proceso mecánico para roturar suelos compactos a profundidad sin voltearlo. El objetivo fue realizar una evaluación económica del efecto de subsolar en la producción de maíz para ensilaje, con cuatro tratamientos: subsolar de un área no pedregosa, subsolar de un área pedregosa y área no pedregosa y área pedregosa sin subsolar. El diseño fue en DCA con arreglo factorial, dos suelos  $\times$  dos formas de acondicionamiento mecánico (con y sin subsolador). Para el acondicionamiento del terreno se usó un subsolador vertical, espaciado 80 a 60 cm de profundidad y un pase de rastra liviana. Se evaluó el subsolar en calicatas de 80 cm de profundidad. La siembra se realizó sobre las líneas de subsolar a 20 cm entre plantas, con riego por goteo. Se cosechó al día 85 del establecimiento del cultivo y se determinó una disminución en la resistencia a la penetración del horizonte compactado de 1.2 kg/cm<sup>2</sup> en el suelo pedregoso sub-superficial y 0.2 kg/cm<sup>2</sup> en el no pedregoso al subsolar. Además, 8,000 kg/ha de forraje más al subsolar sobre 49,200 kg/ha al no hacerlo. Con los rendimientos obtenidos se realizó análisis financiero con proyección estimada de cinco años de efecto del subsolar del suelo y disminución del 20% de producción anual. Se determinó que el periodo de recuperación de la inversión es de 1.02 años, con una TIR de 81% y un VAN de US\$1,542, siendo el subsolar la mejor alternativa para obtener mayor ganancia en producción de ensilaje.

**Palabras clave.** Análisis financiero, análisis marginal, proyecciones financieras.

**Abstract.** Subsoiling is a mechanical process to break compact soils in depth without turning it over. The objective was to carry out an economic evaluation of the effect of subsoiling in the production of corn for silage, with four treatments: subsoiling of a non-stony area, subsoiling of a stony area vs non-stony area and stony area without subsoiling. The design was in DCA with a factorial arrangement of two soils  $\times$  two forms of mechanical conditioning (with and without subsoiler). For the conditioning of the land, a vertical subsoiler was used, spaced 80 cm to 60 cm deep and a light harrow pass. Subsoiling was evaluated in 80 cm deep pits. The sowing was carried out on the subsoiling lines at 20 cm between plants, with drip irrigation. It was harvested on day 85 of the establishment of the crop and a decrease in the resistance to penetration of the compacted horizon of 1.2 kg/cm<sup>2</sup> in the stony soil subsurface and 0.2 kg/cm<sup>2</sup> in the non-stony soil when subsolar was determined. In addition, 8,000 kg/ha of forage more when subsoiling over 49,200 kg/ha when not doing so. With the obtained yields, a financial analysis was carried out with an estimated five-year projection of the effect of unpacking the soil and a 20% decrease in annual production. It was determined that the investment recovery period is 1.02 years, with an IRR of 81% and a NPV of US\$1,542, with subsoiling being the best alternative to obtain a greater profit in silage production.

**Key words.** Financial analysis, financial projections, marginal analysis.

## ÍNDICE GENERAL

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>18</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción del perfil de suelo mediante una calicata de 80 cm de profundidad, para determinar el estado del suelo en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	3
2. Eficiencia de subsoleo en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	9
3. Descripción de las propiedades físicas, en el área pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	10
4. Descripción de las propiedades físicas en el área no pedregosa (lote #2) con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11
5. Descripción de las características del cultivo de maíz para ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11
6. Resultado del análisis bromatológico de la calidad del forraje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	12
7. Ingresos de venta de ensilaje en lote con subsoleo y sin subsoleo por hectárea.....	13
8. Descripción de los costos de producción de ensilaje de maíz en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	13
9. Descripción de la proyección financiera estimada para cinco años (L/ha) sin subsoleo para la producción de ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	14
10. Descripción de la proyección financiera estimada para cinco años (L/ha) con subsoleo para producción de ensilaje, en área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	14
11. Descripción de un análisis marginal con una proyección a cinco años (L/ha) considerando un doble ciclo de maíz y una disminución de 20% anual, sobre el rendimiento de maíz para ensilaje en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	15
12. Descripción de valores de indicadores de rentabilidad a partir de saldos en efectivo del análisis marginal.....	15

Figuras	Página
1. Descripción del ancho del subsoleo en el suelo mediante el distanciamiento de sus cinceles traslapados, en el área no pedregosa (lote #2), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras .....	4
2. Descripción de la profundidad del subsoleo y el efecto en el suelo, en el área no pedregosa (lote #2) de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras .....	4
3. Área del estudio, con subsoleo y sin subsoleo para la evaluación económica del efecto de subsoleo en producción de maíz para ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y área pedregosa (lote #7) de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	5

Anexos	Página
1. Proyección financiera comparativa sobre el flujo anual del rendimiento del cultivo de maíz para ensilaje con subsoleo y sin subsoleo.....	20
2. Comparación de los costos de producción de ensilaje de maíz para un lote con subsoleo y otro sin subsoleo respectivamente en una hectárea de terreno .....	20
3. Descripción de los vagones usados para el transporte y las cantidades de descargas de cada uno, en el área sin subsoleo .....	21
4. Descripción de los vagones usados para el transporte y las cantidades de descargas de cada uno, en el área con subsoleo .....	22

# 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es caracterizada por tener un costo de producción bajo, un ejemplo es el cultivo de maíz que es muy usado para el consumo animal en forma de ensilaje. El maíz tiene un alto valor nutritivo y económico y su producción depende en gran parte de la precipitación hídrica, nutrientes del suelo y condiciones climáticas, por lo que, cuando existe un desbalance en estas condiciones se genera un impacto con el rendimiento del grano (Martinez Turcios 2017).

El subsoleo tiene como finalidad romper las capas compactas de suelo para reducir el escurrimiento de agua, incrementar la infiltración de agua, promover aireación, estimular el crecimiento de raíces y el rebrote de plantas ya establecidas, así como promover el establecimiento de nuevas plántulas. El subsolador es un implemento que tiene como objetivo fragmentar el suelo para mejorar las condiciones de este, cuando ha sido abusado debido a la preparación que se le ha dado durante varios años y el uso de maquinaria agrícola sobre el mismo (Herrera 2017).

Realizar un subsolado genera beneficios para la estructura del suelo, mejorando aireación, absorción de nutrientes, percolación, infiltración de agua, disponibilidad de agua como lo demostró Galarza Brito (2011). Sin embargo, económicamente hablando, un subsolado es muy difícil que se pague en un solo año, ya que es una inversión para recuperar en el largo plazo. Generalmente, el manejo continuo del suelo de la manera tradicional provoca cambios profundos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, con efectos negativos en el rendimiento de los cultivos y en el ambiente. El volteado del suelo es necesario para controlar las malezas, permitir una mejor aireación del suelo, evitar la compactación y desarrollar un medio adecuado para el desarrollo de las raíces (Boada y Espinoza 2007).

La estructura del suelo debe estar equilibrada y en buenas condiciones, principalmente en los horizontes donde el cultivo se desarrolla. Debe existir un adecuado balance entre aire y agua, además de que el suelo debería ser capaz de eliminar excesos de humedad por percolación. Para que esto sea posible se debe contar con una estructura adecuada, que además permita el correcto desarrollo de las raíces del cultivo. Por esta razón al haber pie de arado se restringe la capacidad del suelo (Paliwal *et al.* 2001).

En abril de 2020 se describió un perfil de suelo en el Lote #2 y #7 de San Nicolás. Se encontró un horizonte masificado (pie de arado) a 15 centímetros de profundidad. El primer horizonte se encuentra alterado por la desagregación de la estructura, debido a los constantes pases de rastra, ya sea pesada o liviana, durante varios años. Este suelo es vulnerable a erosión y compactación, de acuerdo con el estudio de suelos realizado en este sitio. Para que los cultivos puedan explotar todo su potencial genético, el suelo debe estar en un estado óptimo para el desarrollo vegetal. Por lo tanto, el laboreo, con todos sus diferentes aspectos, es de particular importancia. (KWS 2020).

El terreno tiene un pie de arado por lo que se recomienda hacer un pase de subsolador para mejorar las condiciones del suelo y su estructura, ya que esta compactación hace que la calidad del suelo por debajo del pie de arado se encuentre deteriorada. El estudio se realizó con el fin de que, al mejorar las características del suelo en este caso, su estructura, este aumente el rendimiento en producción de materia fresca para ensilar. El ensilaje, es una técnica de conservación de forrajes, mediante un proceso de fermentación anaerobia controlada, se

mantiene estable la composición del material ensilado durante largo tiempo a través de la acidificación del medio (Valencia *et al.* 2011).

El realizar una evaluación económica es uno de los principales pilares para la implementación de un cultivo o de un negocio, la evaluación económica nos refleja que tan rentable y sostenible puede ser el proyecto a realizar definiendo así la realización del mismo. Además al realizar proyecciones, permite comprender el panorama en el cual se desarrollará el proyecto, y se tendrá una vista más amplia del mismo (Haydee 2011).

En la evaluación técnica y económica del efecto del subsoleo en producción de maíz para ensilaje, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de aplicar subsoleo en las características físicas del suelo y bromatológicas del cultivo.
- Definir el costo de producción y rentabilidad de subsolar para producir maíz para ensilaje.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS


### Localización

El estudio se realizó en el periodo entre abril y agosto de 2020, en la zona de San Nicolás 2 y San Nicolás 7 dentro de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicada en el Valle de Yeguaré, a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. A una altura promedio de 780 msnm con una temperatura y precipitación anual promedio de 24 °C y 1100 mm respectivamente.

### Descripción del suelo

Mediante la descripción de una calicata después del subsolado llevada a cabo por la Unidad de Suelos y Nutrición Vegetal, se realizó una recomendación de mecanización ya que de los 15 a los 33 centímetros se encuentra un horizonte masificado y compactado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción del perfil de suelo mediante una calicata de 80 cm de profundidad, para determinar el estado del suelo en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Calicata	Prof. <sup>¥</sup> (cm)	Nom <sup>¥</sup>	Descripción
	00-15	Ap	Estado de humedad: Seco, textura Franco Arenosa, con estructura suelta, degradada por continuos pases de rastra. Sin ninguna resistencia a la penetración: 0.0 kg/cm <sup>2</sup>
	15-33	Ad	Húmedo menos de capacidad de campo, color pardo oscuro, Textura Franco Arcillo arenosa, sin estructura, masivo, degradada por compactación, es un pie de arado. Resistencia a la penetración: muy alta > 4.5 kg/cm <sup>2</sup>
	33-52	C <sub>1</sub>	Estado de humedad: húmedo menos de capacidad de campo, color pardo amarillento oscuro, textura Franco Arenosa, estructura en bloques subangulares medios moderados. Abundantes poros gruesos y medios. Resistencia a la penetración: alta 3.8 a 4 kg/cm <sup>2</sup>
	52-67	Cr	Textura Franco Arenosa, abundantes > 90%) de fragmentos de roca porosa volcánica, redondeados desde 5 a 20 cm de diámetro. Es un lecho rocoso
	67-80X	2Cb	Húmedo menos de capacidad de campo, color pardo amarillento claro, textura Franco Arenosa con gravilla, estructura en bloques angulares gruesos débiles. Abundantes poros gruesos y medios. Resistencia a la penetración: media 2.5 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Unidad de Suelos y Nutrición Vegetal 2020.

<sup>¥</sup>Prof.= Profundidad; Nom. = Nomenclatura

### Subsoleo

Gracias a la descripción de suelo mediante la calicata, se aplicó un pase de rastra en 4.45 hectáreas a lo largo de todo este terreno, 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 (Figura 1), el subsoleo se realizó con una profundidad potencial de 60 cm (Figura 2) mientras que la profundidad real del subsolado fue de 53.5 cm, teniendo una eficiencia de penetración del 89%. El tractor con el subsolador, se desplazaron aproximadamente a una velocidad de 7 km/h.



Figura 1. Descripción del ancho del subsoleo en el suelo mediante el distanciamiento de sus cinceles traslapados, en el área no pedregosa (lote #2), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Figura 2. Descripción de la profundidad del subsoleo y el efecto en el suelo, en el área no pedregosa (lote #2), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

## Tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos, dos con subsolado y dos sin subsolado, para la preparación del terreno antes del establecimiento del cultivo en suelos pedregosos subsuperficialmente que, en adelante se nombrarán suelo pedregoso y en suelos sin presencia de fragmentos de roca que, en adelante se llamarán suelo no pedregoso (Figura 3).



Figura 3. Área del estudio, con subsolado y sin subsolado para la evaluación económica del efecto de subsolado en producción de maíz para ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7) de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

## Manejo del cultivo

Para el acondicionamiento del terreno se usó un subsolador vertical, espaciado 80 cm y a 60 cm de profundidad y un pase de rastra liviana. La siembra se realizó en hilera separadas a 80 cm sobre la línea donde se subsoló y siete plantas por metro lineal. La siembra se realizó mediante una sembradora neumática de precisión John Deere® 1035. Se instaló un sistema de riego por goteo para asegurar la germinación y posgerminación después de la siembra del cultivo.

La fertilización se dosificó mediante aporque, para facilitar las prácticas de manejo. La cosecha se llevó a cabo en el día 85 a partir del día de siembra, con una forrajera “Pecus duo” con un sistema de acople integral a doble hilera con un sistema de quiebra de granos.

## Variables del suelo

Se realizaron calicatas de entre 50 y 70 cm entre el 5 y el 7 de agosto por los Ingenieros Erick Gutiérrez y Edwar David Moncada de la unidad de suelos de la EAP Zamorano, describieron en 12 calicatas los horizontes y profundidad de cada uno, textura, color, estructura, resistencia a la penetración, poros, raíces y cantidad y tamaño de piedra o roca. La resistencia a la penetración se midió mediante un penetrómetro a 15, 25 y 40 cm, de acuerdo con los horizontes que presentaba el suelo en cada calicata. Se reportan los datos de profundidad de los horizontes,

resistencia a penetración del suelo, porosidad, cantidad y tamaño de raíces y presencia o no y cantidad de fragmentos de roca.

### **Evaluación de eficiencia de subsoleo**

Después del pase del subsolador se realizó una mini calicata en cada parcela las cuales tuvieron una profundidad de 80 cm en el área pedregosa y el área no pedregosa, para evaluar la calidad del subsoleo. Se evaluó la eficiencia de subsoleo para la cual se determinó el largo de cada cincel (60 cm), la profundidad a la que el cincel penetró el suelo y la profundidad de fractura entre los cinceles (Pf). La eficiencia de penetración del cincel (Ep) se calculó tomando en cuenta la profundidad real (Pr) alcanzada por cada cincel, dividida entre la profundidad potencial (Pp) dada por el largo del implemento, expresado en porcentaje (ecuación 1). Se midió la profundidad de fractura entre cinceles (Pf) y se dividió entre la profundidad real (Pr) para obtener la eficiencia de fractura (Ef), expresado en porcentaje (ecuación 2). La eficiencia de penetración (Ep) expresada en fracción decimal multiplicada por la eficiencia de fractura (Ef) da como producto la eficiencia neta (En) que se alcanzó en el terreno por la labor de subsolar, expresado en porcentaje (ecuación 3) (Arévalo y Gauggel 2019).

$$E_p = \frac{P_r}{P_p} \times 100 \quad [1]$$

$$E_f = \frac{P_f}{P_r} \times 100 \quad [2]$$

$$E_n = \frac{E_p \times E_f}{100} \quad [3]$$

### **Variables evaluadas del cultivo**

**Caracterización de la planta.** Se realizó el conteo del número de plantas por metro lineal. Se tomaron muestras de plantas por cada repetición de cada tratamiento durante la semana anterior a la cosecha. Las características que se midieron fueron:

- Altura de la planta
- Peso de la planta con mazorca
- Peso de la planta sin mazorca
- Peso de mazorca

### **Variables evaluadas de la calidad del forraje**

**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 Proteínica, 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.

**Cenizas.** Se evaluó el porcentaje de ceniza (sales minerales) la cual es obtenida de la incineración del material fresco del cultivo de maíz. Mediante una prueba hecha en laboratorio.

**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.

**Fibra cruda.** La fibra cruda está compuesta principalmente por carbohidratos estructurales como por ejemplo la celulosa y hemicelulosa, pero también contiene lignina, sin embargo, la fibra cruda no es utilizada por los monogástricos. Su método de análisis se basa en la extracción ácida y luego alcalina del material de la planta.

**Energía bruta.** La energía bruta (EB) se define como “la energía liberada en forma de calor cuando un alimento, heces o tejido animal se oxida completamente, quemando totalmente una muestra en una bomba calorimétrica” (Zamora 2006). Las zonas y condiciones de producción pueden modificar esas características, al igual que las variaciones en los procesos de transformación. En este sentido el maíz ofrece alternativas de mejora a partir de una mejor utilización de sus componentes estructurales y de un incremento en sus contenidos proteicos y lipídicos. Lo cual ayuda a la concentración de energía potencial.

**pH.** Es una medición del grado de acidez de la muestra de la planta en húmedo. Para obtener un ensilado estable y de una alta calidad se necesita un pH bajo, esto debido a que ayuda a crear un ambiente para esencialmente fermentar el forraje y con la disminución de oxígeno se previene el crecimiento de microbios de descomposición como clostridia, levaduras y mohos.

### **Variable de rendimiento**

**Materia fresca.** Se determinó el peso que tiene el maíz con toda el agua que este contiene, para así poder evaluar el tiempo de duración que este tendrá al momento de hacer el proceso de ensilaje. Mediante el uso de diferencia de pesos entre trocos vacíos y trocos llenos con ensilaje. Este procedimiento tomo lugar luego de cosecha.

### **Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial con interacción de dos factores: suelo y subsoleo, constó de cuatro tratamientos: subsolado de un área no pedregosa, subsolado de un área pedregosa, área no pedregosa sin subsolado, área pedregosa sin subsolado. Dentro de cada tratamiento se establecieron tres repeticiones por tratamiento, para un total de 12 parcelas con cuatro hileras cada una, las cuales tuvieron una longitud de tres metros como unidad experimental (UE). En la unidad experimental se tomaron 20 plantas en las hileras centrales, para luego seleccionar diez de estas plantas y analizarlas.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), mediante el modelo lineal aditivo para dos factores, para la separación de medias se utilizó LSD de Fisher, con un nivel de significancia ( $P \leq 0.05$ ), los resultados fueron analizados con el software estadístico, “InfoStat” versión 2020.

### **Análisis económico**

Se realizó un análisis económico, mediante un análisis marginal del saldo en efectivo (Duarte 2007), comparando los ingresos y costos del área bajo subsoleo con los ingresos y costos del

área sin subsoleo. Se utilizaron valores promediados por periodo de cosecha de ensilaje, llevados a una proyección de cinco años, asumiendo una disminución del 20% anual sobre el incremento del rendimiento hasta llegar al mismo rendimiento que el área no subsolada. Los costos operativos se analizaron por hectárea, de acuerdo con los gastos llevados a cabo durante el periodo de producción del cultivo los cuales incluyen la preparación de suelo, la siembra, el mantenimiento del cultivo, el riego de alivio que consiste en usarlo en temporada de verano para una buena germinación y la cosecha del cultivo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Eficiencia de subsoleo

En el lote #2 (área no pedregosa), la eficiencia neta del subsoleo fue de 50% y en el lote #7 (área con pedregosidad subsuperficial) la eficiencia fue de 66.5% (Cuadro 2), en ambos casos es menor al 70%. Se considera que un subsoleo es óptimo cuando su eficiencia neta es mayor o igual a 70% (Arévalo y Gauggel 2019). Sin embargo, el efecto de éste subsolado se discutirá basado en el resultado de producción del cultivo.

Cuadro 2. Eficiencia de subsoleo en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Lote	Profundidad (cm)		Eficiencia (%)		
	Cinceles	Fractura	Penetración	Fractura	Neta
2	58.0	30	96.6	51.7	50.0
7	53.5	40	89.1	74.7	66.5

#### Efecto del subsoleo en las propiedades físicas del suelo

La comparación del perfil del suelo pedregoso sin subsolar con el área subsolada muestra que en el área sin subsolar se encuentra un horizonte compactado a partir de los 19 y 18 cm en el área subsolada. El perfil en este suelo pedregoso se encuentra compactado, a partir de los 35 cm en el área subsolada y 42 cm en el área no subsolada, en ambos casos con resistencia a la penetración mayores a  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ . En el primer horizonte, la resistencia a la penetración (RP) fue de  $1.2 \text{ kg/cm}^2$  en los primeros 18 cm en el área subsolada, mientras que en los primeros 19 cm del área no subsolada fue de  $0.8 \text{ kg/cm}^2$ . En el segundo horizonte, en el área subsolada entre los 18 y 35 cm la (RP) fue de  $3.1 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que en el área no subsolada la (RP) fue de  $4.3 \text{ kg/cm}^2$ , entre los 19 y 42 cm denotando una menor (RP) en el área subsolada. En la porosidad y contenido de raíces del suelo, no se denota diferencia a favor del subsoleo, sin embargo, de acuerdo con la descripción del perfil de propiedades físicas del suelo es adecuada para el desarrollo normal del cultivo de maíz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de las propiedades físicas, en el área pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Laboreo	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (kg/cm <sup>2</sup> )	Poros <sup>¥</sup>	Raíces <sup>¥</sup>	Piedra/Roca
Con subsoleo	00-18	1.2	Mf f t m	mf g m	Ausentes
	18-35	3.1	mf m t m	mf g m	Cascajo
	35-65x	>4.5	mf f m	mf f	Guijarro
Sin subsoleo	00-19	0.8	mf f t m	mf g m	Ausentes
	19-42	4.3	mf m t m	mf g m	Cascajo
	42-68x	>4.5	mf f m	f p	Guijarro

<sup>¥</sup>Poros: 1) Tamaño: mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, tt: todos tamaños.

2) Forma: t: tubular, r: reticular. 3) Cantidad: p: pocos, f: frecuentes, m: muchos.

<sup>¥</sup>Raíces: 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes.

2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños.

La comparación del perfil del suelo no pedregoso, muestran que en el área sin subsolar se encuentra un horizonte con mayor resistencia a la penetración a partir de los 17 y 15 cm en el área subsolada. El perfil en este suelo se encuentra compactado, a partir de los 35 cm en el área subsolada y 37 cm en el área no subsolada, en ambos casos con resistencia a la penetración mayores a 4.5 kg/cm<sup>2</sup>. En el primer horizonte la resistencia a la penetración (RP) fue de 1.9 kg/cm<sup>2</sup> en los primeros 15 cm en el área subsolada, mientras que en los primeros 17 cm del área no subsolada fue de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>. En el segundo horizonte en el área subsolada entre los 15 y 35 cm la (RP) fue de 3.8 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en el área no subsolada la (RP) fue de 4.0 kg/cm<sup>2</sup>, entre los 17 y 37 cm. En la porosidad y contenido de raíces del suelo, no se denota diferencia a favor del subsoleo, sin embargo, de acuerdo con la descripción del perfil de propiedades físicas del suelo es adecuada para el desarrollo normal del cultivo de maíz (Cuadro 4).

En ambos suelos en el momento del subsoleo, la resistencia a la penetración en el primer horizonte es más alta cuando se ha subsolado (1.2 kg/cm<sup>2</sup> en suelo pedregoso y 1.9 kg/cm<sup>2</sup> en el no pedregoso), respecto a cuándo no se realiza el subsoleo (0.8 kg/cm<sup>2</sup> en suelo pedregoso y 0.9 kg/cm<sup>2</sup> en el no pedregoso) (Cuadros 3 y 4). Se debe a que una vez se realiza el subsoleo, al pasar la rastra liviana, logra penetrar más que cuando se encuentra el horizonte compactado en el suelo donde no se ha subsolado.

Cuadro 4. Descripción de las propiedades físicas en el área no pedregosa (lote #2) con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Laboreo	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (kg/cm <sup>2</sup> )			
		Poros <sup>¥</sup>	Raíces <sup>¥</sup>	Piedra/Roca	
Con subsoleo	0-15	1.9	mf f t m	mf g m	Ausentes
	15-35	3.8	mf f t m	mf m	Ausentes
	35-54	>4.5	mf f t m	mf f	Ausentes
	54-70x	>4.5	mf f t f	Ausentes	Piedra
Sin subsoleo	0-17	0.9	mf f t m	mf g m	Ausentes
	17-37	4.0	mf f t m	mf m	Ausentes
	37-51	>4.5	mf f m	mf f p	Ausentes
	51-70x	>4.5	mf f m	Ausentes	Piedra

<sup>¥</sup>Poros: 1) Tamaño: mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, tt: todos tamaños.

2) Forma: t: tubular, r: reticular.

3) Cantidad: p: pocos, f: frecuentes, m: muchos.

<sup>¥</sup>Raíces: 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes.

2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños.

### Efecto del subsoleo en las características del cultivo de maíz para ensilaje

De acuerdo con el análisis llevado a cabo de las muestras se encontraron los promedios de diferentes variables como altura de la planta, peso de la planta con mazorca, peso de la planta sin mazorca y peso de mazorca, no se encontraron diferencias entre los tratamientos bajo subsoleo o no en ningún tipo de suelo ( $P > 0.05$ ), por lo que no se puede demostrar el aporte positivo del subsoleo para las características de la planta (Cuadro 5). De acuerdo con los datos de Alvarado Argueta y López Wundram (2015) tampoco encontraron diferencias significativas en las variables altura de la planta, peso de la planta con mazorca y peso de la planta sin mazorca, entre área subsolada y área no subsolada.

Cuadro 5. Descripción de las características del cultivo de maíz para ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamiento		Altura (cm)	Peso Mazorca (g)	g/planta	
Suelo	Subsoleo			Con Mazorca	Sin Mazorca
Pedregoso	No	287	276	923	650
Pedregoso	Si	284	258	801	623
No Pedregoso	No	272	225	766	540
No Pedregoso	Si	279	228	694	481
R <sup>2</sup>		0.19	0.25	0.38	0.44
C.V.		0.88	3.40	2.50	2.66
Tipo de suelo		0.2586 ns	0.1643 ns	0.1266 ns	0.0614 ns
Subsoleo		0.8537 ns	0.7002 ns	0.1992 ns	0.3627 ns
Tipo de suelo × subsoleo		0.5759 ns	0.7555 ns	0.8135 ns	0.7352 ns

### Efecto del subsoleo sobre la calidad del cultivo de maíz para ensilaje

A partir de los análisis de laboratorio, se encontraron diferencias significativas en la variable cenizas, con una disminución en el porcentaje en el área bajo subsoleo. En cuanto a la variable proteína, hubo un incremento a favor del lote no subsolado presentando diferencias significativas, esta diferencia no es a favor del lote subsolado aun así los valores son aceptable. En el caso de las variables de carbohidratos y pH se encontró un aumento en el porcentaje a favor del subsoleo, presentando diferencias significativas.

Cabe recalcar que las diferencias significativas se encuentran a favor del factor subsoleo, mientras que para el factor tipo de suelo o para la interacción de ambos no se encuentran diferencias significativas. El subsoleo posee un efecto directo sobre los valores bromatológicos independientemente del tipo de suelo en el cual se encuentre (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultado del análisis bromatológico de la calidad del forraje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamiento		Cenizas %	Proteína %	Carbohidratos %	pH
Suelo	Subsoleo				
Pedregoso	No	3.81 a	8.08 a	56.6 a	4.19 a
Pedregoso	Si	3.50 b	7.47 b	59.2 b	5.80 b
No Pedregoso	No	4.00 a	8.40 a	57.2 a	4.12 a
No Pedregoso	Si	3.60 b	8.00 b	58.9 b	5.66 b
R <sup>2</sup>		0.86	0.59	0.76	0.96
C.V.		2.13	2.15	0.38	2.27
Tipo de suelo		0.046 ns	0.075 ns	0.737 ns	0.38 ns
Subsoleo		0.001 **	0.029 *	0.001 **	0.001**
Tipo de suelo × subsoleo		0.295 ns	0.70 ns	0.41 ns	0.80 ns

‡. Medias con letras común no presenta diferencias mínimas significativas ( $P > 0.05$ ).

\*. Diferencia significativa, \*\* alta diferencia significativa.

En el Cuadro 7, se presentan los supuestos ingresos de venta de ensilaje en el que se observa una producción por hectárea de 57,840 kg que generó un total de ventas de HNL 115,673.71 en el área con subsoleo. En el área sin subsoleo, se obtuvo una producción promedio de 49,120 kg por hectárea generando un total de ventas de HNL 98,233.74, valores que serán reflejados en las proyecciones financieras o flujos de caja. Los rendimientos obtenidos para el área subsolada y no subsolada fueron medidos mediante el pesaje de los vagones en cada una de las áreas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ingresos de venta de ensilaje en lote con subsoleo y sin subsoleo por hectárea.

Área	Producción promedio/ha (kg)	Producción promedio/ha (t)	Ventas Totales (HNL)
Con Subsoleo	57,836.85	57.84	115,673.71
Sin subsoleo	49,116.87	49.12	98,233.74

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

Precio de venta: HNL 2000 por tonelada de ensilaje.

### **Análisis económico del efecto del subsoleo sobre el rendimiento del cultivo de maíz para ensilaje**

Mediante un análisis financiero donde se evaluó el área total subsolada y no subsolada, se pudo determinar que con el subsoleo la inversión inicial es mayor (aumento en los costos de operación en el primer año) (cuadro 8), no obstante, esta se convertirá en ganancias futuras producto de los altos beneficios que conlleva (mayor rendimiento del maíz). En el primer año los rendimientos decaen en un 20%, no obstante, el saldo es positivo cada año debido a que los costos siguen siendo menores que los ingresos y el costo de operación se mantiene igual en ambos escenarios (subsoleo y no subsoleo). El rendimiento para el tratamiento con subsoleo se mantiene por encima que el tratamiento sin subsoleo durante todos los 5 años luego de aplicada esta práctica. De acuerdo con la proyección financiera de 5 años, se estima que el lote no subsolado tendrá un saldo en efectivo promedio anual de HNL 107,160, al no tener efecto del subsoleo (Cuadro 9).

Cuadro 8. Descripción de los costos de producción de ensilaje de maíz en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Costo/actividad/hectárea (con subsoleo)	Subsoleo (HNL)	No Subsoleo (HNL)
Preparación de suelo	10,347	4,066
Siembra	8,421	8,421
Mantenimiento Cultivo	7,197	7,197
Cosecha de Cultivo	17,018	17,693
Riego de Alivio	7,276	7,276
Costo por tonelada	869	909
Costo por hectárea	50,259	44,653

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

Cuadro 9. Descripción de la proyección financiera estimada para cinco años (HNL/ha) sin subsoleo para la producción de ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ingresos					
a) Ventas totales	196,467	196,467	196,467	196,467	196,467
b) Préstamo solicitado					
Total de Ingresos	196,467	196,467	196,467	196,46	196,467
Egresos					
a) Inversión					
b) Gastos de operación	89,306	89,306	89,306	89,306	89,306
Total de Egresos	89,306	89,306	89,306	89,306	89,306
Saldo en efectivo	107,160	107,160	107,160	107,160	107,160

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

De acuerdo con los datos obtenidos, se encuentra un incremento de la producción y también del saldo en efectivo para los años en los cuales aún tiene efecto el subsoleo, aunque este se estima que tendrá un decrecimiento en el rendimiento de un 20% anual. El saldo en efectivo mínimo de la producción bajo subsoleo se da en el año 5 y este es de un valor de 114,136 L (Cuadro 10), es decir, aún es mayor que el saldo promedio anual del lote de producción no subsolado. De acuerdo con Galarza Brito (2011) al igual que este estudio, encontró que el rendimiento de la producción de maíz es mayor cuando se usa el subsoleo respecto a cuando no se utiliza.

Cuadro 10. Descripción de la proyección financiera estimada para cinco años (HNL/ha) con subsoleo para producción de ensilaje, en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ingresos					
a) Ventas totales	231,347	224,371	217,395	210,419	203,443
b) Préstamo solicitado	30,000				
Total de Ingresos	261,347	224,371	217,395	210,419	203,443
Egresos					
a) Inversión	30,000				
b) Gastos de operación	94,913	89,306	89,306	89,306	89,306
Total de Egresos	124,913	89,306	89,306	89,306	89,306
Saldo en efectivo	136,434	135,064	128,088	121,112	114,136

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

El análisis marginal de los ingresos y egresos anuales de ambos lotes de producción con subsoleo y sin subsoleo, dio como resultados saldos a favor del lote bajo subsoleo, para cada año, se obtienen ventas totales mayores en el caso del subsoleo, por lo cual se generan valores positivos anualmente, mientras que los costos de operación solo son mayores en el caso de

subsoleo, en el primer año, que es el año cuando se realiza la práctica del subsoleo, mientras que para los años posteriores el valor es el mismo en ambos casos, ya que las prácticas llevadas a cabo son las mismas, y al no tener mayores costos y si tener mayor rendimiento, genera una buena rentabilidad (Cuadro 11).

Cuadro 11. Descripción de un análisis marginal con una proyección a cinco años (HNL/ha) considerando un doble ciclo de maíz y una disminución de 20% anual, sobre el rendimiento de maíz para ensilaje en el área no pedregosa (lote #2) y pedregosa (lote #7), con subsoleo y sin subsoleo, de la Zona San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ingresos					
a) Ventas totales	34,880	27,904	20,928	13,952	6,976
b) Préstamo solicitado	30,000				
Total de Ingresos	64,880	27,904	20,928	13,952	6,976
Egresos					
a) Inversión	30,000				
b) Gastos de operación	5,607				
Total de Egresos	35,607				
Saldo en efectivo	29,273	27,904	20,928	13,952	6,976

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

Por último se obtuvieron los indicadores de rentabilidad, los cuales se obtuvieron a partir de los saldos en efectivo del análisis marginal. El valor actual neto (VAN) fue de HNL 37,858.89 y una tasa interna de retorno TIR del 81%. La rentabilidad del proyecto bajo el sistema de subsoleo es buena, ya que de acuerdo con el VAN se obtiene valores mayores a la inversión, mientras que el TIR al ser mayor a una tasa de descuento utilizada la cual es del 14% también nos indica que se tiene un proyecto muy rentable (Cuadro 12).

Cuadro 12. Descripción de valores de indicadores de rentabilidad a partir de saldos en efectivo del análisis marginal.

Indicadores	Valores
Valor Actual Neto (VAN) 14%	HNL 37,858.89
Tasa Interna de Retorno (TIR)	81%
Periodo de recuperación (año)	1.02

Tasa de Cambio: HNL/US\$ 24.55

## 4. CONCLUSIONES

- Romper el pie de arado mediante subsolador aumenta la producción, independiente del tipo de suelo y de acuerdo con el análisis financiero, genera una mayor ganancia.
- La implementación del subsoleo mejoró la resistencia a la penetración del horizonte subsuperficial del suelo que se encontraba compactado, además mejoró características como cenizas, carbohidratos y pH del forraje y el rendimiento total.
- Se determinó que la inversión de subsolar tiene un periodo de recuperación de 1.02 años, con una TIR de 81% y un VAN de HNL 37,859 siendo el subsoleo la mejor alternativa para tener mayor ganancia en producción de ensilaje al producir dos ciclos anuales.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se debe tomar en cuenta el efecto que tiene el subsoleo en los diferentes cultivos de rotación, ya que en el momento de realizar el subsoleo se mejora las características del suelo.
- Dar seguimiento en los años siguientes para establecer una línea de tiempo, en el cual el subsoleo sea un método de mecanización antes de establecer un lote de producción.
- Evaluar el efecto que tiene el subsoleo a lo largo de los cinco años para establecer si su efecto perdura en relación con rompimiento del pie de arado y la efectividad nutricional de cada cultivo próximo a establecer.
- Se recomienda que para evitar generar de nuevo el pie de arado empezar a implementar labranza cero o labranza mínima después de subsolar, ya que es un método en el cual no se afecta el suelo en su estructura y un suelo con buena estructura es más productivo que un suelo compactado.

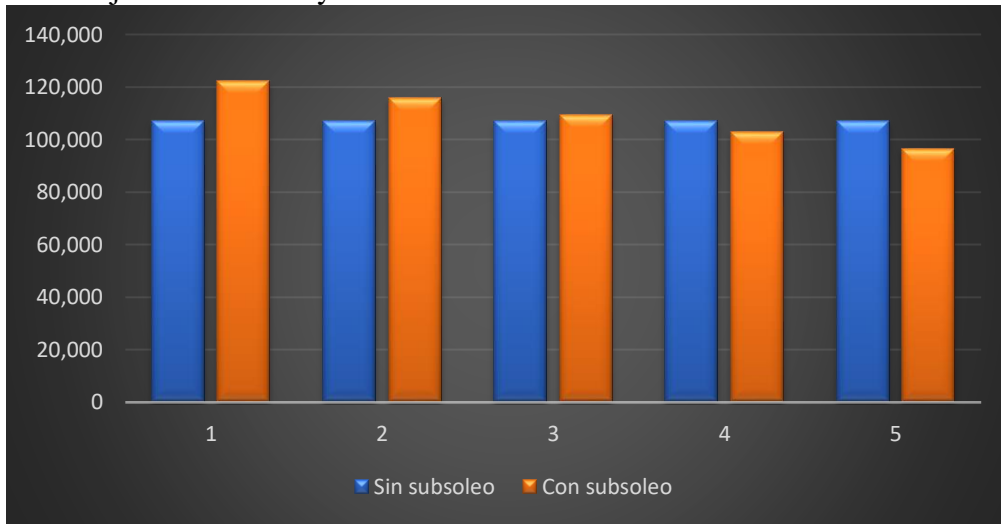
## 6. LITERATURA CITADA

- Alvarado Argueta CJ, López Wundram ME. 2015. Evaluación del subsoleo y aplicación de cal en el cultivo de maíz en zamorano, Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 21 de sep. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream>
- Arévalo G, Gauggel C. 2019. Manual de prácticas de laboratorio. Curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. 2da Edición. LITOCOM p 26.
- Boada R, Espinoza J. 2016. Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. Siembra. [consultado el 12 de sep. De 2020]; 3(1): 67-82. ISSN: 1390-8928. <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/download/262/252/>
- Duarte T, 2007. Análisis Económico de Proyectos de Inversión. Scientia Et Technica. [consultado el 12 de sep. De 2020]; 13(35): 333-338. ISSN 0122-1701. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903558.pdf>
- Galarza Brito P. 2011. Efecto del subsoleo y cultivo de cobertura (Dolichos lablab) en las propiedades físicas del suelo y producción de maíz cv 30F32WHR. Zamorano, Honduras. 23 p; [consultado el 7 de agosto de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/345/1/T3097.pdf>  
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/345>
- Haydee B. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. ISSN: 1856-6189. Volumen 8 Edición No 1 – Año 2011 [consultado el 12 de sep. De 2020]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3706330>
- 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]. Universidad autónoma de Chiapas-México. 83 p. [consultado el 10 de septiembre de 2020]. <http://148.222.11.200/jspui/bitstream/123456789/3104/1/RIBC149036.pdf>
- Balzarini MG, Gonzalez LA, Tablada EM, Casanoves F, Rienzo JA, Robledo CW, Wood S. 2008. InfoStat, versión 2008, Manual del Usuario. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina; editorial bruja argentina.
- KWS, Klein Wanzleben. 2020. Laboreo en el cultivo del maíz. [internet]. Chile. [consultado el 8 de septiembre de 2020] <https://www.kws.com/cl/es/asesoramiento/siembra/laboreo/maiz/>
- Martinez Turcios DA. 2017. Evaluación nutricional del ensilaje de maíz cosechado en cuatro etapas fenológicas elaborado con tres calibres de picado. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano-Honduras. 21 p. [Consultado 8 de septiembre de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6111/1/CPA-2017-066.pdf>
- Paliwal R, Granados R, Graffite R, Violic A. 2001. El Maíz en los Trópicos, Mejoramiento y Producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal. 1era Edición. Roma.
- Valencia A, Hernández A, López L. 2011. El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. 24(2). <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje/>

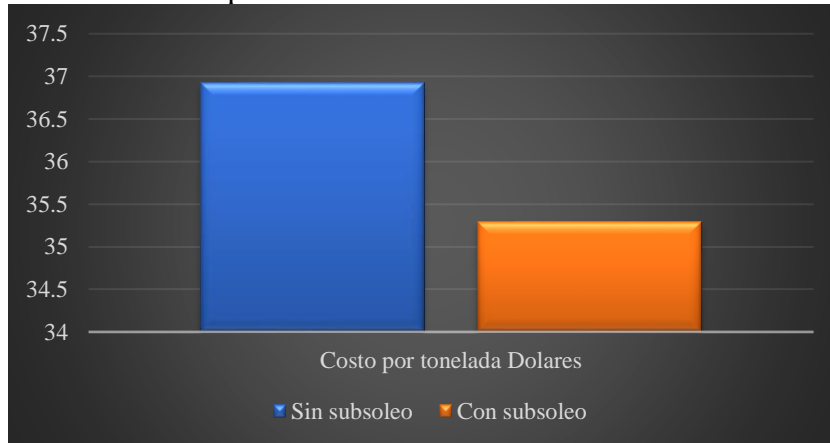
Zamora N J. 2006. Determinación de la energía metabolizable verdadera de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la alimentación de aves. [Tesis]. Universidad de San Carlos-Guatemala. 20p. [consultado el 24 de septiembre de 2020]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4041/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Nancy%20Jeannette%20Zamora%20Zamora.pdf>

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Proyección financiera comparativa sobre el flujo anual del rendimiento del cultivo de maíz para ensilaje con subsoleo y sin subsoleo.



**Anexo 2.** Comparación de los costos de producción de ensilaje de maíz para un lote con subsoleo y otro sin subsoleo respectivamente en una hectárea de terreno.



**Anexo 3.** Descripción de los vagones usados para el transporte y las cantidades de descargas de cada uno, en el área sin subsoleo.

<b>Fecha</b>	<b>Lote</b>	<b>Numero de vagón</b>	<b>Peso neto promedio</b>	<b>Cantidad de descargas</b>	<b>Total descargado</b>
31/07/2020	2 y 7	4	3,820	6	22,920
	2 y 7	1	3,610	3	10,830
	2 y 7	3	3,810	6	22,860
	2 y 7	0	3,520	4	14,080
	2 y 7	2	3,470	6	20,820
01/08/2020	2 y 7	0	3,330	7	23,310
	2 y 7	1	3,300	7	23,100
	2 y 7	2	3,430	7	24,010
	2 y 7	4	3,360	7	23,520
	2 y 7	3	3,310	6	19,860
02/08/2020	2 y 7	0	3,390	4	13,560
	2 y 7	1	3,400	4	13,600
	2 y 7	3	3,070	2	6,140
	2 y 7	4	3,480	4	13,920
	2 y 7	2	3,050	2	6,100
03/08/2020	2 y 7	0	3,330	12	39,960
	2 y 7	3	3,600	7	25,200
	2 y 7	4	3,360	12	40,320
	2 y 7	1	3,480	4	13,920
	2 y 7	2	3,120	10	31,200
04/08/2020	2 y 7	0	3,130	4	12,520
	2 y 7	1	3,120	7	21,840
	2 y 7	4	2,960	9	26,640
	2 y 7	3	3,180	4	12,720
	2 y 7	2	2,940	9	26,460
07/08/2020	2 y 7	2	4,140	2	8,280
	2 y 7	3	3,440	1	3,440
				<b>TOTAL</b>	<b>521,130</b>

**Anexo 4.** Descripción de los vagones usados para el transporte y las cantidades de descargas de cada uno, en el área con subsoleo.

<b>Fecha</b>	<b>Lote</b>	<b>Numero de vagón</b>	<b>Peso neto promedio</b>	<b>Cantidad de descargas</b>	<b>Total descargado</b>
28/07/202					
0	2 y 7	3	4,410	2	8,820
	2 y 7	1	3,970	2	7,940
	2 y 7	0	4,100	2	8,200
	2 y 7	4	4,300	2	8,600
	2 y 7	2	3,940	2	7,880
29/07/202					
0	2 y 7	4	3,970	7	27,790
	2 y 7	3	4,140	3	12,420
	2 y 7	0	4,100	4	16,400
	2 y 7	2	3,950	4	15,800
	2 y 7	1	3,960	1	3,960
30/07/202					
0	2 y 7	1	3,644	11	40,084
	2 y 7	4	3,350	10	33,500
	2 y 7	2	3,470	7	24,290
	2 y 7	0	3,790	11	41,690
				<b>TOTAL</b>	<b>257,374</b>