

# **Evaluación del subsoleo y aplicación de cal en el cultivo de maíz en Zamorano, Honduras**

**Carlos Javier Alvarado Argueta  
Marcos Eckbert López Wundram**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Evaluación del subsoleo y aplicación de cal en el cultivo de maíz en Zamorano, Honduras**

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

Presentado por

**Carlos Javier Alvarado Argueta**  
**Marcos Eckbert López Wundram**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2015

# **Evaluación del subsoleo y aplicación de cal en el cultivo de maíz en Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Carlos Javier Alvarado Argueta  
Marcos Eckbert López Wundram

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, Dra.  
Asesor principal

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Francisco Álvarez, M.Sc.  
Asesor

## **Evaluación del subsoleo y aplicación de cal en el cultivo de maíz en Zamorano, Honduras.**

**Carlos Javier Alvarado Argueta, Marcos Eckbert Lopez Wundram.**

**Resumen.** La compactación es la segunda causa de degradación de los suelos. El subsolador se utiliza para fracturar capas compactadas y recuperar los suelos, es la mejor opción para implementar un manejo de suelos en producción. Los objetivos fueron evaluar el efecto del subsoleo y la aplicación de cal en el cultivo de maíz, determinar eficiencia y efecto del subsoleo en la resistencia a la penetración. El estudio fue realizado en la finca San Nicolás, lote Tobiatá, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se evaluó la eficiencia de subsoleo y la resistencia a la penetración. Las variables agronómicas medidas fueron: Altura y grosor de las líneas hembra y macho. Tratamientos: subsoleo (0, 2 y 3) pases por cal (1, 3 y 5 t/ha). Se analizaron plantas de maíz en los estadios vegetativos V10 y VT. La eficiencia neta del subsoleo con dos pases fue de: 52.5%, y con tres pases de 63.2%. El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar (BCA), con separación de medias por Duncan con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . El uso del subsolador tuvo un efecto significativo, en altura de línea hembra y línea macho en el estadio V10, en VT tuvo efecto significativo en altura de líneas hembras. El uso del subsolador tuvo efecto positivo en altura de la línea hembra. La aplicación de cal combinado con subsolado fue efectiva. El subsolador no alcanzó la eficiencia neta. El subsolador mejoró la resistencia a la penetración.

**Palabras clave:** Compactación, estadios vegetativos, subsolador.

**Abstract:** Compaction is the second cause of degradation. The knifing is used to break compacted layers and recovery of soils, is the best option to implement a land in production. The objectives were to evaluate the effect of subsoiling and liming on maize, efficiency and determine the effect of ripping penetration resistance. The study was conducted at the San Nicolás farm, batch Tobiatá. The experimental design was randomized complete blocks of the Pan-American agricultural school, Zamorano. Ripping efficiency and penetration resistance was evaluated. Treatments: Ripping (0, 2 and 3) passes for lime (1, 3 and 5 t / ha). Corn plants were analyzed in the vegetative stage V10 and VT. Net efficiency with two passes was: 52.5, and with three passes was: 63.2%. The knifing had a significant effect in height female and male line V10 line in the stadium, had a significant effect VT in height of female lines. The knifing had a positive effect on the female line height. The application of the combination of lime with subsoiling was effective. The knifing did not reach the net efficiency. The subsoiler reduced penetration resistance.

**Key words:** Compaction, subsoiler, vegetative stages.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Datos climatológicos de los meses en que se realizó el estudio, estación climatológica Zamorano. ....	9
2.	Tratamientos aplicados en la finca San Nicolás, lote Tobiata, Zamorano.....	10
3.	Eficiencia del subsolado, lote Tobiata, finca San Nicolas, E.A.P, Zamorano, Honduras. ....	12
4.	Resistencia a la penetración por horizonte, por efecto del subsoleo en suelos del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras. ....	13
5.	Altura de la planta y grosor del tallo de las líneas híbridas de maíz, en el estadio vegetativo V10, por el efecto de la aplicación de subsoleo y cal en el lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras. ....	14
6.	Altura de la planta y grosor del tallo de las líneas híbridas de maíz, en el estadio vegetativo VT, por el efecto de la aplicación de subsoleo y cal. En el lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras. ....	15
7.	Producción de Biomasa en diferentes órganos por efecto del subsolado y aplicación de cal. En el lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.....	16
Figuras		Página
1.	Ubicación del área de aplicación de subsoleo, lote Tobiata, finca San Nicolas E.A.P., Zamorano, Honduras.....	3
2.	Ubicación de calicatas para el diagnóstico de la necesidad del uso del subsolador, lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras. ....	4
3.	Orientación y distribución de los pases del subsolador, en el área experimental del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano. ....	5
4.	Dirección de los pases de subsolado en el área experimental del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano. ....	6
5.	Parámetros para la evaluación de la eficiencia del subsoleo. ....	7
6.	Mapa de distribución de las calicatas para evaluar eficiencia del subsoleo, en el área de investigación del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano. ....	8
7.	Distribución de los tratamientos de subsoleo y cal en la finca San Nicolás, lote Tobiata, E.A.P, Zamorano, Honduras. ....	11

Anexos	Página
8. Calicatas de los perfiles de suelo descritos, en el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras .....	20

## 1. INTRODUCCIÓN

Los suelos son la base para la producción mundial de alimentos ya que proveen los nutrientes y las condiciones necesarias a las plantas para su crecimiento y producción. Sin embargo, no se presta la suficiente atención a mantener y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos esto con la finalidad de no degradar este valioso recurso. El suelo no solo constituye la base para la producción de alimentos, combustibles, fibras y productos médicos sino que también son importantes en los ecosistemas, teniendo funciones esenciales como el ciclo de carbono, almacén y filtración del agua (FAO 2014).

Los suelos degradados son ahora reconocidos como una condición crítica para los procesos físicos, químicos y biológicos que se llevan a cabo en ellos. La productividad de los cultivos sufre un severo declive, resultado de un inadecuado manejo, donde particularmente destaca el uso de la maquinaria agrícola de forma incorrecta y los sistemas de pastoreo animal, obteniendo resultados como: Severa compactación y pérdida de la fertilidad del suelo. La utilización de maquinaria pesada es necesaria para realizar diversas labores en los cultivos, pero debido a su estructura de acero y peso crean compactación en el primero horizonte, generalmente de 0-30 cm de profundidad (Soane, y Ouwerkerk 1994).

Los suelos pueden estar muy compactados en áreas donde ha sido utilizada maquinaria pesada o simplemente porque las condiciones del suelo no son las adecuadas. Las capas u horizontes del suelo que se compactan, restringen el movimiento del agua, aire y el crecimiento y desarrollo de las raíces, reduciendo por ende el crecimiento de las plantas, árboles o cualquier tipo de cultivo que crezca en este suelo. Los horizontes compactados pueden desarrollarse desde los 30 a 55 centímetros por debajo de la superficie; por esta misma razón se requiere equipo especial para su rompimiento. El subsolador es utilizado para fracturar capas compactadas y así poder mejorar la estructura y aireación del suelo, y crecimiento de las raíces para tener un crecimiento natural de las plantas (Kees 2008).

La compactación del suelo, debida al colapso o disminución de los espacios porosos, es la causa más común de la restricción física del crecimiento y desarrollo de las raíces (FAO 2014). La compactación del subsuelo a más de 40 centímetros de profundidad es, causada por la utilización de equipos muy pesados, tales como cosechadoras y camiones cargados cuando el suelo está húmedo. A esta profundidad la utilización de subsoladores comunes sin el tractor con la potencia requerida, es difícil y costoso debido a las necesidades muy altas de potencia del tractor (FAO 2012).

El objetivo de subsolar de manera adecuada es descompactar el suelo, vertical y horizontalmente, para restaurar la porosidad del suelo y la permeabilidad, así como la

capacidad de infiltración, para reducir erosión por escorrentía. Esta técnica de rehabilitación ha sido considerada como la mejor práctica de manejo de suelos degradados por compactación, a través de los estudios realizados con este implemento de maquinaria agrícola. Entonces, si se mejora la permeabilidad del suelo, la porosidad y el drenaje natural, la productividad puede aumentar. Tres pases de subsoleo han sido determinados como la mejor opción para suelos fuertemente compactados, sin embargo, la práctica no es recomendada para estructuras protectoras de cultivos, donde se dificulta el uso del tractor y por ende del implemento (Lacey 2008).

El uso apropiado de la cal agrícola protege el ambiente, incrementa la eficiencia de los nutrientes y de los fertilizantes, mejora la efectividad de algunos herbicidas y aumenta las utilidades del cultivo. El exceso de acidez es uno de los principales problemas para la obtención de altos rendimientos y productividad de los suelos a largo plazo. Los beneficios de un programa confiable de encalado son los siguientes: La cal agrícola mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, mejora la fijación simbiótica del Nitrógeno (N) en las leguminosas, influye en la disponibilidad de nutrientes para la planta y reduce la toxicidad de algunos elementos minerales. Además de aportar Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y otros nutrientes minerales (Lazcano 2005).

Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto del subsoleo y la aplicación de cal en el cultivo de maíz, determinar eficiencia y efecto del subsoleo y la resistencia a la penetración.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca San Nicolás en el lote Tobiata, en una parcela experimental de 4096 m<sup>2</sup> en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, a 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras (Figura 1), la cual se encuentra en una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio de 23 C°, humedad relativa de 55% precipitación promedio de 1197 mm y radiación solar de 281 Watt/m<sup>2</sup>, utilizando datos de cinco años (2009 - 2014) de la estación climatológica de Zamorano, ubicada en la institución.

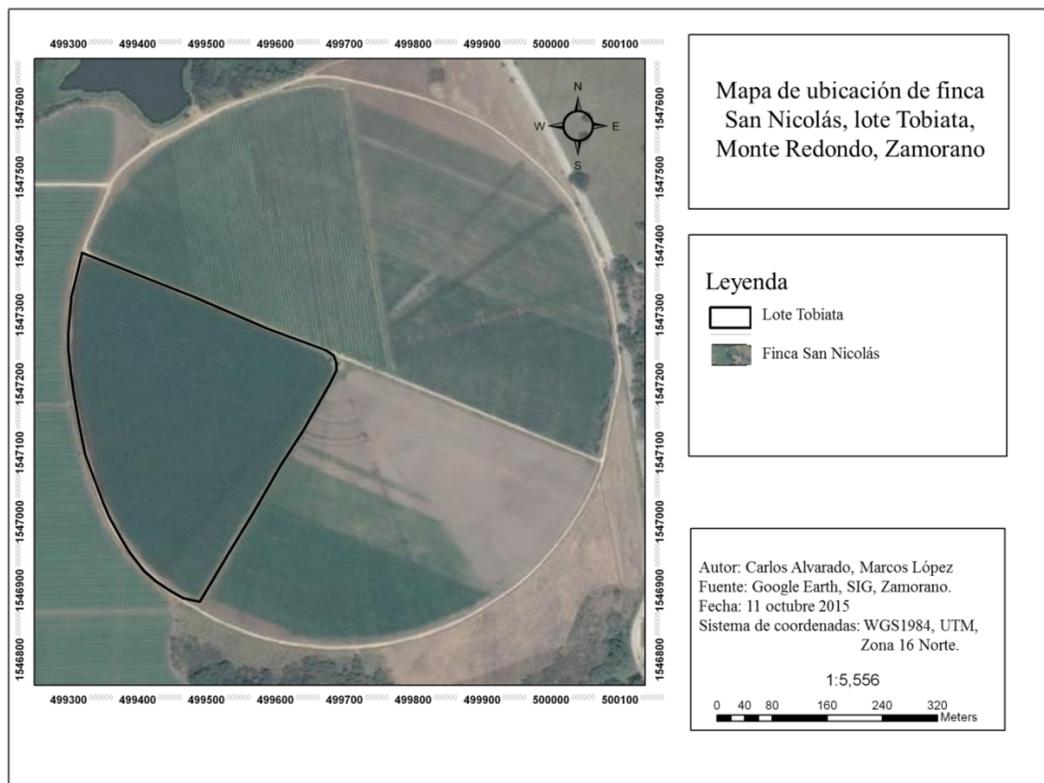


Figura 1. Ubicación del área de aplicación de subsoleo, lote Tobiata, finca San Nicolas, E.A.P., Zamorano, Honduras.

**Diagnóstico.** Lovo Silva, *et al.* (2013) evaluaron la condición de los suelos de Zamorano y determinaron la necesidad de rehabilitar los suelos de la finca San Nicolás, por el efecto de compactación. Con base en ello, se realizó el diagnóstico para hacer un programa de mejoramiento y adecuación de las características físicas de los suelos del lote Tobiata en Zamorano. Con este diagnóstico se determinó cuál es la profundidad a la que debe llegar el subsolador, lo cual varía según las características del suelo y requerimientos de los

cultivos sembrados en cada lote. El diagnóstico se hizo describiendo seis calicatas (Figura 2). En cada calicata se identificó: el número de horizontes; en cada horizonte uno de estos se describió lo siguiente: profundidad, color, textura, estructura (tipo, grado y clase), consistencia (seco, húmedo y mojado), resistencia a la penetración, poros (tamaño, forma y cantidad), raíces (tamaño y cantidad) y pedregosidad (tamaño y cantidad) (FAO 2009). En el diagnóstico se tomó en cuenta la humedad del suelo, ya que la mecanización se recomienda hacer cuando el suelo se encuentra un poco más seco que capacidad de campo. Para obtener porcentajes de humedad en este suelo, se tomaron muestras de suelo, una por horizonte, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos y aguas de Zamorano.

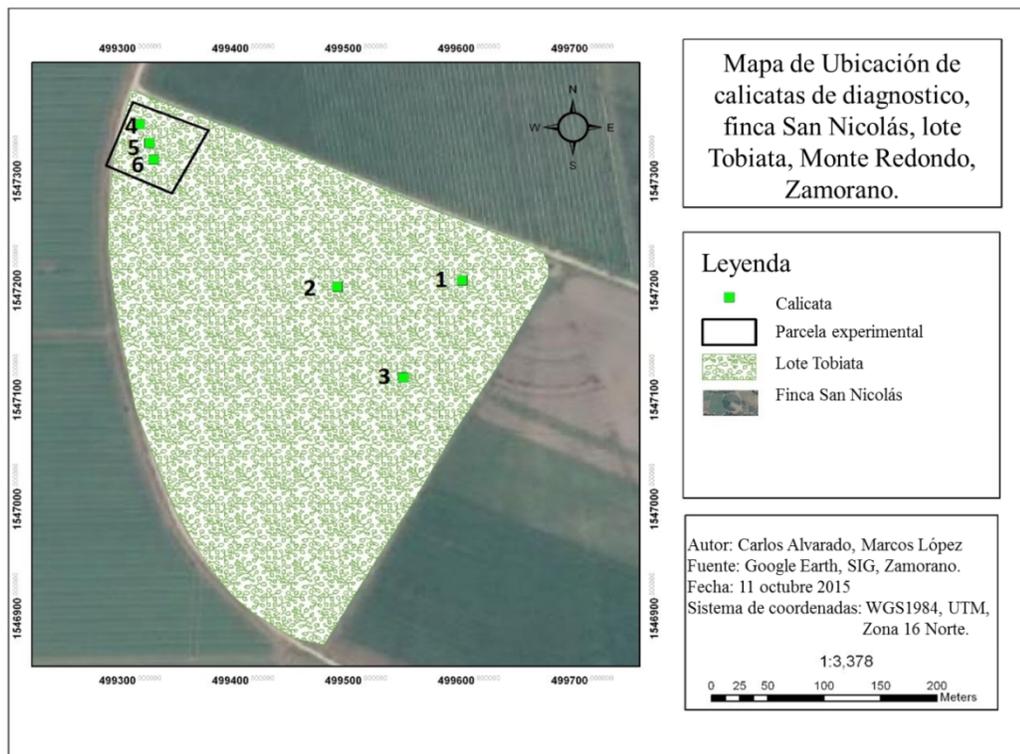


Figura 2. Ubicación de calicatas para el diagnóstico de la necesidad del uso del subsolador, lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.

**Delimitación del área para los tratamientos.** Se ubicó el área del estudio en un terreno de  $64\text{ m} \times 64\text{ m}$  para un área total de  $4096\text{ m}^2$  ubicada en el sector Noroeste del lote Tobiata ubicado en la finca San Nicolás (Figura 3). Se marcó el área donde se hicieron los pases con el subsolador. Se subsoló con un tractor John Deere 850C bulldozer con un subsolador de tres cinceles con una separación entre cada cincel de un metro, cada cincel tenía un alto de 70 centímetros, se hicieron dos y tres pases según el tratamiento.

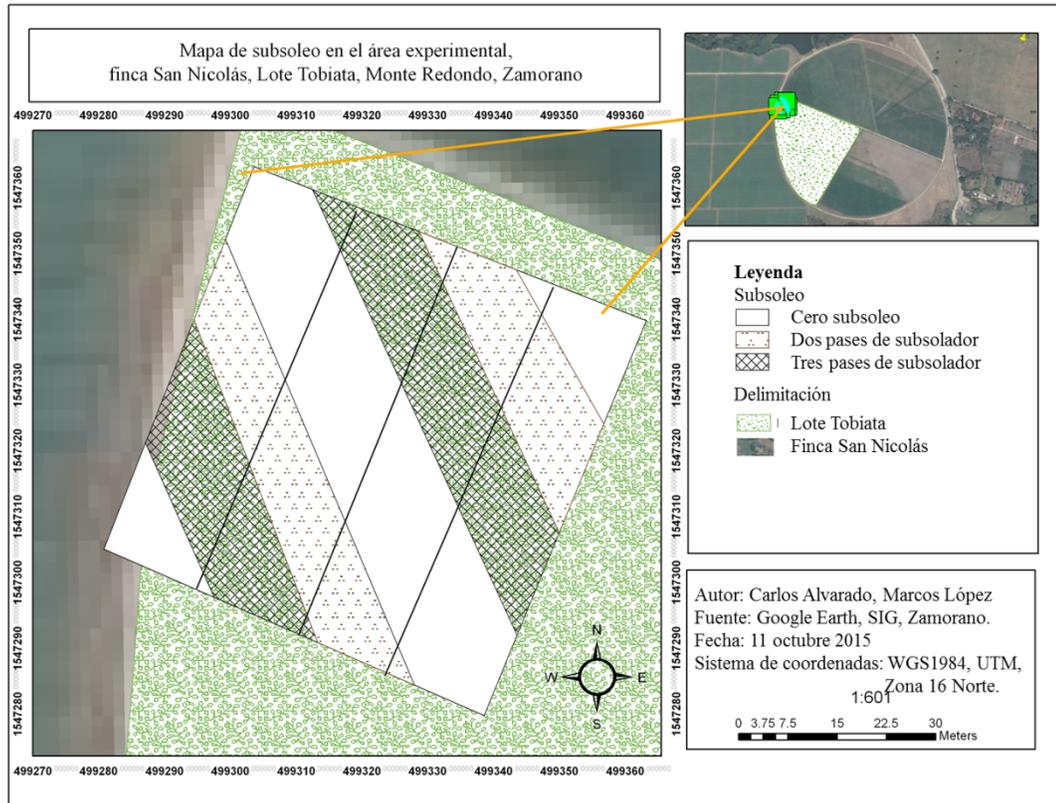


Figura 3. Orientación y distribución de los pases del subsolador, en el área experimental del lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano.

**Dirección de subsoleo.** El primer pase del subsolador se orientó de noreste a suroeste espaciado a 1 m entre cinceles. El segundo pase se orientó de noroeste a sureste a 45 grados del primero espaciados a 1 m entre cinceles. El tercer pase se hizo en la misma dirección del segundo pase, colocando el cincel en el centro del segundo pase. El tercer pase se realizó de tal manera que el espaciamiento final quedara de 0.5 m entre pases (Figura 4).

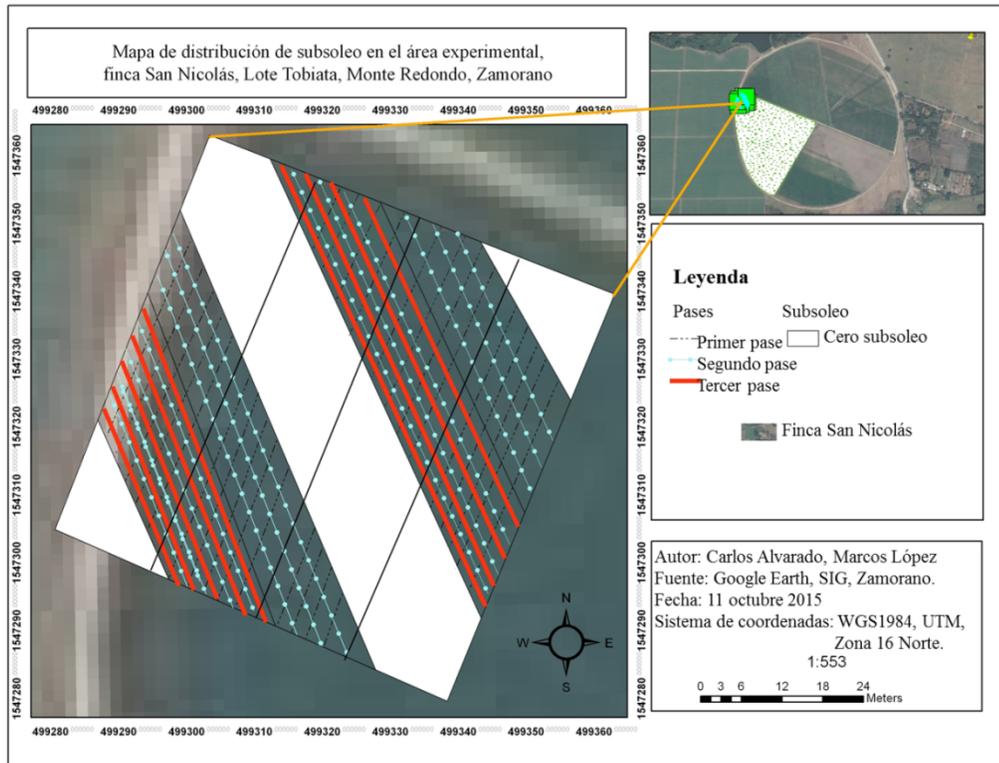


Figura 4. Dirección de los pases de subsolado en el área experimental del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano.

**Eficiencia del subsolado:** Después de dos pases y tres pases se subsolado se evaluó la eficiencia de subsolado para la cual se determinó el alto de cada cincel (0.70 m), la profundidad a la que el cincel penetró el suelo y la profundidad de fractura entre los cinceles ( $P_f$ ). La profundidad real ( $P_r$ ) alcanzada por cada cincel, dividida entre la profundidad potencial ( $P_p$ ) del implemento da como resultado eficiencia de penetración ( $E_p$ ), (ecuación [1]). Se midió la profundidad de fractura entre cinceles ( $P_f$ ) y se dividió entre la profundidad real ( $P_r$ ) para obtener la eficiencia de fractura ( $E_f$ ), (ecuación [2]). La eficiencia de penetración ( $E_p$ ) multiplicada por la eficiencia de fractura ( $E_f$ ) da como producto la eficiencia neta ( $E_n$ ), ecuación [3] expresado en porcentaje (Arévalo y Gauggel 2014) (Figura 5).

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

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

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

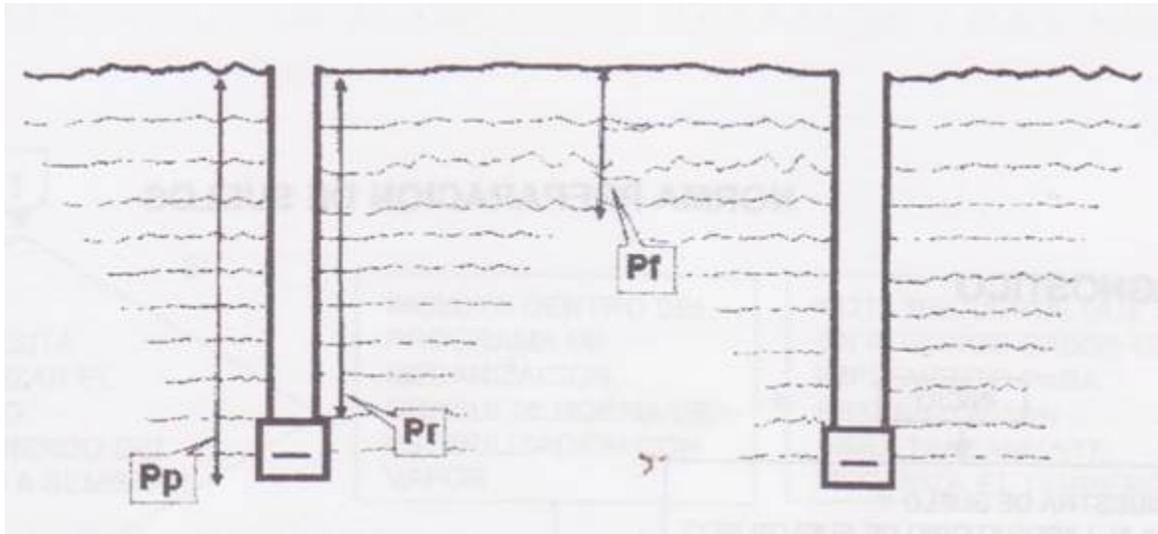


Figura 5. Parámetros para la evaluación de la eficiencia del subsoleo. Tomado de Arevalo y Gauggel 2014.

Para evaluar la eficiencia del subsoleo en cada tratamiento, se realizó una calicata posterior al último pase de los cinceles según el tratamiento, donde el perfil de descripción del suelo se ubicó de manera perpendicular al último pase.

Se realizaron ocho calicatas para evaluar la de la eficiencia, se abrieron cuatro en el tratamiento para evaluar dos pases de subsoleo y cuatro en el área de tres pases (Figura 6).

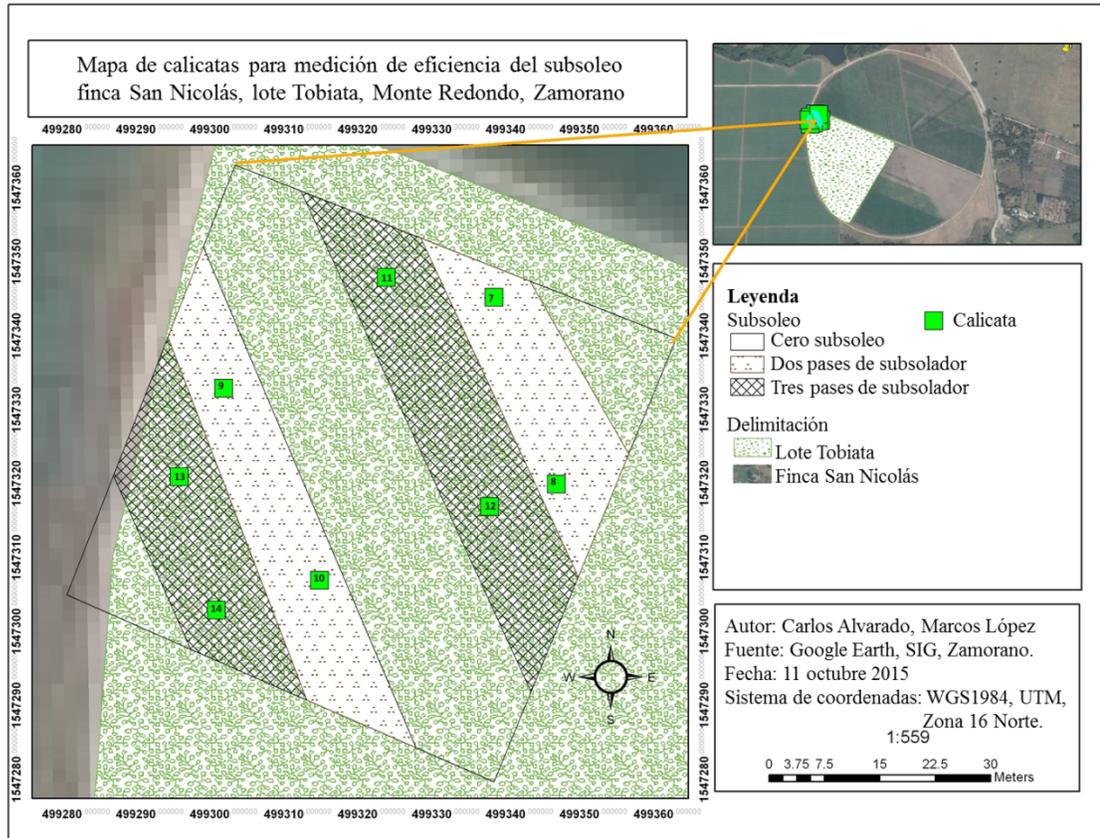


Figura 6. Mapa de distribución de las calicatas para evaluar eficiencia del subsileo, en el área de investigación del lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano.

En cada calicata se identificó el número de horizontes y de cada uno de estos se describió lo siguiente: profundidad, color, textura, estructura (tipo, grado y clase), consistencia (seco, húmedo y mojado), resistencia a la penetración, poros (tamaño, forma y cantidad), raíces (tamaño y cantidad) y piedra o roca (tamaño y cantidad) (FAO 2009)..

En el mismo estudio de Lovo Silva, *et al* 2013 determinaron aplicar tres dosis de cal (1, 3 y 5 t/ha); por esa razón se evaluó el efecto de la aplicación de cal, la cual fue aplicada al voleo, a 5 cm del suelo para evitar la pérdida por deriva. La cal se incorporó con una rastra liviana sin niveladora para evitar la pérdida de la misma.

**El cultivo y su establecimiento.** El maíz se sembró a una densidad poblacional de 80,000 plantas por hectárea con una distancia entre surco de 80 centímetros y una distancia entre plantas de 15 cm; con una relación 2:1 hembras: macho, distribuidos cuatro surcos de línea hembra y dos surcos de línea macho intercalados. Por regla general, la línea usada como macho tiene como característica principal la producción de polen en mayor volumen y tiempo, y la línea usada como hembra tiene como objetivo la mayor

productividad de la semilla<sup>1</sup>. El manejo agronómico del maíz fue igual en todo el lote. La unidad de producción de maíz híbrido de Zamorano fue la encargada de este manejo. La toma de datos inicio en el estadio vegetativo V10, VT y R3 respectivamente. Las condiciones climáticas promedio desde hace cinco años (2009-2014) en los meses en que se desarrolló el cultivo (Cuadro 1), utilizando datos de la estación climatológica Zamorano.

Cuadro 1. Datos climatológicos de los meses en que se realizó el estudio, estación climatológica Zamorano.

Mes	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Lluvia (mm)	radiación solar ( $^w/m^2$ )
Mayo	24.24	58.22	164.80	377.59
Junio	23.67	64.70	138.68	356.21
Julio	22.51	60.53	126.56	367.83
Agosto	23.22	60.49	105.08	402.72
Septiembre	23.12	64.01	162.55	410.06

**Variables determinadas.** Cuando la planta llegó a su estadio vegetativo V10 se midió el grosor del tallo en la base de la planta y altura de la planta; esto se midió en 10 plantas por parcela experimental, cinco hembras y cinco machos. El grosor del tallo se midió del lado ancho con un pie de rey (medidor de calibres) a dos cm de altura sobre el suelo. La altura se midió con una regla de tres metros de alto. Para medir la altura se toman las hojas del maíz de abajo hacia arriba; deslizando la mano sin soltar el grupo de hojas, se forma un penacho y la medida se toma, en el punto donde todas las demás hojas se juntan

En el estadio vegetativo V10 se observan varias mazorcas; todas ubicadas a partir de la séptima hoja bajo la panoja. A partir de este estadio, la hoja empieza a aparecer más rápido, cada dos o tres días. Comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de agua y nutrientes hasta el término de estado reproductivo (Ritchie *et al* 2008).

El estadio vegetativo VT inicia cuando la última espiga de la panoja es completamente visible y las sedas o granos en su estado lechoso no han empezado a emerger. VT inicia aproximadamente de dos a tres días después de la emergencia de las sedas. En el mismo tiempo, la planta iniciará la liberación de polen (Steven, *et al* 2008). En el estadio vegetativo VT se tomó el grosor del tallo en la base y la altura de la planta; en el primer entrenudo donde emerge la panoja en el caso de los machos; en las hembras la medición es igual que en el estadio vegetativo V10.

<sup>1</sup> Pineda, R., 2015. Producción de cultivos extensivos. PhD. Profesor de cultivos extensivos. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

En el estadio reproductivo R3, después de la floración femenina, el grano muestra un color amarillento en el exterior, y el fluido interno es ahora lechoso debido a la acumulación de almidón, aunque inicialmente el desarrollo es lento, el embrión crece rápidamente. La mayoría de los granos presentes en R3 han crecido a partir del material que rodea la mazorca y las espigas para este estadio presentan colores pardos y se secan, o están por secarse (Ritchie *et al* 2008).

**Producción de Biomasa en línea Macho.** En el estadio reproductivo R3 se cosecharon los machos, no se cortaron en el estadio vegetativo VT para permitir que la polinización se realizara. Se cortaron los machos dejando dos centímetros de tallo en el suelo, se cosecharon de esta forma para conocer la cantidad de materia fresca. Las muestras tomadas fueron llevadas al LSZ donde fueron secadas y analizadas. Se pesó todo el material vegetativo por separado (tallo, hojas, flores y frutos), las cuales fueron secadas utilizando un horno industrial a una temperatura de 70°C. Cuando las muestras se secaron, se pesaron y por diferencia se obtuvo el peso de agua de la muestra. Para obtener materia seca se divide peso seco entre peso fresco por 100, obteniendo así el porcentaje de materia seca de la muestra. (Arévalo y Gauggel 2015).

**Muestra de raíces.** Se tomaron muestras de raíces de cinco plantas, se extrajeron del suelo con una pala a 20 centímetros de profundidad, estas raíces obtenidas fueron tamizadas para separarlas del suelo. Se lavaron las raíces para quitar los residuos de suelo para poder pesarlas en una balanza, obteniendo el peso de las raíces.

**Tratamientos.** Los tratamientos establecidos en el experimento son tres dosis de cal en un testigo sin subsoleo, dos pases y tres pases de subsoleo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos aplicados en la finca San Nicolás, lote Tobiata, Zamorano.

Tratamiento	Pases de subsoleo	cal (t/ha)
S0D1	0	1
S0D3	0	3
S0D5	0	5
S2D1	2	1
S2D3	2	3
S2D5	2	5
S3D1	3	1
S3D3	3	3
S3D5	3	5

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro bloques de 16m × 64 m. Cada bloque contaba con los nueve tratamientos, teniendo un total de 36 unidades experimentales, cada unidad experimental media 4m × 5m. Los tratamientos a las parcelas se asignaron de manera aleatoria (Figura 7).

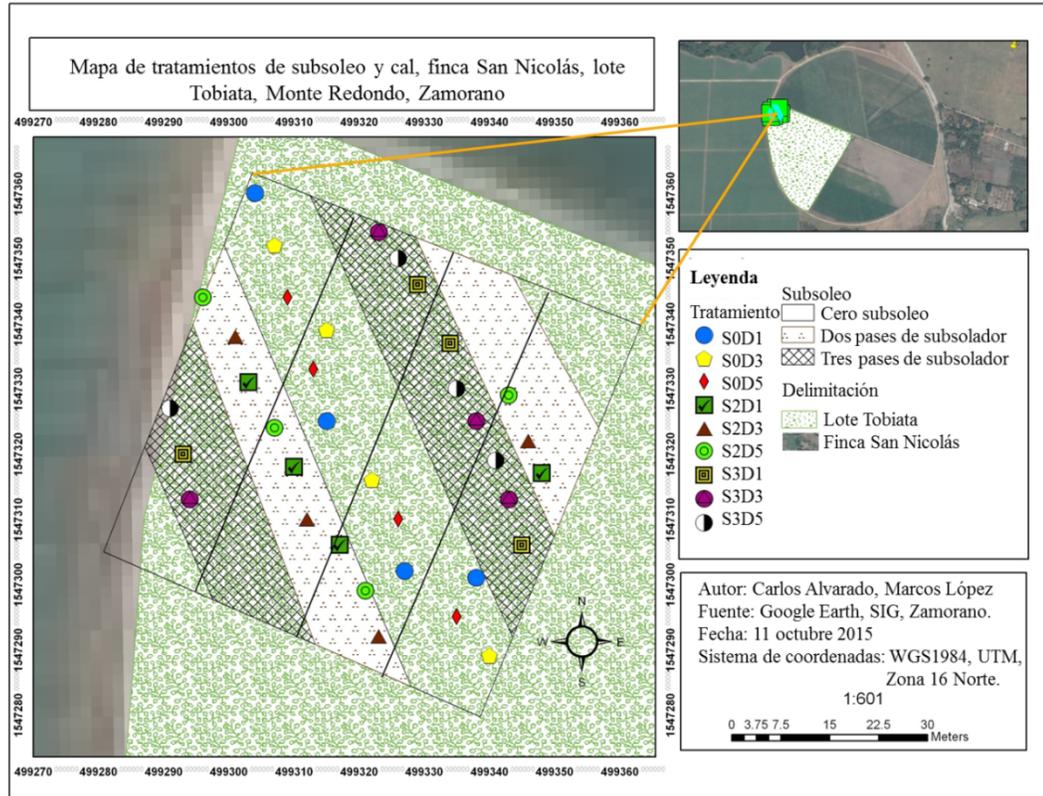


Figura 7. Distribución de los tratamientos de subsuelo y cal en la finca San Nicolás, lote Tobiatá, E.A.P, Zamorano, Honduras.

**Análisis Estadístico.** Aplicando un Modelo Lineal General (GLM), una separación de medias Duncan, con significancia ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico Statistics Analysis System (SAS<sup>®</sup> 9.3).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Suelo

**Eficiencia de subsoleo.** En la parcela experimental con dos pases fue de 52.5% y con tres pases de 63.2% en promedio, (cuadro 3) pero es menor a 70%. Se considera que un subsoleo es eficiente cuando su eficiencia neta es mayor o igual a 70%. (Arévalo y Gauggel 2014). La baja eficiencia de subsoleo a que durante la mecanización se observo puede atribuir al contenido de rocas dentro del lote.

Cuadro 3. Eficiencia del subsolado, lote Tobiata, finca San Nicolás, E.A.P, Zamorano, Honduras.

Pases de subsolador	Profundidad (cm)		Eficiencia (%)		
	cinceles	fractura	Penetración	fractura	neta
2	54.5	37.2 b	76.7	68.7 b	52.5 b
3	53.7	44.5 a	77.7	81.5 a	63.2 a
R <sup>2</sup>	0.79	0.95	0.78	0.98	0.95
coeficiente de variación	3.75	3.57	3.66	2.35	3.64
Subsoleo	ns	**	ns	**	**

\*,\*\* y ns significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo respectivamente. La diferencia entre valores de la misma columna seguidos de diferentes letras es significativo ( $P \leq 0.05$ ).

**Resistencia a la penetración promedio por horizonte.** En la interacción entre el subsoleo y los diferentes horizontes descritos de cada calicata muestran baja resistencia a la penetración en el horizonte Ap en cada pase de subsolador. El horizonte Bt fue diferente en cada pase de subsolador, teniendo cero pases mayor resistencia a la penetración y tres pases la más baja resistencia a la penetración. El horizonte C fue igual para dos y tres pases de subsoleo, dos pases de subsoleo es diferente de cero pases (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resistencia a la penetración por horizonte, por efecto del subsoleo en suelos del lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.

<b>Pases de Subsolador</b>	<b>Horizonte</b>	<b>profundidad (cm)</b>	<b>Resistencia a la penetración (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	Ap	0-14	0.02 <sup>a</sup>
2	Ap	0-18	0.00 <sup>a</sup>
3	Ap	0-10	0.02 <sup>a</sup>
0	Bt	14-35	4.47 <sup>d</sup>
2	Bt	18-40	1.37 <sup>c</sup>
3	Bt	10-35	0.97 <sup>b</sup>
0	C	35-60	4.47 <sup>d</sup>
2	C	40-63	0.87 <sup>b</sup>
3	C	35-70	0.63 <sup>b</sup>
coeficiente de variación			16.88
Subsoleo			***
Horizonte			***
subsoleo × horizonte			***

\*,\*\* y ns significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo respectivamente. La diferencia entre valores de la misma columna seguidos de diferentes letras es significativo ( $P \leq 0.05$ ).

### **Cultivo de maíz.**

**Efecto de subsoleo y aplicación de cal en V10.** El efecto del subsoleo y la aplicación de cal muestran diferencias significativas en grosor, altura de hembras y machos. La altura de la hembra en el estadio V10, tres pases de subsoleo y 3 t/ha de cal dolomita mostró el mejor resultado; para grosor de hembra, en el estadio 10, dos pases de subsoleo y 5 t/ha de dolomita. La altura del macho medida en V10, dos pases de subsoleo y 3 t/ha de dolomita fue el mejor tratamiento, el grosor del macho en el estadio V10, tres pases de subsoleo y 1 t/ha fue el mejor (Cuadro 5). El último resultado se debe a que el subsolado hace que la reacción de la cal neutralice mejor la acidez del suelo.

Cuadro 5. Altura de la planta y grosor del tallo de las líneas híbridas de maíz, en el estadio vegetativo V10, por el efecto de la aplicación de subsoleo y cal. En el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.

Tratamiento	altura hembra (m)	grosor hembra (cm)	altura macho (m)	grosor macho (cm)
S0D1	1.37 <sup>d</sup>	2.27 <sup>d</sup>	1.29 <sup>b</sup>	2.18 <sup>cd</sup>
S0D2	1.42 <sup>d</sup>	2.34 <sup>cd</sup>	1.19 <sup>c</sup>	2.14 <sup>d</sup>
S0D3	1.52 <sup>c</sup>	2.46 <sup>abcd</sup>	1.32 <sup>b</sup>	2.28 <sup>abcd</sup>
S2D1	1.67 <sup>ab</sup>	2.58 <sup>ab</sup>	1.42 <sup>a</sup>	2.32 <sup>abc</sup>
S2D3	1.63 <sup>b</sup>	2.44 <sup>bcd</sup>	1.45 <sup>a</sup>	2.37 <sup>ab</sup>
S2D5	1.74 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	2.24 <sup>bcd</sup>
S3D1	1.70 <sup>ab</sup>	2.59 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>
S3D3	1.73 <sup>a</sup>	2.52 <sup>abc</sup>	1.44 <sup>a</sup>	2.30 <sup>abc</sup>
S3D5	1.67 <sup>ab</sup>	2.53 <sup>abc</sup>	1.45 <sup>a</sup>	2.40 <sup>ab</sup>
Coefficiente de variación	7.68	12.33	7.93	11.43
Subsoleo	***	**	***	**
Cal	*	ns	ns	ns
Subsoleo × cal	**	ns	*	ns

\*,\*\* y ns significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo respectivamente. La diferencia entre valores de la misma columna seguidos de diferentes letras es significativo ( $P \leq 0.05$ ). S0, S2, S3: Cero, dos y tres pases de subsoleo respectivamente. D1, D3, D5: una, tres y cinco toneladas de cal por hectárea

En la interacción entre las variables: Subsoleo y cal muestran diferencias significativas en altura de hembras y machos y no en grosor del tallo. Con dos y tres pases se obtiene igual altura en la línea macho independientemente de la dosis de cal (1, 3 y 5 t/ha). Pero en la hembra si hay efecto de la cal y el subsoleo ya que es igual hacer dos pases de subsoleo con cinco t/cal/ha que tres pases de subsoleo con tres t/cal/ha, en donde las plantas crecieron más (cuadro 6).

Cuadro 6. Altura de la planta y grosor del tallo de las líneas híbridas de maíz, en el estadio vegetativo VT, por el efecto de la aplicación de subsoleo y cal. En el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.

Tratamiento	altura hembra (m)	grosor hembra (cm)	altura macho (m)	grosor macho (cm)
S0D1	1.70 <sup>d</sup>	2.15 <sup>ab</sup>	1.250 <sup>bc</sup>	1.94 <sup>a</sup>
S0D2	1.57 <sup>d</sup>	2.15 <sup>ab</sup>	1.173 <sup>cd</sup>	2.02 <sup>a</sup>
S0D3	1.85 <sup>c</sup>	2.04 <sup>bc</sup>	1.099 <sup>d</sup>	1.92 <sup>ab</sup>
S2D1	2.03 <sup>b</sup>	2.16 <sup>ab</sup>	1.300 <sup>b</sup>	1.89 <sup>ab</sup>
S2D3	2.05 <sup>b</sup>	2.06 <sup>bc</sup>	1.564 <sup>a</sup>	1.91 <sup>ab</sup>
S2D5	2.07 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>bc</sup>	1.285 <sup>bc</sup>	1.88 <sup>bc</sup>
S3D1	2.07 <sup>ab</sup>	1.95 <sup>c</sup>	1.527 <sup>a</sup>	1.68 <sup>b</sup>
S3D3	2.19 <sup>a</sup>	2.15 <sup>abc</sup>	1.224 <sup>bcd</sup>	2.01 <sup>a</sup>
S3D5	2.13 <sup>ab</sup>	2.26 <sup>a</sup>	1.524 <sup>a</sup>	1.94 <sup>a</sup>
Coefficiente de variación	10.6	15.15	15.17	21.13
Subsoleo	***	ns	***	ns
Cal	ns	ns	ns	ns
Subsoleo × cal	**	**	***	ns

\*,\*\* y ns significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo respectivamente. La diferencia entre valores de la misma columna seguidos de diferentes letras es significativo ( $P \leq 0.05$ ). S0, S2, S3: Cero, dos y tres pases de subsoleo respectivamente. D1, D3, D5: una, tres y cinco toneladas de cal por hectárea

**Producción de Biomasa medido en materia fresca.** No se encontraron diferencias significativas entre el total de materia fresca en las partes vegetativas analizadas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción de Biomasa en diferentes órganos por efecto del subsoleado y aplicación de cal. En el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P., Zamorano, Honduras.

<b>Tratamiento</b>	<b>Hojas</b> (g/planta)	<b>Tallos</b> (g/planta)	<b>Fruto</b> (g/planta)	<b>Flores</b> (g/planta)	<b>Total</b> (g/planta)
S0D1	297	421	93	9	820
S0D2	321	570	112	11	1014
S0D3	313	532	124	13	982
S2D1	321	638	194	11	1164
S2D3	283	673	128	9	1093
S2D5	297	661	145	9	1112
S3D1	298	644	116	9	1067
S3D3	296	565	126	10	997
S3D5	257	471	101	8	837
Coefficiente de variación	23.81	26.51	66.49	44.81	4.19
Subsoleo	ns	ns	ns	ns	ns
Cal	ns	ns	ns	ns	ns
Subsoleo × cal	ns	ns	ns	ns	ns

\*,\*\* y ns significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo respectivamente. La diferencia entre valores de la misma columna seguidos de diferentes letras es significativo ( $P \leq 0.05$ ). S0, S2, S3: Cero, dos y tres pases de subsoleo respectivamente. D1, D3, D5: una, tres y cinco toneladas de cal por hectárea

#### **4. CONCLUSIONES**

- El uso del subsolador tuvo un efecto positivo en altura de la línea hembra, pero el efecto combinado de subsoleo y aplicación de cal tuvo efecto en la altura, tanto de los machos como de las hembras.
- El uso del subsolador no alcanzó la eficiencia neta, sin embargo, existe mayor eficiencia aplicando tres pases de subsoleo.
- El subsolador mejoró la característica física del suelo: resistencia a la penetración.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Implementar labores de subsoleo como parte del plan de manejo de suelos en la finca San Nicolás, E.A.P. Zamorano, basado en la caracterización morfológica y física del suelo.
- Realizar un estudio aplicando cal a distintas dosis y evaluar el cambio en pH.
- Evaluar el efecto del subsoleo en el tiempo, utilizando diferentes cultivos en áreas más grandes.

## 6. LITERATURA CITADA

Arévalo, G. y Gauggel, C. 2015. Manual de laboratorio de ciencias de suelo y aguas. Zamorano, Honduras. Tegucigalpa: LITOCOM 112 p.

Arévalo, G. y Gauggel, C. 2014. Manual de manejo de suelos y nutrición vegetal tercer Año. Tegucigalpa: LITOCOM. 105 p.

FAO, 2014. FAO: Año Internacional de los Suelos 2015. La importancia del suelo 1E. (en línea). Consultado 22 de Agosto de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/270950/icode/>.

FAO, 2012. Soluciones para la compactación de suelo. Conservacion de los recursos naturales 3E. (en línea). Consultado 19 de Agosto de 2015. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/sc/soil\\_compaction.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sc/soil_compaction.pdf).

FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. 4E. (en línea). Consultado 4 de Noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

Kees, G. 2008. Using subsoiling to reduce soil compaction. Department of Agriculture, Forest service, Missoula technology and development center. 18 p

Lacey, J. F. 2008. Alternative stormwater management deep-ripping and decompaction. department of environmental conservation, New York state. 4-8.

Lazcano, I. 2005. Cal Agrícola: Conceptos básicos para la producción de cultivos. Cal agrícola. (en línea). Consultado 28 de Agosto de 2015. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/5057DEAFC8DE54CC06256AD1005D7CB9/\\$file/cal+agricola+conceptos+basicos+para+la+produccion+de+cultivos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/5057DEAFC8DE54CC06256AD1005D7CB9/$file/cal+agricola+conceptos+basicos+para+la+produccion+de+cultivos.pdf)

Lovo Silva, J.J., J.E. Saavedra y R. Saravia. 2013. Calidad de los suelos y plan de adecuación para los terrenos de uso agrícola y pecuario de Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana 60 p.

Ritchie, S.W., J.J. Hanway y S.J. Lupkes. 2008. How a corn plant develops. Cooperative extension service Ames, Iowa 48.4-15.

Soane, B.D. y C.V. Ouwkerk. 1994. Soil compaction in crop production. Ámsterdam, Netherlands, Elsiver publishing house. 521 p.

## 7. ANEXOS

### 1. Calicatas de los perfiles de suelo descritos, en el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P, Zamorano, Honduras.

Calicata	Ho	Prof	Color	Textura	ESTRUCTURA			CONSISTENCIA			R.P	POROS			RAICES		PIEDRA/ROCA		LIMITE	
					Tipo	Grado	Clase	Seco	Húmedo	Mojado		Tam	F	Cant	Tam	Cant	Tam	Cant	Top	Nitidez
1	Ap	0-12	7.5YR5/2	FA	g	d	mf	s	mf	no pg/ no pl	0	t	t	f	t	m	p	p	p	d
	Bt	12.-35	7.5YR2.5/2	FA	bsa	f	g	d	f	no pg/ no pl	4.5	mf	t	p	f	p			p	a
	C	35-64x	7.5YR5/3	FA	bsa	f	g	d	f	pg/no pl	4.5	t	t, v	m	mf	p	p	p	o	c
2	Ap	0-7	7.5YR4/5	FA	g	m	f	d	mf	lig pg/ no pl	0	t	t	f	t	m	p	p	p	d
	Bt	7.-23	7.5YR3/4	FA	bsa	f	m	d	f	lig pg/lig pl	4.5	m	t	p	f	p			p	d
	C	23-46x	7.5YR4/3	FA	bsa	m	m, f	lgd	s	no pg/ no pl	4.5	t	t	f	mf, f	p	p	p	p	d
3	Ap	0-32	7.5YR3/3	FA	bsa	m	m		f	lig pg/ no pl	4.5	g	t	p	f	p			o	g
	Bt	32-64	7.5YR6/3	FA	g	m	f	d	s	no pg/ no pl	4.5	t	t	f	mf	p			p	g
	C	64-92x	7.5YR2.5/3	FA	g	f	m	b	f	no pg/ no pl	4.5	m	t	p		a	t	f	i	d
4	Ap	0-12	7.5YR3/2	FA	bsa	m	mf, f	ld	f	lig pg/lig pl	0	mf, f	t	f	mf, f	f	p	p	p	d
	Bt	12-30.	7.5YR2.5/2	FA	bsa	m	f		fi	pg/pl	4.5	mf	t	p	mf	f	m	p	p	g
	C	30-64x	7.5YR4/4	FA	mi	d	mf	ld	s	no pg/ no pl	4.5	f	t	f	mf	p	t	f	p	g
5	Ap	0-12	7.5YR3/2	FA	bsa	f	f	d	f	lig pg/lig pl	0	f	t	f	t	f	p	p	p	d
	Bt	12-40.	7.5YR3/3	FArA	bsa	f	m	d	mf	lig pg/lig pl	>4.5	mf	t	f	f	p	p	p	p	g
	C	40-54x	7.5YR4/4	FA	g	d	mf, f	s	mf	lig pg/ no pl	>4.5	f	t	f	mf	p	p	p	p	g
6	Ap	0-14	7.5YR3/2	FArA	bsa	m	f	d	f	lig pg/lig pl	0	f	t	f	t	f	p	p	p	d
	Bt	14-35.	7.5YR 3/2	FA	bsa	m	m	d	mf	pg/pl	>4.5	f	t	f	mf, f	f			p	g
	C	35-60x	7.5YR3/3	FA	bsa	d	f	s	f	no pg/ no pl	>4.5	f	t	f	mf	p	p	p	p	g
7	Ap	0-18	7.5YR 3/2	FA	bsa	m	f		mf	lig pg/lig pl	0	f	t	f	tg	f	p	p	p	d
	Bt	18-40	7.5YR 3/3	FA	bsa	d	mf, f	s	s	lig pg/lig pl	1.5	f	t	f	mf, f	f			p	g
	C	40-63x	7.5YR 4/4	FA	g	d	mf	ld	s	no pg/ no pl	0.5	t	t	f	mf, f	f			p	g

Símbolos: Ho: Horizonte. Prof: profundidad. Textura: A: arenoso, FA: franco arenoso, F: franco, FArA: franco arcillo arenoso, FL: franco limoso, FarL: franco arcillo limoso, ArA: arcillo arenoso, Far: franco arcilloso, Ar: arcilloso. Pedreg: pedregosidad, tam; tamaño, tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g: gruesa, m: mediana, f: fina, mf: muy fina. Estructura: tipo: bs: bloque subangulares, g: granular, m: migajosa, l: laminar; clase: tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g: gruesa, m: mediana, f: fina, mf: muy fina; grado: f: fuerte, m: moderado, d: débil. Consistencia: hum: húmedo; s: suelto, mfr: muy friable, fr: friable, f: firme, mf: muy firme; moj: mojado; np: no pegajoso, lp: ligeramente pegajoso, p: pegajoso, mp: muy pegajoso. RP: resistencia a la penetración. Porosidad: forma: t: tubular, v: vesicular, p: planar, c: caóticos; continuidad: con: c: conectados, nc: no conectados tamaño: tt: todos los tamaños, mp: muy grueso, g: grueso, m: mediano, f: finos, mf: muy finos; frec: frecuencia, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. Raíces: tam: tamaño, tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g: gruesa, m: mediana, f: fina, mf: muy fina cantidad: cant. p: pocos, f: frecuentes, m: muchos Límite: topo: topografía, o: ondulado, p: plano, i: irregular; nitidez: niti a: abrupto, c: claro, g: gradual, d: difuso.

2. Anexo 1. Continuacion. Calicatas de los perfiles de suelo descritos, en el lote Tobiatá, finca San Nicolás, E.A.P, Zamorano, Honduras.

Calicata	Ho	Prof	Color	Textura	ESTRUCTURA			CONSISTENCIA			R.P	POROS			RAICES		PIEDRA/ROCA		LIMITE	
					Tipo	Grado	Clase	Seco	Húmedo	Mojado		Tam	F	Cant	Tam	Cant	Tam	Cant	Top	Nítidez
8	Ap	0-17	7.5YR 3/2	FA	bsa	m	mf	lg	mf	lig pg/lig pl	0	t	t, v	f	t	f	p	p	p	d
	Bt	17-35	7.5YR 3/3	FA	bsa	f	m		fi	lig pg/lig pl	1.5	f	t	p	f	p			p	d
	C	35-62x	7.5YR 4/4	FArA	ba	f	f	d	f	pg/pl	1	mf	t	p	mf	p	t	f	o	g
9	Ap	0-15	7.5YR3/3	FArA	bsa	m	f	ld	f	no pg/no pl	0	f	t	f	t	f	p	p	p	d
	Bt	15-30.	7.5YR3/2	FA	bsa	d	m		f	lig pg/lig pl	1.5	mf	t	f	f	f			o	g
	C	30-53x	7.5YR4/4	FA	bsa	d	g	s	f	no pg/no pl	1	f	t	f	mf	p			p	g
10	Ap	0-18	7.5YR3/3	FA	bsa	m	f	d	mf	no pg/no pl	0	f	t	f	t	f	p	p	p	g
	Bt	18-40	7.5YR5/6	FA	bsa	m	m		f	no pg/no pl	1	f	t	f	f	f	p	p	p	g
	C	40-65x	7.5YR5/4	FA	g	d	f	s	s	no pg/no pl	1	f	t	f	mf	p	t	p	ir	d
11	Ap	0-10	7.5YR 3/2	FA	bsa	m	f	b	f	no pg/lig pl	0	mf, f	t	m	m, f	f	p	p	p	d
	Bt	10-32.	7.5YR 3/3	FA	bsa	d	mf, f		s	no pg/no pl	1.5	m, f	t	f	f	f			p	a
	C	32-57x	7.5YR 4/4	FA	g	d	f		s	no pg/no pl	0.5	m, f	t	f	f	f	m	p	p	g
12	Ap	0-10	7.5YR3/2	FA	bsa	m	f	ld	mf	no pg/lig pl	0	mf, f	t	f	t	f	p	a	p	d
	Bt	10-35.	7.5YR3/3	FA	bsa	d	f		f	no pg/no pl	1	f	t	m	f	f			p	g
	C	35-70x	7.5YR4/4	FA	g	d	mf, f	s	s	no pg/no pl	1	mf	t	m			t	p	p	g
13	Ap	0-18	7.5YR3/3	FArA	bsa	m	f	d	fi	no pg/no pl	0	f	t	f	t	f	p	p	p	d
	Bt	18-43	7.5YR3/3	FArA	bsa	d	m		f	lig pg/no pl	0.5	f	t	f	mf	f			p	a
	C	43-67x	7.5YR5/4	FA	bsa	d	m	s	s	no pg/no pl	0.5	f	t	f					p	g
14	Ap	0-20	7.5YR3/2	FArA	bsa	m	f	d	f	no pg/no pl	0	f	t	m	t	f			p	d
	Bt	20-60	7.5YR5/6	FArA	g	d	mf	s	s	no pg/no pl	0.5	f	t	f	f	f			p	a
	C	60-74x	7.5YR5/4	FA	g	d	f	s	s	no pg/no pl	0.5	mf	t	f			t	f	o	g

Símbolos: Ho: Horizonte. Prof: profundidad. Textura: A: arenoso, FA: franco arenoso, F: franco, FArA: franco arcillo arenoso, FL: franco limoso, FarL: franco arcillo limoso, ArA: arcillo arenoso, Far: franco arcilloso, Ar: arcilloso. Pedreg: pedregosidad, tam; tamaño, tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g: gruesa, m: mediana, f: fina, mf: muy fina. Estructura: tipo: bs: bloque subangulares, g: granular, m: migajosa, l: laminar; clase: tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g: gruesa, m: mediana, f: fina, mf: muy fina; grado: f: fuerte, m: moderado, d: débil. Consistencia: hum: húmedo; s: suelto, mfr: muy friable, fr: friable, f: firme, mf: muy firme; moj: mojado; np: no pegajoso, lp: ligeramente pegajoso, p: pegajoso, mp: muy pegajoso. RP: resistencia a la penetración. Porosidad: forma: t: tubular, v: vesicular, p: planar, c: caóticos; continuidad: con: c: conectados, nc: no conectados tamaño: tt: todos los tamaños, mp: muy grueso, g: grueso, m: mediano, f: finos, mf: muy finos; frec: frecuencia, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. Raíces: tam: tamaño, tt: todos los tamaños, mg: muy gruesa, g:grueso, m:mediana, f: fina, mf: muy fina cantidad: cant. p: pocos, f: frecuentes, m: muchos Límite: topo: topografía, o: ondulado, p: plano, i; irregular; nitidez: niti a: abrupto, c:claro, g: gradual, d: difuso.