

**Diagnóstico de la compactación de los suelos
para determinar subsoleo y registro de su
adecuación en lotes agropecuarios,
Zamorano, Honduras**

José Armando Elvir Coello

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Diagnóstico de la compactación de los suelos
para determinar subsoleo y registro de su
adecuación en lotes agropecuarios,
Zamorano, Honduras**

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

Presentado por

José Armando Elvir Coello

Zamorano, Honduras

Noviembre 2016

Diagnóstico de la compactación de los suelos para determinar subsoleo y registro de su adecuación en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras

José Armando Elvir Coello

Resumen. La compactación afecta la producción agrícola limitando el crecimiento radicular y el drenaje adecuado del suelo. Se diagnosticaron propiedades físicas de los suelos afectados por compactación en diez lotes agropecuarios en Zamorano, para determinar la necesidad de subsoleo y evaluar el efecto del mismo. Se calcularon los índices de calidad establecidos por Gauggel Rivas *et al.* (2009) y clase por aptitud según el método USDA (1961) para cada lote. El diagnóstico reveló que todos los suelos seleccionados para el estudio tenían problemas por compactación limitante para el desempeño de los cultivos. Con subsoleo como enmienda física del suelo, el lote denominado La “L” destinado a ganadería, mejoró su calidad y aptitud. Los lotes Portón y Caoba, para producción agrícola, se mantienen en clase IV por aptitud y un índice de calidad bajo (<20), pero mejoró en 9-10% con el subsoleo. La práctica de subsoleo generó el mejoramiento de la calidad de los suelos y de la aptitud para aprovechar su capacidad para producción.

Palabras clave: Adecuación, calidad de suelo, descompactación, mecanización profunda.

Abstract. Soil compaction affects agriculture production limiting root growth and proper drainage. This study diagnosed the physical properties of soil in ten land plots in agriculture production from Zamorano, determined the need of using a subsoil plough and evaluated the effect in the subsoil. Soil quality was measured in each land plot with the index established by Gauggel Rivas *et al.* (2009) and soil aptitude was qualified using the method established by USDA (1961). The diagnostics revealed that every land plot presented soil compaction. With soil remediation methods, “La ‘L’”, used for grazing, had potentially better soil quality and aptitude class. However, “Portón” and “Caoba”, used for crop production, maintain its class but can potentially increase by 9-10% in its quality index. The subsoil plow proved to generate better soil quality and, in some cases, better aptitude class taking advantage of the soils capability for production.

Key words: Compaction, soil aptitude, soil quality, subsoil plough.

CONTENIDO

portadilla.....	i
página de firmas	ii
resumen	iii
contenido	iv
índice de cuadros y figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40
6. LITERATURA CITADA.....	41

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Lotes que se evaluaron para determinar necesidades de subsoleo, Zamorano, Honduras.....	4
2. Aporte de cada propiedad física evaluada para determinar el índice de calidad de los suelos agropecuarios, Zamorano, Honduras.....	6
3. Definición de calidad del suelo según el índice de calidad, Zamorano, Honduras. ..	7
4. Definición de clase por aptitud según las limitantes del suelo, Zamorano, Honduras	8
5. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud de lotes, Zamorano, Honduras.....	12
6. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud actuales y potenciales de lotes evaluados para subsoleo, Zamorano, Honduras.	13
7. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud final del lote después de subsoleo, Zamorano, Honduras.	16
8. Medidas de profundidad y eficiencias de subsoleo, Zamorano, Honduras.	17
9. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras. ...	19
10. Información de calicatas después de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.	20
11. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.....	23
12. Información de calicatas después de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.	24
13. Información de calicatas antes de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras. ...	27
14. Información de calicatas después de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.	30
15. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.....	32
16. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.....	34
17. Información de calicatas antes de subsoleo en lote #7, #10, #17 y #20 de Zona II, Zamorano, Honduras.	36
18. Información calicata antes de subsoleo en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.	37

1. Localización de lotes que se evaluaron para determinar necesidades de subsoleo, Zamorano, Honduras.	3
2. Dimensiones del gancho con aletas y sin aletas del subsolador (Arriba) y el ancho de trabajo con aletas y sin aletas (Abajo) (Figura no está a escala).	9
3. Localización de lotes agropecuarios para determinar subsoleo, Zamorano, Honduras.....	10
4. Evaluación de la fractura del subsoleo en el suelo. (Figura no está a escala)	11
5. Índices de calidad actual (ICA) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	14
6. Índice de calidad potencial (ICP) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	14
7. Clase por aptitud actual (CAA) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	15
8. Clase por aptitud potencial (CAP) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	15
9. Índice de calidad final (ICF) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	16
10. Clase por aptitud final (CAF) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.	17
11. Ubicación de calicatas en lote Portón, Zamorano, Honduras.....	18
12. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.	19
13. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote portón, Zamorano, Honduras.....	20
14. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.	21
15. Ubicación de calicatas en lote Caoba, Zamorano, Honduras.	22
16. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.	23
17. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.....	24
18. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.	25
19. Ubicación de calicatas en lote La "L", Zamorano, Honduras.	26
20. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.	28
21. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.....	29
22. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.	30
23. Ubicación de calicatas en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.	31
24. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.	32
25. Ubicación de calicatas en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.	33
26. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.	34
27. Ubicación de calicatas en lotes de Zona II, Zamorano, Honduras.	35
28. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lotes #7, #13, #17 y #20 Zona II, Zamorano, Honduras.....	36
29. Ubicación de calicata en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.	37
30. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.....	38

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso en constante transformación afectado por factores que naturalmente lo degradan. Los tipos de degradación pueden ser desplazamientos de suelo por acción eólica e hídrica o deterioro físico como compactación (Porta Casanellas y Acevedo Reguerín 2005). Sin embargo, la actividad humana, la falta de conocimiento y el manejo no establecido en función al suelo, han acelerado estos procesos. Se requiere de un conocimiento especializado para describir el suelo y relacionar el impacto en el uso (Gauggel Rivas *et al.* 2009).

La clasificación por calidad y aptitud del suelo son una de muchas maneras de agrupar los suelos (Klingebiel y Montgomery 1961). Es importante reconocer los indicadores de degradación y evaluar la susceptibilidad del suelo en los lotes; esta información permite definir la calidad de forma cuantitativa (USDA 1999). Los componentes de evaluación deben ser interpretados para agrupar formas de clasificación que se adapten a las necesidades del usuario. Solo hasta después de evaluar la calidad del suelo se decide el uso (FAO 2009).

Las actividades de manejo deben establecer como prioridades funciones del suelo, registros históricos y estudios de la zona (Landon 1991). Existe una secuencia de pasos generales para crear formas de clasificación. La evaluación del suelo se debe hacer de forma sistemática de tal manera que permita definir la calidad y cuantificarla para conocer los posibles usos (USDA-NRCS 2011). Es importante entender que los conceptos de evaluación de suelo son una colección de principios y procesos para desarrollar un sistema, pero no son un sistema en sí (Verheye *et al.* 2009).

El propósito de clasificar los suelos es facilitar el proceso de toma de decisiones, tiene diferentes aplicaciones y es manipulable para la intención del usuario. Estas clasificaciones que se fundamentan en el suelo se han ido creando para cada país o para regiones (FAO 1976). Estas han resultado exitosas para determinar factores operativos, principalmente agropecuarios ya que los sistemas de clasificación se siguen basando en estas teorías (OEA 1977, OEA 1978).

El suelo es el medio vivo que utiliza la agricultura para la producción de alimentos. Un suelo balanceado se compone de 50% material mineral y orgánico, 25% agua y 25% aire, que proveen nutrientes que la planta puede extraer. Las raíces necesitan aire para la respiración celular y los minerales se solubilizan en el agua para hacerlos disponibles para la planta (Verheye *et al.* 2009).

La porosidad es un factor del suelo que permite el flujo de aire y agua a través de él. Existen diferentes tipos de poros en el suelo. Los intra-pedales son aquellos que se forman dentro del agregado de suelo y no siempre están conectados (vesiculares). No son responsables de crecimiento radicular ya que en estos poros quedan atrapados nutrientes y agua no disponibles para la planta. Los poros inter-pedales son los que se forman entre los agregados de suelo. Estos si son responsables del crecimiento radicular y el flujo interno del agua y aire (Wischmeier y Smith 1978).

La manera de perder porosidad es a través de la compactación que también es una de las principales formas de degradación que afecta la estructura y el potencial de producción del suelo (Riquelme Sanhueza y Carrasco Jiménez 2011). La compactación también dificulta la infiltración, aumentando el agua superficial que genera escorrentía y erosión, lo que causa la pérdida del epipedón, llevándose material mineral y orgánico arrastrado (Porta Casanellas y Acevedo Reguerín 2005). Una causa de compactación es la preparación del suelo a una misma profundidad de manera rutinaria o en estado húmedo ya que causa la formación de un pie de arado que actúa como barrera para el desarrollo de raíces (Barahona Flores 2000). Esta barrera obliga a las raíces a parar su crecimiento en profundidad y crecer lateralmente. El pisoteo animal también puede compactar pero no de la misma manera, lo que refleja en el rendimiento de pasturas por el sobrepastoreo (Guerra Serrano y Mendieta Servellón 2011). La adecuación, prevención y manejo de los suelos se debe hacer con base en las necesidades y actividades desarrolladas de cada lote (Spaans y Nuñez 2006).

La compactación también se evidencia en estructuras masivas o laminares lo que significa que no hay poros continuos. La falta de poros conectados crea una barrera impermeable para el flujo de agua. Esto obliga que el movimiento del agua sea de forma lateral y no permite que infiltre más agua superficial. Es común encontrar manchas o moteo rojizo y amarillo que indican oxidación, pobre drenaje y cambios de nivel freático (Smith *et al.* 2006).

El subsolador es un implemento con ganchos, rectos u oblicuos, que se insertan en el suelo a profundidades de 60-75 cm y a velocidades entre 3-5 km/h (Márquez 2000). La labor de subsoleo se hace para reducir la compactación natural o mecánica, fragmentar capas profundas y aumentar la cantidad de poros entre los agregados de suelo (inter-pedales). Esto permite una mejor germinación, genera mayor movimiento de agua, aireación y promueve un mejor desarrollo radicular (Fino Alemán y Álvarez Aguilar 2005). Este equipo es recomendado en terrenos con baja permeabilidad, con poca profundidad efectiva y susceptibles a erosionarse (Riquelme Sanhueza y Carrasco Jiménez 2011). En casos así se recomienda diseñar el subsoleo asociado con conceptos de drenaje que facilite la infiltración y el escape de agua (Márquez 2000).

Los objetivos de este estudio fueron evaluar físicamente la calidad y clase por aptitud en suelos compactados de diez lotes en producción agropecuaria en Zamorano, Honduras. Luego, determinar lotes con necesidad de subsoleo, desarrollarlo y evaluar la descompactación para así generar información y aportar al registro histórico de cada lote.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de Zona de Estudio. El estudio se realizó entre los meses de enero y mayo del año 2016 en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, localizada a 30 km sur de la ciudad de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras en 10 lotes con vocación agropecuaria. El paisaje es un valle fluvial con suelos de depósitos aluviales recientes (Arévalo Valderrama y Gauggel Rivas 2016). Los lotes se encuentran entre 720-780 msnm e históricamente la temperatura promedio anual es de 24° C con una precipitación promedio anual de 1100 mm (Figura 1).

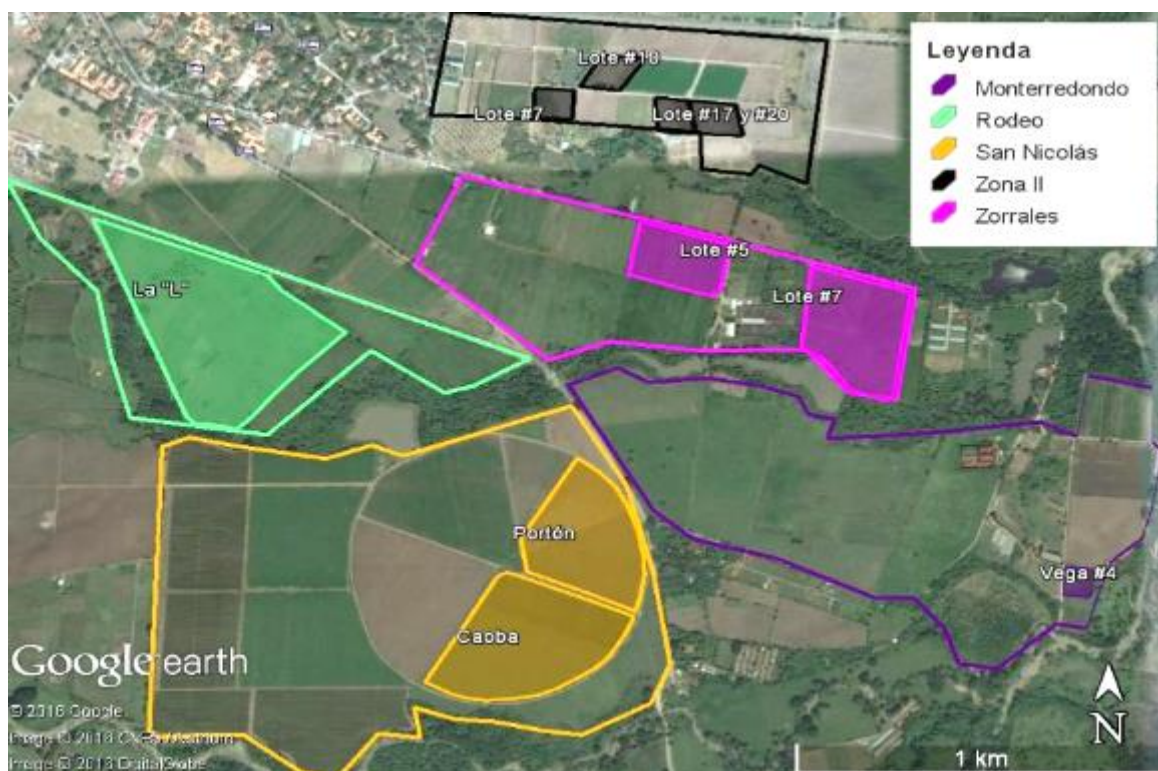


Figura 1. Localización de lotes que se evaluaron para determinar necesidades de subsuelo, Zamorano, Honduras.

Determinación de área para subsuelo. La selección de los lotes de estudio se realizó con base en trabajos previos de diagnóstico de la condición de los suelos en las áreas agropecuarias de Zamorano (Esquivel Palma y Mendoza Barzola 2011, Smith Miller 2012,

Lovo Silva *et al.* 2013, Rodriguez Mata 2014, Barzola Barco *et al.* 2015) los cuales realizaron evaluaciones de suelo con índices de calidad (Gauggel Rivas *et al.* 2009). Además se utilizaron estudios realizados para evaluar el efecto del subsuelo en algunas áreas (Guerra Serrano y Mendieta Servellón 2011, Bustos Estévez y Chicaiza Guishcaso 2011, Galarza Brito 2011, Artica Ortega y Altamirano Maldonado 2015) y con la

participación de los encargados de cada lote para seguir los planes de producción. Los lotes que se evaluaron se conocen como La "L", Caoba, Portón, Vega #4, Zorrales #5, Zorrales #7, Zona II lotes #7, #10, #17 y #20 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lotes que se evaluaron para determinar necesidades de subsuelo, Zamorano, Honduras.

Finca	Lote	Área (ha)	Unidad Productiva	Actividad
San Nicolás	Portón	9.85	Producción granos y semillas	Siembra maíz, sorgo y frijol
	Caoba	13.45		
El Rodeo	La "L"	20.67	Ganado de carne	Pastoreo y siembra sorgo
Zorrales	#5	4.17	Ganado lechero	Pastoreo
	#7	8.46		
Zona II	#7	0.94	Producción semillas	Siembra maíz
	#10	1.16		
	#17 y #20	2.17	Proyecto de Investigación Frijol (PIF)	Siembra frijol
	Vega #4	0.70		
Monterredondo			Proyecto de Investigación Frijol (PIF)	Siembra frijol
Total		61.57		

Evaluación de los suelos en cada lote. El estado del suelo se evaluó en campo usando una calicata con dimensiones de 1 m × 1 m × 1 m amontonando el suelo extraído por horizontes para tratar de reconstituirlo al cerrar cada una. Se escarificó una cara del perfil donde se delimitaron los horizontes con un cuchillo edafológico. Se separó material que representa todo el horizonte (Porta Casanellas y Acevedo Reguerín 2005). El material extraído se muestreó para describir la textura, estructura, forma, tamaño y los poros presentes (Arévalo Valderrama y Gauggel Rivas 2016). Se le dio importancia a la identificación de materiales arenosos y arcillosos, así como determinar la presencia de nivel freático.

Los componentes físicos como la textura y consistencia se describieron utilizando el método organoléptico en campo (USDA-NRCS 2011). La resistencia a la penetración (RP) es un factor que puede indicar el efecto en el crecimiento radicular debido a compactación. Con un penetrómetro de bolsillo, se realizaron cinco mediciones en cada horizonte y se promediaron (USDA 1999). El límite se estableció en 2.3 kg/cm² como suficiente para afectar el desarrollo radicular¹. La profundidad efectiva se estableció con base en la primera propiedad limitante encontrada en el suelo. Se midió desde la superficie del suelo hasta encontrar presencia de fragmentos gruesos, un horizonte

¹ C. Gauggel, Ph.D. Comunicación verbal. Zamorano, Honduras 2016.

compactado o estructura masiva. Se determinó el color del suelo y la presencia de motas con la tabla Munsell (Munsell 2009) lo cual permitió poder apreciar mejor el movimiento de agua y aire (FAO 2009).

Índices de calidad y clase por aptitud del suelo. Los índices de calidad se establecieron con criterio cuantitativo para clasificar el efecto del suelo de acuerdo a sus características físicas y morfológicas (Gauggel Rivas *et al.* 2009). Los índices de calidad determinan el efecto de los factores del suelo en la planta. Los criterios establecidos son indicadores para sistemas agropecuarios y suponen describir el suelo específico. Las propiedades físicas para calcular el índice de calidad fueron la textura, estructura, resistencia a la penetración (RP), profundidad efectiva (Pe), fragmentos gruesos (FG), conductividad hidráulica (CH), densidad aparente (DAP) y erosión (E) (Lovo Silva *et al.* 2013, Rodriguez Mata 2014, Barzola Barco *et al.* 2015).

Cada propiedad física considerada tiene un valor que aporta un efecto sobre el índice de calidad y determina la influencia que tiene el factor sobre la producción agropecuaria (Gauggel Rivas *et al.* 2009). Se desglosó cada factor y el valor en la escala de cada característica se determinó según el efecto que tienen sobre la calidad del suelo (Cuadro 2).

Los suelos se evaluaron por horizonte para obtener un índice de calidad más específico. En cada horizonte se midió y se estipuló un valor de ponderación. Esta ponderación indicó la participación del horizonte respecto a todo el perfil evaluado; se derivó de la relación entre el espesor del horizonte con la profundidad de todo el perfil.

La calidad se determinó con la información del suelo evaluado y se asignó un valor por característica para cada horizonte. El valor asignado se multiplicó con la ponderación del horizonte y se sumaron los valores de los horizontes por característica [1]. Esta suma se multiplicó por el efecto de cada propiedad física que corresponde. La sumatoria de todos los índices da como resultado el índice de calidad del suelo [2]. Estos índices definen la calidad del suelo y facilitan la toma de decisiones acerca del uso y manejo (Cuadro 3) (Gauggel Rivas *et al.* 2009).

En este estudio se derivaron dos índices: uno de la calidad actual (ICA) con los registros de campo y otro de la calidad potencial (ICP) calculado con el horizonte de mayor valor en cada característica y comparándolos con índices anteriores. La diferencia entre el ICP con el ICA indica el cambio potencial del suelo si se hacen enmiendas. Este resultado se relacionó con el índice 33.2, que se consideró como el máximo que se puede obtener, expresado porcentualmente [3] (Lovo Silva *et al.* 2013, Rodriguez Mata 2014, Barzola Barco *et al.* 2015).

$$\text{Total características} = \sum(\text{Característica horizonte} \times \frac{\text{Espesor del horizonte}}{\text{Profundidad de perfil}}) \quad [1]$$

$$\text{Índice de calidad} = \sum(\text{Total característica} \times \text{efecto ponderado}) \quad [2]$$

$$\text{Incremento} = \frac{(ICP-ICA)}{33.2} \times 100 \quad [3]$$

Cuadro 2. Aporte de cada propiedad física evaluada para determinar el índice de calidad de los suelos agropecuarios, Zamorano, Honduras.

Índice	Text. ^β (0.6)	Est. ^g (0.35)	RP ^η kg/cm ² (0.35)	Pe ^z cm (0.4)	FG ^γ vol. (0.45)	CH ^z m/día (0.35)	DAP ^p Mg/cm ³ (0.35)	E ^υ (0.4)
10	F	G	0.00- 1.75	>120	<0.1	0.5		<0.09
9	FL	BSmf			0.1- 1.0	1.5	1.10- 1.30	
8	FArL	BAmf, BAf, BSf	1.75- 2.30	90- 120		1.5	>1.00	0.10- 0.19
7	Amf, FArA, Af, FAr<35%	BAf				3.0	1.31- 1.40	0.20- 0.29
6	FA	BAm, BSm		60- 89	1.1- 3.0	3.0- 6.0		
5	Am	BSg, BSmg PRf,			3.1- 15	0.1- 0.5	1.41- 1.50	
4	Ag, FAr>35%	PRmf, BAg, BAmg	2.30- 3.25	30- 59		6.0- 12.0	1.51- 1.60	0.30- 0.39
3	ArL, ArA				15-50			
2	Ar, L, AF	PRm	3.25- 4.5		50-80	0.1	>1.61	0.40- 0.59
1	Ag, Amg	LA, MA, PRg, PRmg	>4.5	>30	>80	>12.0; <0.05		>0.60

Símbolos: ^β Text.: Textura (F: Franco, L: Limoso, Ar: Arcilloso), f: fino, ^g Est.: Estructura (G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, PR: Prisma, LA: Lamina, MA: Masivo), mf: muy fino, m: mediano, g: grueso, mg: muy grueso, ^η RP: Resistencia a la penetración, ^z Pe: Profundidad efectiva, ^γ FG: Fragmentos gruesos, ^z CH: Conductividad hidráulica, ^p DAP: Densidad aparente, ^υ E: erodabilidad.

Fuente: Gauggel Rivas *et al.* 2009.

Cuadro 3. Definición de calidad del suelo según el índice de calidad, Zamorano, Honduras.

Índice de calidad	Calidad del suelo
>36	Alta
30-36	Media
20-29	Baja
<20	Muy baja

Fuente: Gauggel Rivas *et al.* 2009.

Con la textura y estructura de cada lote se estimó la conductividad hidráulica y densidad aparente (DAP) (Lovo silva *et al.* 2013). Estos factores se estimaron debido a que el efecto del subsolador en la porosidad de los agregados es mínima y ya se ha estudiado; se buscó la fractura en el perfil y la porosidad entre los agregados. El interés fue facilitar el movimiento interno del agua y favorecer el crecimiento radicular. También, los suelos en estos lotes no afectan el valor del índice por cambios de medidas detalladas como las que obtendríamos con un cilindro volumétrico y con infiltrómetros de cilindro (FAO 2009).

La erodabilidad se determinó con el factor “K” (Mantel 1993) que nos indicó la susceptibilidad del suelo a erosionarse (Rodriguez Mata 2014). Este lo indicó un nomograma que usa el porcentaje de arenas finas con limo, porcentaje de arena, porcentaje de materia orgánica, estructura del suelo y su permeabilidad (Wischmeier y Smith 1978).

La clase por aptitud del suelo permitió organizarlos en base a actividades agropecuarias posibles. También se identificaron las limitantes para el desarrollo de estas actividades, las prácticas de manejo y de conservación del suelo. En cada perfil evaluado se identificaron los factores más limitantes en la producción agropecuaria (Lovo Silva *et al.* 2013). Los factores limitantes considerados fueron textura (t), erosión (e), drenaje (d), pedregosidad (p) y profundidad efectiva (Pe) (Klingebiel y Montgomery 1961). Se establecieron dos clases: la primera de aptitud actual (CAA) con los registros de campo y la segunda de aptitud potencial (CAP) con los factores estimados según el valor más alto por característica.

Las clases se definieron según el método establecido por Klingebiel y Montgomery (1961) en el manual de USDA (1961) (Cuadro 4). La clase I clasificó suelos con pocas limitantes para desarrollar actividades agropecuarias. A medida que aumenta la clase por aptitud también incrementan las limitantes para desarrollar actividades agropecuarias, el manejo y disminuye los cultivos que se pueden producir, hasta llegar a la clase V donde no se recomienda utilizar el suelo para agricultura.

Cuadro 4. Definición de clase por aptitud según las limitantes del suelo, Zamorano, Honduras.

Clase por aptitud	Parámetro evaluado				
	Pe ^β	p ^z	t ^g	d ^η	e ^p
I	Muy profundo (Mayor 120 cm)	Sin pedregosidad (0-5%)	F, FL, L, FAf	Bueno (0.5-3 m ³ /día)	Nula
II	Profundo (90-120 cm)	Ligeramente pedregoso (5-10%)	AFf, FAm, FAg, FAr, FArL, FArA	Mod. excesivo (6.1-12 m ³ /día)	Ligera
III	Mod. profundo (60-90 cm)	Mod. pedregoso (10-15%)	A, AFm, AFg, FArm	Mod. lento (0.1-0.5 m ³ /día)	Mod.
IV	Poco profundo (30-60 cm)	Pedregoso (15-25%)	Ar, ArA, ArL	Excesivo (>12 m ³ /día)	Severa
V	Superficial (0-30 cm)	Muy pedregoso (25-50%)		Muy lento (<0.1 m ³ /día)	Muy severa

Símbolos: β Pe: Profundidad efectiva, Mod: Moderadamente, z p: pedregosidad, g t: textura (F: Franco, L: Limoso, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, f: fino), η d: drenaje, p e: erosión.

Fuente: Klingebiel y Montgomery 1961.

Definición y desarrollo de subsoleo. Con la información obtenida se diseñó por lote el subsoleo para mejorar el estado físico del suelo y el movimiento interno del agua según la actividad agropecuaria a realizar. Se utilizó como maquinaria un tipo de tractor Bulldozer John Deere, con tracción de oruga, que trabajó a velocidades entre 3-4 km/h y 175 caballos de fuerza. Se utilizaron dos tipos de ganchos rectos, uno sin accesorio y otro con aletas². Ambos tipos de ganchos tenían un largo de 0.70 m y una separación de 2 m (Figura 2).

El análisis definió hacer dos pases del subsolador. La dirección del primer pase se hizo a favor de la pendiente para direccionar el agua y sin ganchos para facilitar la profundización; el segundo pase se hizo 45° transversal al primer pase para dirigir el agua hacia los extremos del lote y usando ganchos para mejorar la fractura. En ambos pases el subsolador regresó entre los ganchos para reducir el ancho de trabajo a 1 m y lograr una mejor fractura.

² F. Álvarez, Ing. Encargado unidad maquinaria. Comunicación verbal. Zamorano, Honduras 2016 (falvarez@zamorano.edu).

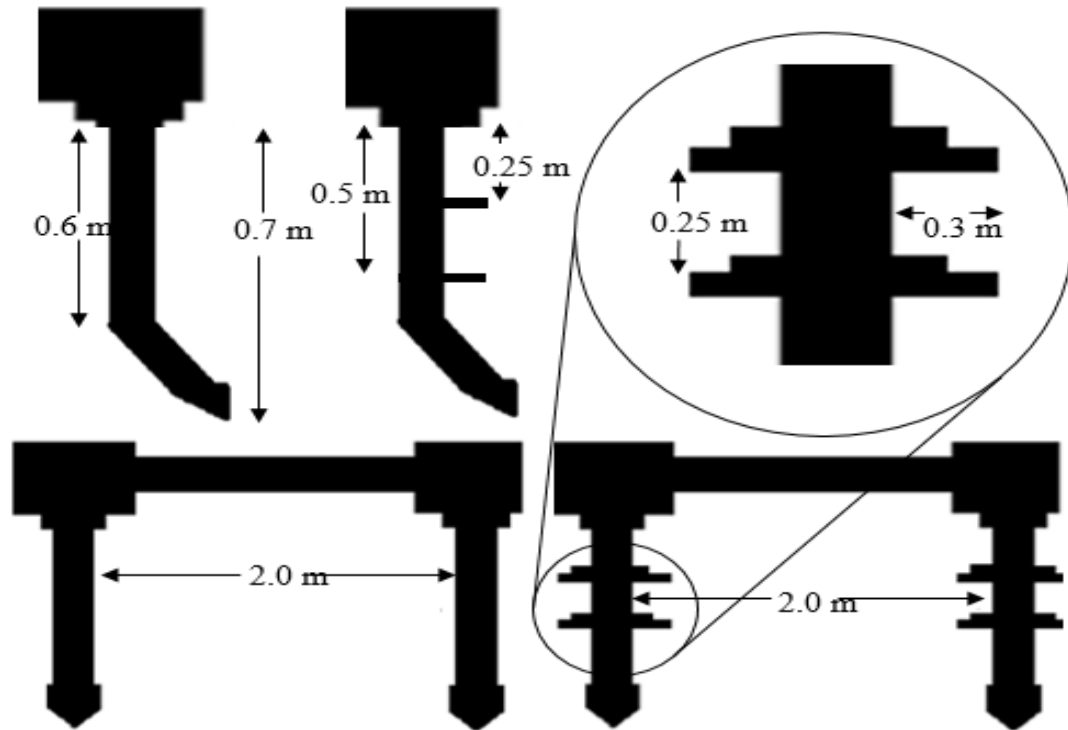


Figura 2. Dimensiones del gancho con aletas y sin aletas del subsolador (Arriba) y el ancho de trabajo con aletas y sin aletas (Abajo) (Figura no está a escala).

La profundidad ideal (P_i) del subsuelo dependerá de la profundidad del crecimiento radicular del cultivo a sembrar. Además se agrega una constante de aproximadamente 30% por resistencias externas a factores del suelo, como rastrojo o tuberías, que levantan el implemento. La profundidad potencial (P_p) se limitó al largo del gancho. Tomando en consideración el 30% de resistencia se estimó una profundidad real (P_r) alrededor de 0.48 m en todo el perfil.

Debido a la necesidad y la disponibilidad de la unidad productiva, el subsuelo se implementó en los lotes La “L”, Portón y Caoba (Figura 3). Los otros lotes no se subsolaron por el límite de tiempo, falta de disponibilidad o por interferir con siembras o investigaciones en el lote, pero siempre se registraron para próximas adecuaciones de subsuelo.

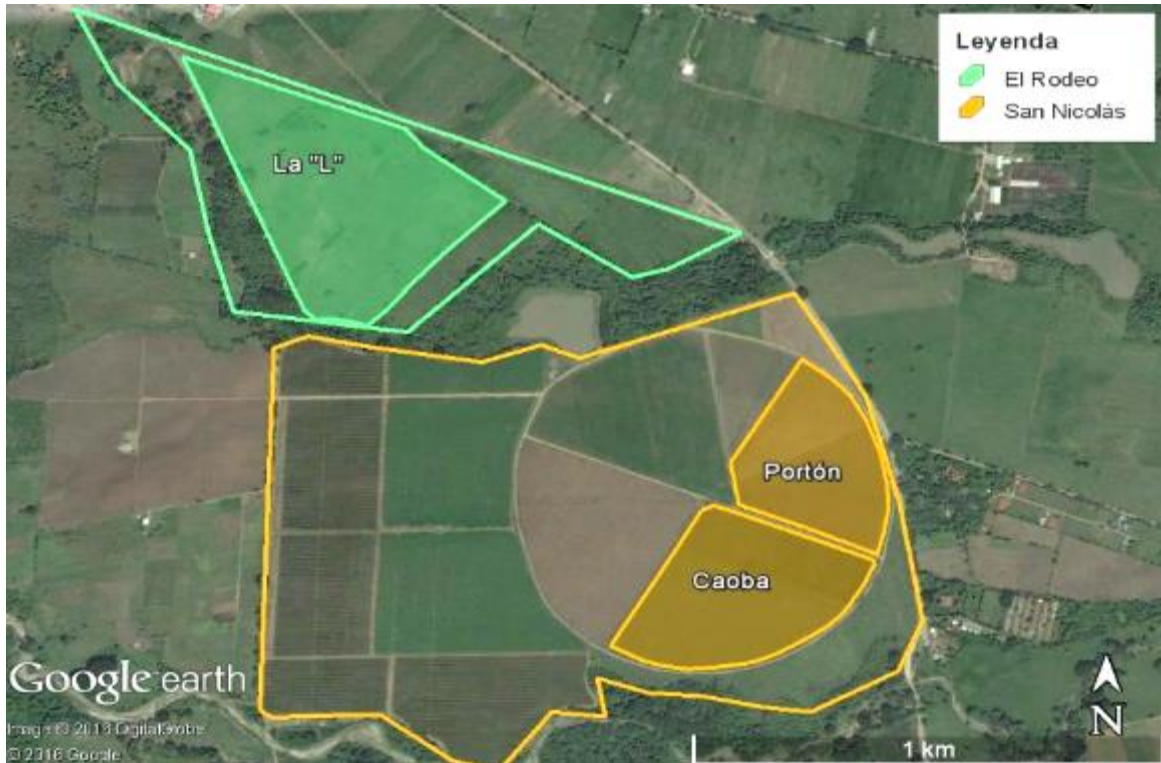


Figura 3. Localización de lotes agropecuarios para determinar subsoleo, Zamorano, Honduras.

Evaluación. Durante el subsoleo se supervisó que el trabajo siguiera el diseño establecido y se controló la uniformidad en la profundidad de los ganchos viendo que el tractorista mantuviera la penetración del implemento y la dirección de la maquinaria durante el trabajo. Al finalizar la actividad de subsoleo se describieron las características como se hizo previamente. La información de las propiedades del suelo se registró y se evaluó indicando un índice de calidad final (ICF) y una clase por aptitud final (CAF).

Adicionalmente a la profundidad ideal (P_i) y la potencial (P_p), se midió la profundidad real (P_r) identificando el pase de los ganchos y la profundidad de fractura (P_f) reconociendo el punto de fractura más superficial de un arco cóncavo que se forma entre el pase de los ganchos (Figura 4). Con estas variables se calcularon la eficiencia de penetración (E_p), que indicó cuanto penetró el gancho de lo potencial [4]; eficiencia de fractura (E_f), que indicó el efecto entre los ganchos [5]; y eficiencia neta (E_n) que combina el efecto general en el suelo [6] (Arévalo Valderrama y Gauggel Rivas 2016).

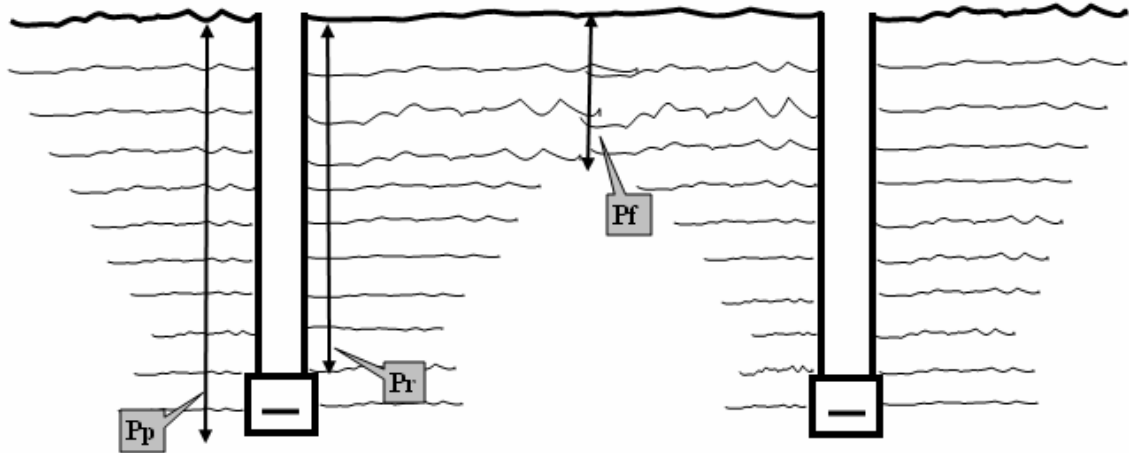


Figura 4. Evaluación de la fractura del subsoleo en el suelo (Figura no está a escala).
Fuente: Arévalo Valderrama y Gauggel Rivas 2016.

$$\text{Eficiencia de penetración} = \frac{\text{Profundidad de fractura (m)}}{\text{Profundidad real (m)}} \times 100 \quad [4]$$

$$\text{Eficiencia de fractura} = \frac{\text{Penetración (\%)} \times \text{Fractura (\%)}}{100} \times 100 \quad [5]$$

$$\text{Eficiencia Neta} = \frac{\text{Profundidad real (m)}}{\text{Profundidad potencial (m)}} \times 100 \quad [6]$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices de calidad de suelo y clases por aptitud de lotes agropecuarios evaluados para determinar subsoleo, Zamorano, Honduras. Las mayores limitantes del suelo encontradas fueron la poca profundidad efectiva, la presencia de texturas finas horizontes con estructuras degradadas. Todos los suelos se encontraban con baja calidad y clases por aptitud de IV y V a las que se le atribuyó un color representativo en los mapas (Cuadro 6).

Cuadro 5. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud de lotes, Zamorano, Honduras.

Color	Índice de calidad	Calidad del suelo	Clase por aptitud
Azul	>36	Alta	I
Verde	30-36	Media	II
Amarillo	20-29	Baja	III
Rojo	<20	Muy baja	IV
Rojo Oscuro			V

El potencial de mejora en la aptitud indica el aumento de actividades, el manejo y conservación que se definió. El subsoleo se decidió implementar en el 71% del área evaluada que lo forman los lotes Portón, Caoba y La “L”. Los lotes Portón y Caoba potencialmente pueden incrementar su índice de calidad un 10% y 9% respectivamente, aunque esto no vaya a afectar su clasificación. Mientras que el lote La “L” puede incrementar la calidad un 12% y también clasificarlo como calidad baja (Cuadro 7).

Cuadro 6. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud actuales y potenciales de lotes evaluados para subsoleo, Zamorano, Honduras.

Finca	Lote	Área (ha)	ICA ^p	ICP ^a	Inc. p ^z		CAA ^d	CAP ^v
					Índice	%		
San Nicolás	Portón	9.85	14	18	3	10	IV	IV
	Caoba	13.45	16	19	3	9	IV	IV
El Rodeo	La "L"	20.67	17	21	4	12	IV	III
Zorrales	#5	4.17	15	20	4	12	IV	III
	#7	8.46	17	22	5	15	IV	III
Zona II	#7	0.94	16	17	1	3	IV	IV
	#10	1.16	13	16	3	9	V	IV
	#17 y #20	2.17	15	18	3	9	V	IV
	Vega #4	0.70	15	20	5	14	IV	III
Total		61.57						

Símbolos: ^p ICA: Índice de calidad actual, ^a ICP: Índice de calidad potencial, ^z Inc. p: Incremento potencial, ^d CAA: Clase por aptitud actual, ^v CAP: Clase por aptitud potencial.

Los suelos en la finca San Nicolás que representan el 38% del área evaluado, se encontraron con índices de calidad (ICA) e índices de calidad potencial (ICP) menores a 20 lo que limita la clasificación de la calidad del suelo. En la finca rodeo se encontraron índices de calidad (ICA) menores a 20 y el índice de calidad potencial (ICP) estimó un aumento de clasificación en la calidad del suelo. Este es el mismo caso en los lotes evaluados de la finca Zorrales y Monteredondo que juntos representan el 55% del área evaluada. El restante 7% del área son los lotes de la finca Zona II que se encontraron con índices de calidad (ICA) e índices potenciales (ICP) limitados a 20 (Figura 5, Figura 6).

También se identificaron las clases por aptitud de los suelos (CAA) y en la finca San Nicolás igualmente se vieron limitados a clase IV. En el lote La "L", la clase por aptitud potencial (CAP) indica una mejora a clase III. Pero en la finca Zona II, los lotes #10, #17 y #20 se encontraron mejoras en clases por aptitud potencial (CAP) a clase IV (Figura 7, Figura 8).

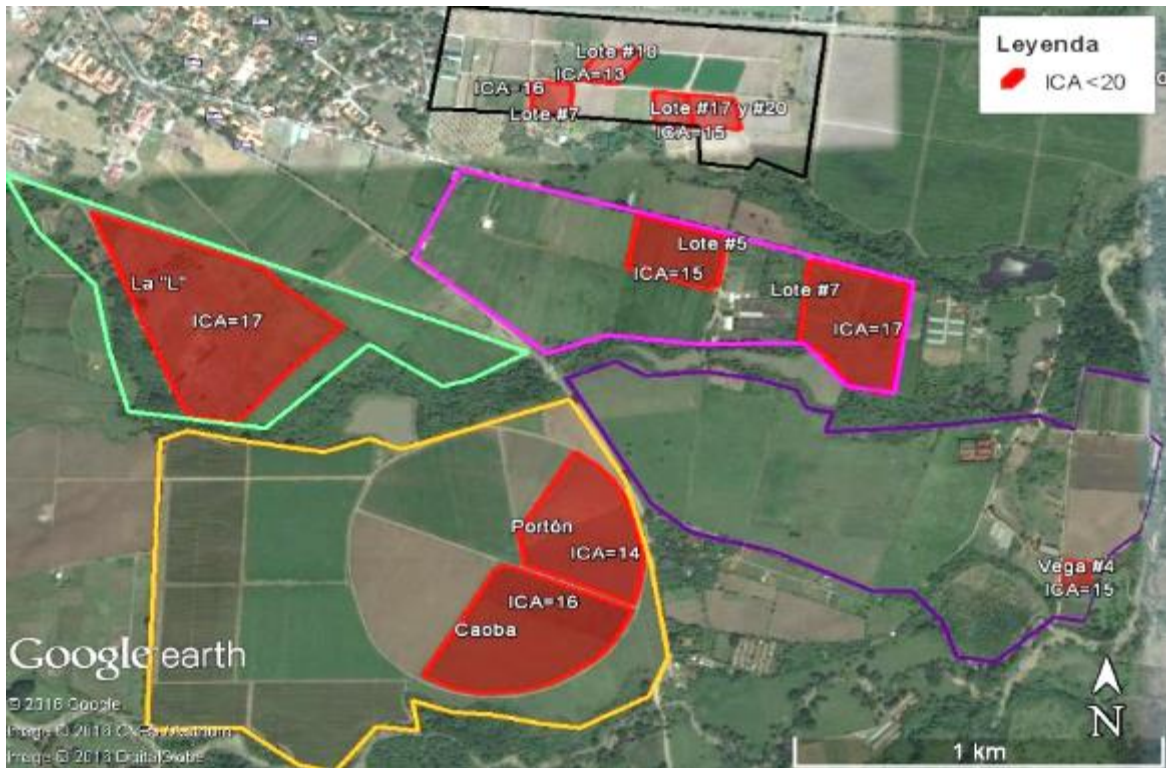


Figura 5. Índices de calidad actual (ICA) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

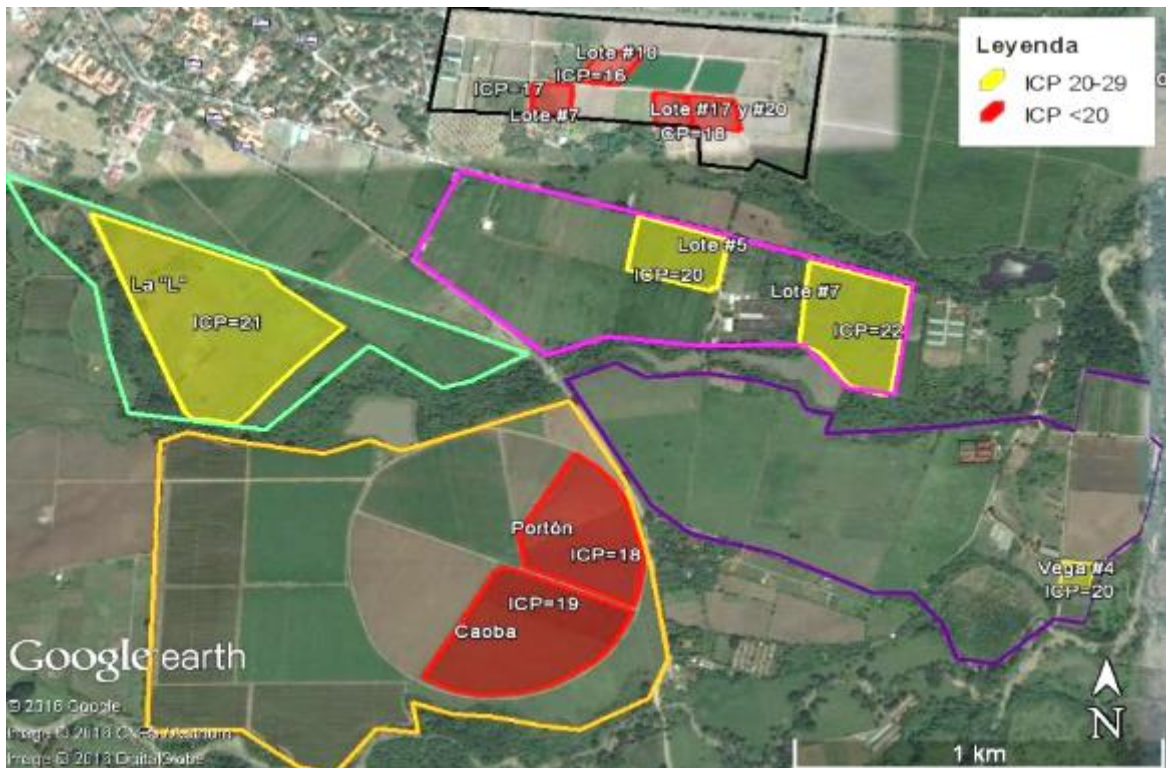


Figura 6. Índice de calidad potencial (ICP) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

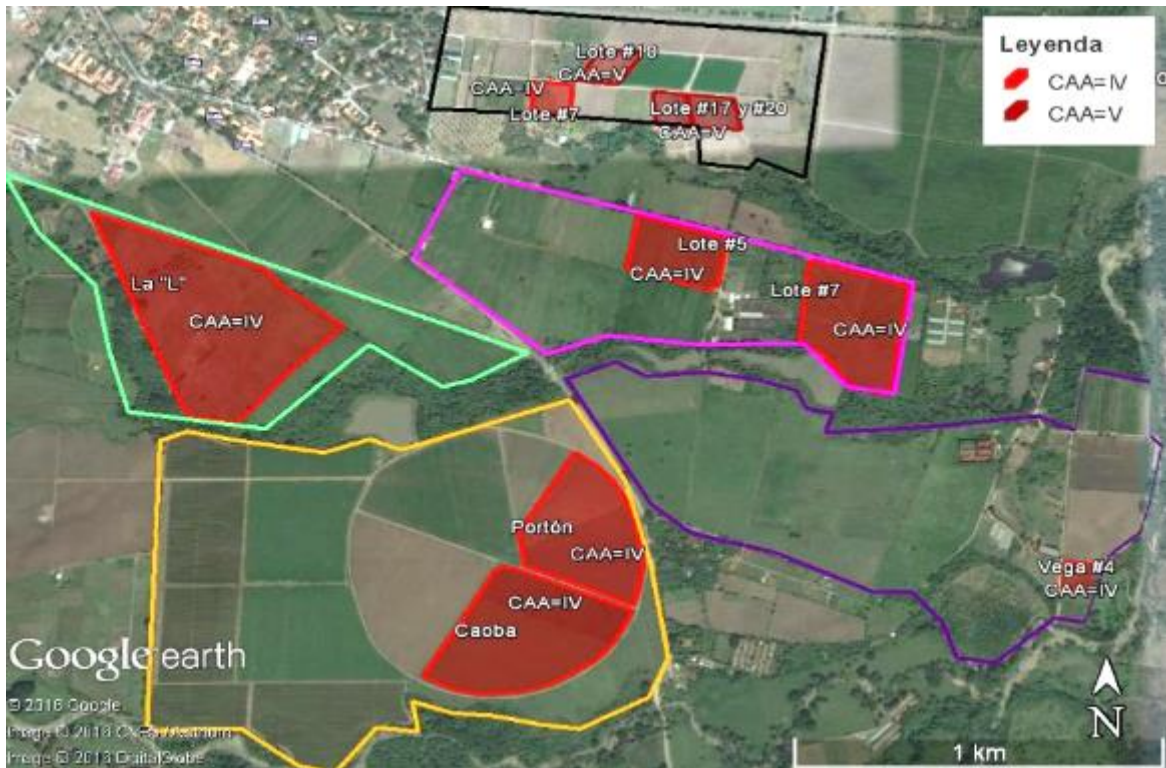


Figura 7. Clase por aptitud actual (CAA) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

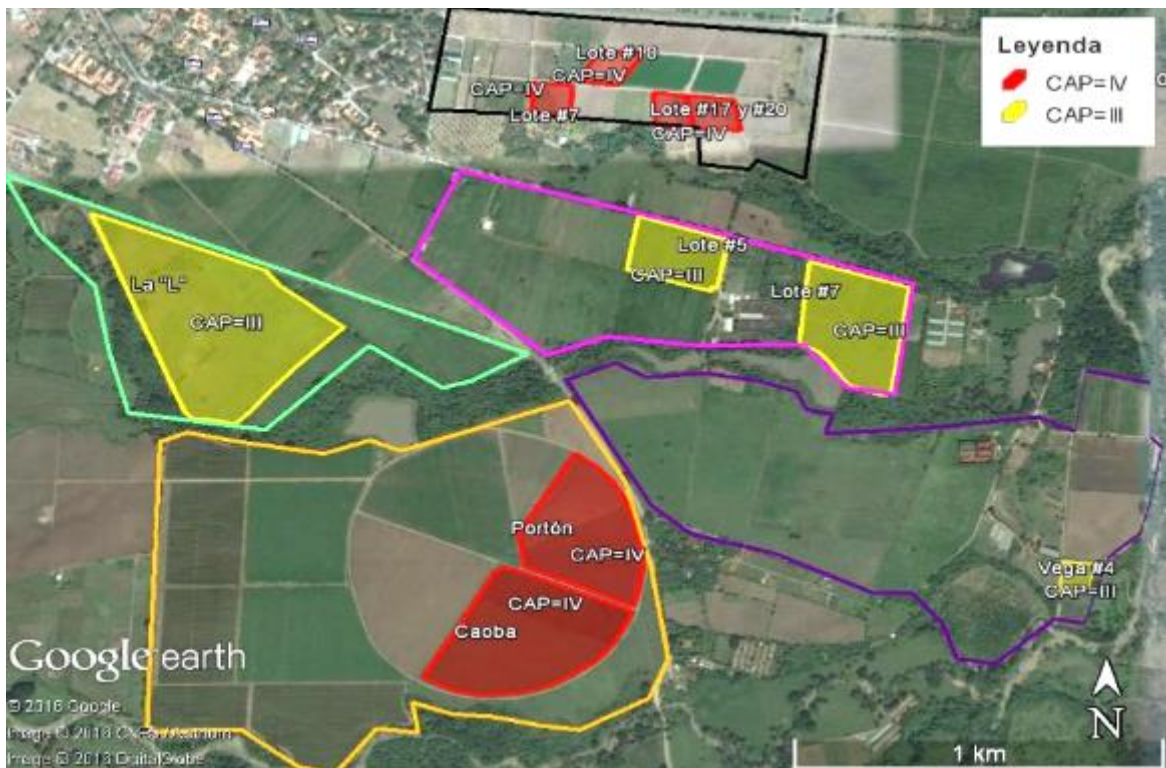


Figura 8. Clase por aptitud potencial (CAP) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

Índices de calidad de suelo y clases por aptitud de lotes agropecuarios subsolados 2016, Zamorano, Honduras. En los lotes Portón y Caoba, los índices de calidad (ICF) aumentaron después del subsoleo donde se logró mejorar completamente los índices de calidad potenciales (ICP) que se habían calculado y, como esperado, la clase por aptitud (CAF) se mantuvo en IV para ambos. En el caso del lote La "L", el índice de calidad (ICF) aumentó después del subsoleo pero solo logró un incremento parcial del índice potencial (ICP). Igualmente, su clase por aptitud (CAF) mejoró de IV a III (Cuadro 8, Figura 9, Figura 10).

Cuadro 7. Índices de calidad de suelo y clases por aptitud final del lote después de subsoleo, Zamorano, Honduras.

Finca	Lote	Área (ha)	ICA ^o	ICF ^o	Incremento %			CAA ^d	CAF ^o
					ICF ^o	ICP ^o	Logro		
San Nicolás	Portón	9.85	14	18	10	10	Completo	IV	IV
	Caoba	13.45	16	19	9	9	Completo	IV	IV
El Rodeo	La "L"	20.67	17	20	10	12	Parcial	IV	III
	Total	43.97							

Símbolos: ^o ICA: Índice de calidad actual, ^o ICF: Índice de calidad final, ^o ICP: Índice de calidad potencial, ^d CAA: Clase por aptitud actual, ^o CAF: Clase por aptitud final.

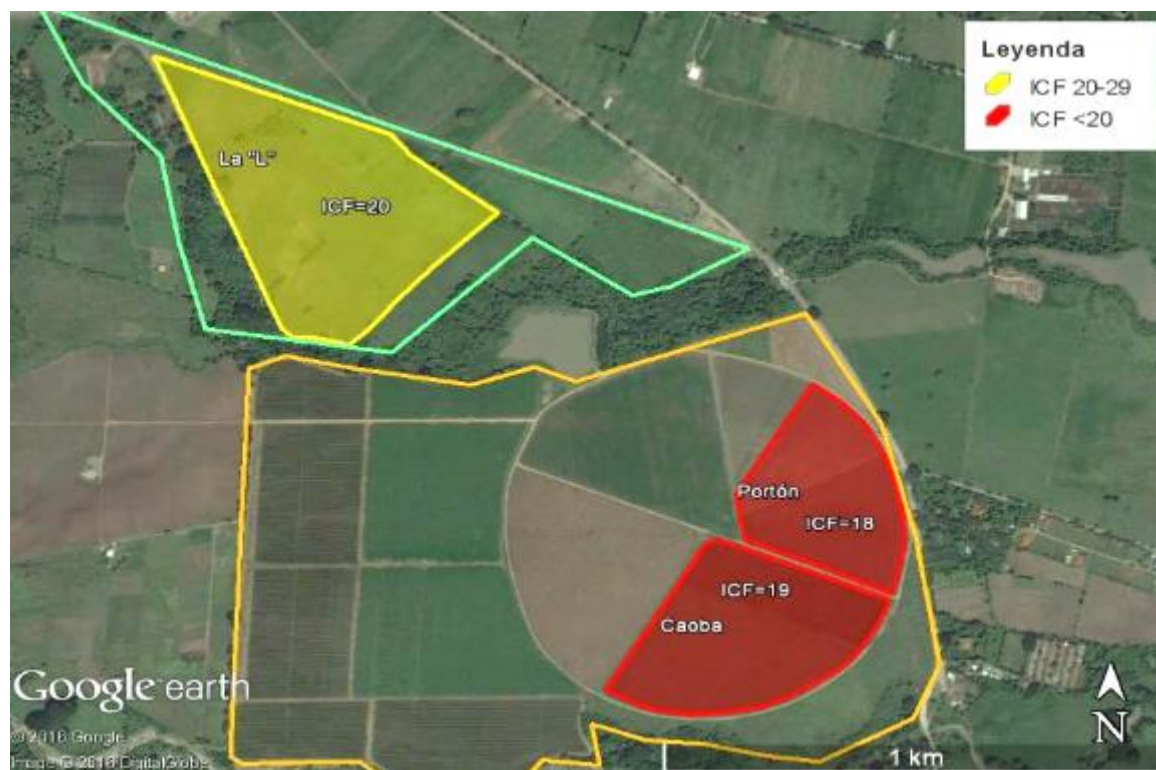


Figura 9. Índice de calidad final (ICF) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

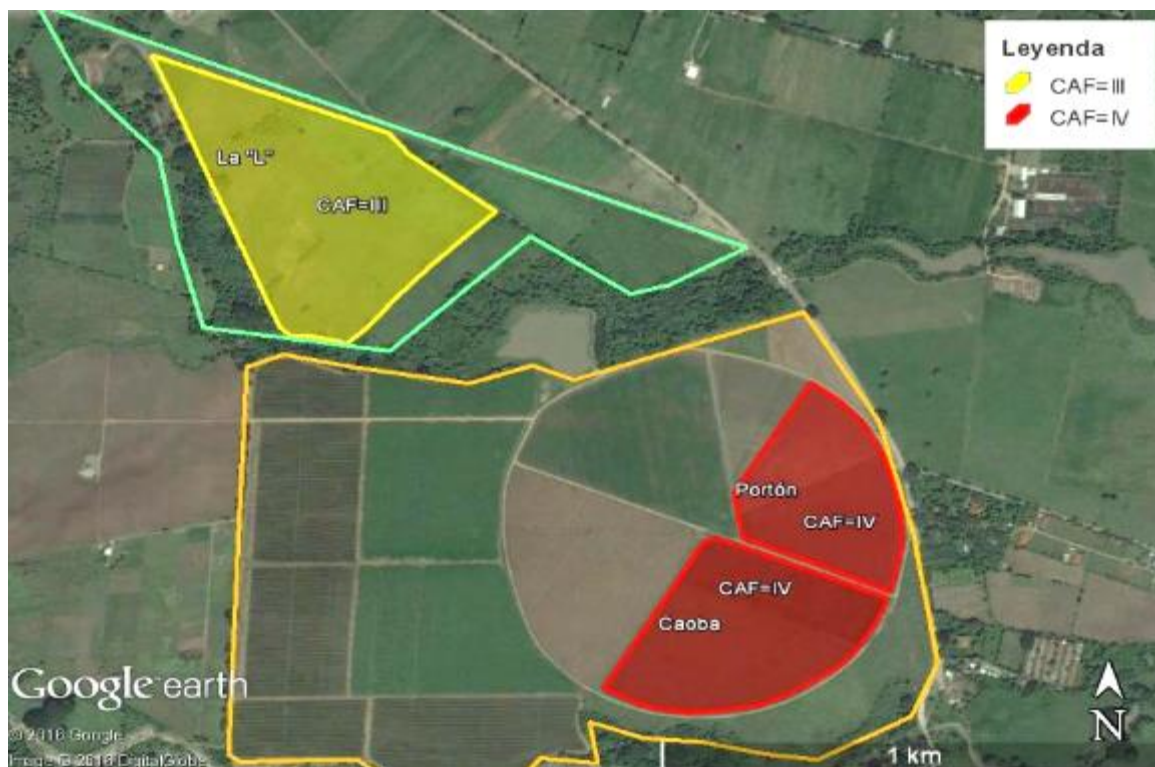


Figura 10. Clase por aptitud final (CAF) en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

Las eficiencias del subsoleo se midieron y promediaron por lote con las calicatas después de enmienda. El lote Portón, tuvo la profundidad de fractura más superficial. En el caso de Caoba sucede lo mismo pero aumenta en la fractura debido a que parte del lote se encontraba rastreado y no había resistencia. El subsoleo en La “L”, enfrentó mucha resistencia del suelo debido a la alta compactación. Además, el tractor presentó problemas realizando el trabajo, perdiendo potencia y obligando al tractorista a levantar el implemento lo cual explica la profundidad de los ganchos (Cuadro 9).

Cuadro 8. Medidas de profundidad y eficiencias de subsoleo, Zamorano, Honduras.

Finca	Lote	Pp ^y (m)	Pr ^d (m)	Pf ^z (m)	Ep ^η (%)	Ef ^ξ (%)	En ^υ (%)
San	Portón	0.70	0.64	0.33	91	52	47
Nicolás	Caoba	0.70	0.65	0.38	93	58	54
El Rodeo	La “L”	0.70	0.46	0.37	66	80	53

Símbolos: ^yPp: Profundidad potencial, ^dPr: Profundidad real, ^zPf: Profundidad de fractura, ^ηEp: Eficiencia de penetración, ^ξEf: Eficiencia de fractura, ^υEn: Eficiencia neta

Desarrollo y evaluación de la descompactación del subsoleo en lotes agropecuarios, Zamorano, Honduras.

Finca San Nicolás, Lote Portón (Figura 11)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 13°59'50.94" N

Longitud: 87° 0'2.50" O

Último subsoleo: Sin registro

Riego: Aspersión

Actividad Actual: Producción en rotación de maíz, frijol y sorgo

El subsoleo se diseñó con dirección a la pendiente para tratar de evacuar el agua (Figura 13) aunque existe presencia de guijarro 30% (7.6 a 25 cm de diámetro) y piedra 20% (25 a 60 cm de diámetro) a partir de los 32-40 cm, hasta 80 cm (Cuadro 10, Figura 12). Esto afectó la fractura en el suelo ya que la profundidad del implemento oscilaba regularmente.

Al finalizar el subsoleo se logró mejorar la resistencia a la penetración en todos los horizontes y la profundidad efectiva hasta los 25-30 cm de la superficie (Cuadro 11, Figura 14). La fractura pasó por el horizonte arcilloso y debido a la baja humedad se logró fracturar el horizonte masivo y crear un tipo de drenaje interno por donde pasaron los ganchos.



Figura 11. Ubicación de calicatas en lote Portón, Zamorano, Honduras.

Cuadro 9. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.

Cal ^α	H ^ζ	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^ϑ			RP ^δ (kg/cm ²)	FR ^ε	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-08	ArA	BS	de	me	Ldu	fr	npg	0.7		
	2	08-18	FAr	BS	fu	me	Du	fi	lpg	+4.5		
	3	18-32	ArA	BS	mo	gr	Du	fr	lpg	+4.5		
	4	32-70	Ar	MA	fu	gr	mdu	fi	lpg	+4.5	g	50
2	1	00-08	FArA	BS	de	me	bl	fr	npg	0.8		
	2	08-18	FAr	BA	mo	me	ldu	fi	pg	+4.5		
	3	18-32	ArA	BA	fu	me	du	fr	lpg	+4.5		
	4	32-70	Ar	MA	fu	gr	mdu	mfi	lpg	4.0	g	30
3	1	00-08	FArA	BS	de	me	bl	fr	npg	1.0		
	2	08-23	FAr	BA	mo	me	ldu	fi	pg	4.0		
	3	23-43	ArA	BA	mo	gr	ldu	mfr	pg	+4.5		
	4	43-70	Ar	MA	mo	gr	du	mfi	lpg	3.5	m	30

Símbolos: α Cal: Calicata, ζ H: Horizonte, η Pr: Profundidad, β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, γ Estructura (T: Tipo, BS: Bloque sub-angular, MA: Masivo, BA: Bloque angular, G: Grado, de: débil, fu: fuerte, mo: moderado, C: Clase, me: medio, gr: grueso), ϑ Consistencia (S: Seco, l: ligero, m: muy, du: duro, bl: blando, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, n: no, pg: pegajoso), δ RP: Resistencia a la penetración, ε FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, g: grande, m: medio C: Cantidad).

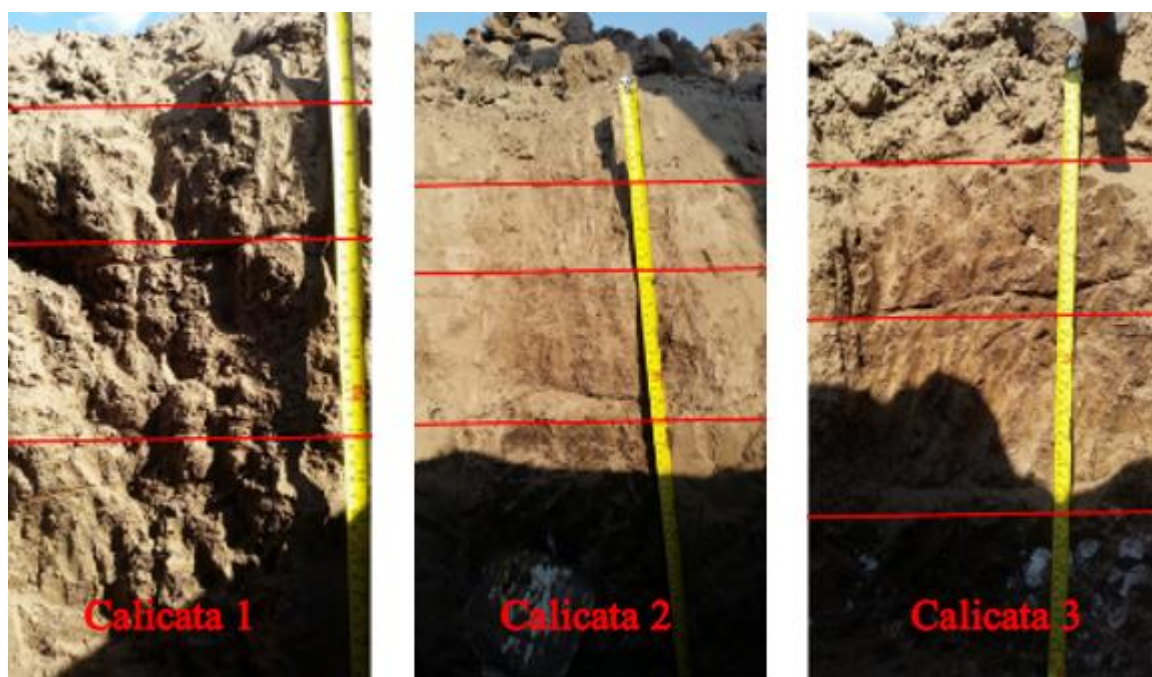


Figura 12. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.



Figura 13. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote portón, Zamorano, Honduras.

Cuadro 10. Información de calicatas después de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ⁿ (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^δ			RP ^q (kg/cm ²)	FR ^g	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-25	FAr	BA	mo	fi	du	fi	lpg	0.5		
	2	25-30	ArA	BS	de	me	ldu	fr	lpg	2.0		
	3	30-65	Ar	MA	fu	gr	mdu	fi	lpg	4.5	g	50
2	1	00-25	FAr	BS	de	fi	ldu	fi	pg	0.7		
	2	25-29	ArA	BA	mo	me	du	fr	lpg	0.3		
	3	29-44	ArA	BA	mo	gr	ldu	mfr	pg	3.0		
	4	44-66	Ar	MA	fu	gr	mdu	mfi	lpg	+4.5	g	30
3	1	00-23	FAr	BS	de	fi	ldu	fi	pg	0.5		
	2	23-46	ArA	PR	mo	me	du	mfr	pg	3.0		
	3	46-55	Ar	MA	mo	gr	du	fi	lpg	0.5		

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ⁿ Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, ^γ Estructura (T: Tipo, BA: Bloque angular, BS: Bloque sub-angular, MA: Masivo, G: Grado, mo: moderado, de: débil, fu: fuerte, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), ^δ Consistencia (S: Seco, l: ligero, m: muy, du: duro, H: Húmedo, fi: firme, fr: friable, M: Mojado, pg: pegajoso), ^q RP: Resistencia a la penetración, ^g FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, g: grande, C: Cantidad).



Figura 14. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote Portón, Zamorano, Honduras.

Finca San Nicolás, Lote Caoba (Figura 15)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 13.993168°

Longitud: -87.002032°

Último subsoleo: 2003

Riego: Aspersión

Actividad Actual: Producción en rotación de maíz y frijol

En este lote la primera y la segunda calicata presentan datos muy similares en cuanto a los horizontes. El primer horizonte es de aproximadamente 20 cm de grosor con estructura suelta sin resistencia a la penetración debido a que recientemente se había implementado rastra. Igual que el lote vecino (Portón) las dos mayores limitantes del suelo se deben: a la compactación que existe comenzando a los 20 cm de la superficie indicada con una RP >4.5 kg/cm² y la presencia de texturas finas que hace impermeable el horizonte revelando que la capa masificada es uniforme a través del lote (Cuadro 12, Figura 16).

El subsoleo se diseñó hacer profundo con dirección a la pendiente para tratar de evacuar el agua dentro del perfil de suelo (Figura 17). Este lote tuvo mejor fractura ya que el primer horizonte no era limitante para el implemento. Al finalizar el subsoleo se logró fracturar entre 34-38 cm de la superficie, mejor que en el lote anterior a causa del horizonte masivo identificado un poco menos superficial. La resistencia a la penetración mejoró en todos los horizontes (Cuadro 13, Figura 18).



Figura 15. Ubicación de calicatas en lote Caoba, Zamorano, Honduras.

Cuadro 11. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.

Cal ^α	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^υ			RP ^δ (kg/cm ²)	FR ^g	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-19	FAr	G	de	fi	su	mfr	lpg	0.2		
	2	19-46	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	lpg	+4.5		
	3	46-55	FA	BA	de	me	ldu	fr	npg	3.5		
	4	55-80	Ar	MA	fu	gr	du	fi	lpg	4.0	g	50
2	1	00-19	FAr	BS	de	me	bl	fr	npg	0.2		
	2	19-45	FAr	BA	mo	me	ldu	lfr	pg	+4.5		
	3	45-56	ArA	BA	mo	me	ldu	mfr	mpg	+4.5		
	4	56-80	Ar	MA	fu	gr	mdu	mfi	lpg	2.5	p	4
3	1	00-14	FAr	BS	de	fi	bl	fr	npg	1.0		
	2	14-38	FAr	BA	mo	me	ldu	fr	lpg	4.0		
	3	38-60	ArA	BA	de	me	ldu	mfr	npg	+4.5	p	5
	4	60-90	Ar	MA	mo	gr	du	fi	lpg	3.5	p	30

Símbolos: α Cal: Calicata, z H: Horizonte, η Pr: Profundidad, β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, G: Grado, de: débil, mo: moderado, fu: fuerte, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), υ Consistencia (S: Seco, su: suelto, l: ligero, m: muy, du: duro, bl: blando, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme M: Mojado, n: no, pg: pegajoso), δ RP: Resistencia a la penetración, g FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, g: grande, p: pequeña, C: Cantidad).

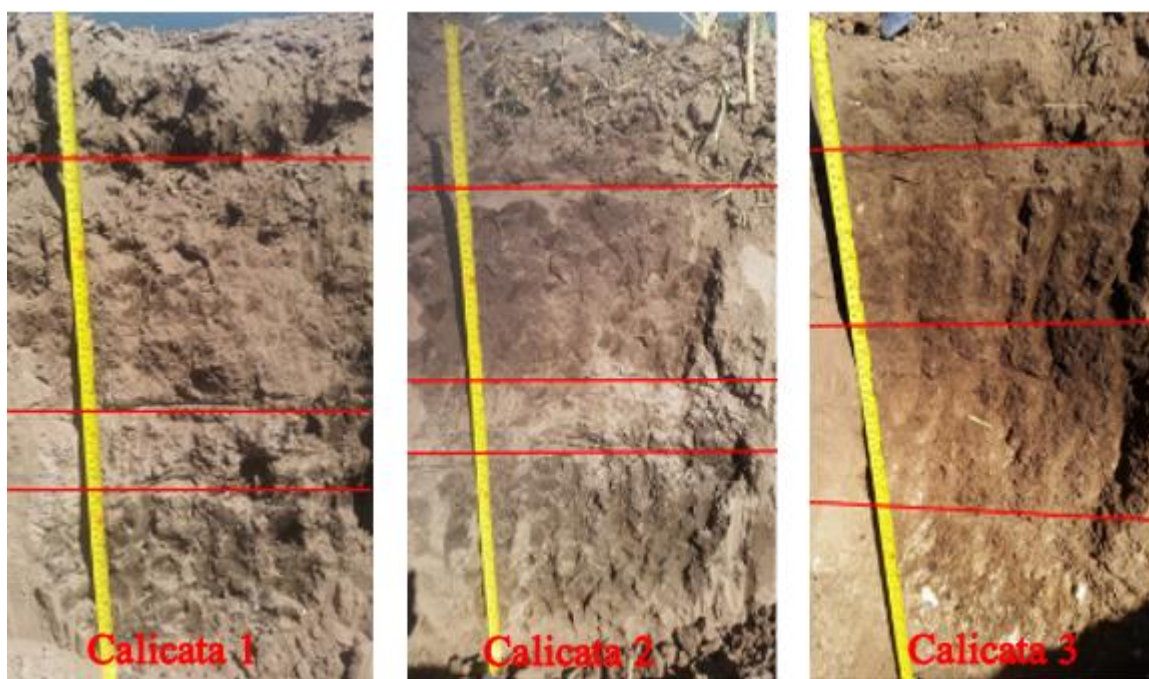


Figura 16. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.



Figura 17. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.

Cuadro 12. Información de calicatas después de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^δ			RP ^d (kg/cm ²)	FR ^g	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-34	FAr	G	de	fi	bl	fr	npg	0.2		
	2	34-40	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	lpg	2.0		
	3	40-50	ArA	BA	de	me	ldu	mfr	npg	3.0		
	4	50-65	Ar	MA	mo	gr	du	fi	lpg	4.5	p	30
2	1	00-44	FAr	BS	de	fi	ldu	lfr	pg	0.7		
	2	44-55	ArA	BA	mo	me	ldu	mfr	mpg	1.5		
	3	55-70	Ar	MA	fu	gr	mdu	mfi	lpg	4.0	p	4
3	1	00-38	FAr	BS	de	me	ldu	fr	lpg	0.5		
	2	38-58	FA	PR	de	gr	ldu	fr	npg	2.5		
	3	58-72	Ar	MA	fu	mgr	du	fi	lpg	4.0	g	50

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ^η Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, f: fino), ^γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, PR: Prisma, G: Grado, de: débil, mo: moderado, fu: fuerte, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), ^δ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, pg: pegajoso), ^d RP: Resistencia a la penetración, ^g FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, p: pequeño, g: grande, C: Cantidad).



Figura 18. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote Caoba, Zamorano, Honduras.

Finca El Rodeo, Lote La “L” (Figura 19)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 14.002275°

Longitud: -87.010743°

Último subsoleo: Sin registro

Riego: Sin riego

Actividad Actual: Siembra de sorgo para ensilaje y pastoreo

Este lote se encontró compactado desde el primer horizonte que presenta resistencia a la penetración entre 2-4 kg/cm² y pie de arado comenzando entre los 8-10 cm de la superficie. La segunda mayor limitante en el suelo se presenta entre los 40-50 cm de la superficie con horizontes masificados y texturas finas que contribuye a un muy lento drenaje interno por la falta de poros conectados (Cuadro 14, Figura 20).

El subsoleo se diseñó con base en lograr mejor fractura. Sin embargo, el subsolador tuvo problemas mecánicos trabajando en este lote, lo cual hizo que perdiera potencia y el implemento se levantara teniendo profundidades de penetración bajas. Igualmente la fractura con las aletas generaba mucha resistencia a la maquinaria (Figura 21).

Después del subsuelo se logró alcanzar fracturas de hasta 40 cm lo cual es una mejora parcial ya que los agregados de suelo que quedaron son grandes y de consistencia fuerte (Cuadro 15, Figura 22). Para obtener mejores resultados, este lote se debe rastrear o fragmentar con arados de cincel.



Figura 19. Ubicación de calicatas en lote La "L", Zamorano, Honduras.

Cuadro 13. Información de calicatas antes de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.

Cal ^α	H ^ζ	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^δ			RP ^ϑ (kg/cm ²)	FR ^ϑ	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-08	FAr	BS	de	fi	bl	lfr	npg	0.5		
	2	08-40	FArA	BA	fu	me	du	fi	lpg	+4.5		
	3	40-63	Ar	MA	de	gr	mdu	lfr	lpg	+4.5		
2	1	00-10	FAr	BS	mo	fi	ldu	lfr	lpg	1.0		
	2	10-26	Ar-	BS	fu	me	du	fi	lpg	+4.5		
	3	26-63	Ar+	MA	fu	gr	du	lfr	mpg	+4.5		
	4	63-85	Ar	BA	mo	me	ldu	lfr	mpg	2.0		
	5	85-90	ArA	BA	mo	fi	ldu	lfr	lpg	1.0		
3	1	00-09	FAr	BS	mo	me	ldu	lfr	lpg	+4.5		
	2	09-21	Ar	BS	fu	me	du	mfi	pg	+4.5		
	3	21-44	Ar	PR	mo	me	ldu	mfi	pg	+4.5		
	4	44-72	Ar	MA	fu	gr	du	lfr	mpg	+4.5		
	5	72-87	ArA	BA	mo	me	ldu	fr	lpg	4.0	p	10
4	1	00-09	FAr	BS	fu	me	du	fi	lpg	3.5		
	2	09-30	FAr	BS	fu	me	du	lfr	pg	+4.5		
	3	30-39	FAr	BA	mo	me	ldu	fr	npg	4.0		
	4	39-55	Ar-	PR	mo	me	ldu	lfr	npg	3.5		
	5	55-72	Ar+	MA	de	gr	bl	lfr	npg	2.7		
	6	72-90	ArA	MA	de	gr	bl	fr	lpg	1.7		
5	1	00-10	FAr	BS	mo	gr	ldu	fi	npg	4.0		
	2	10-29	FAr	BS	fu	gr	du	fi	lpg	+4.5		
	3	29-43	Ar	MA	mo	gr	ldu	mfi	lpg	4.0		
	4	43-69	FArA	BA	de	me	bl	lfr	npg	3.0		
	5	69-90	FArA	BA	de	fi	bl	fr	lpg	4.0	m	10

Símbolos: α Cal: Calicata, ζ H: Horizonte, η Pr: Profundidad, β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, Ar-: Arcilloso liviano, Ar+: Arcilloso pesado, A: Arenoso), γ Estructura (T: Tipo, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, PR: Prisma, G: Grado, de: débil, fu: fuerte, mo: moderado, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), δ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero, du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, pg: pegajoso), ϑ RP: Resistencia a la penetración, ϑ FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, p: pequeño, m: mediano, C: Cantidad).

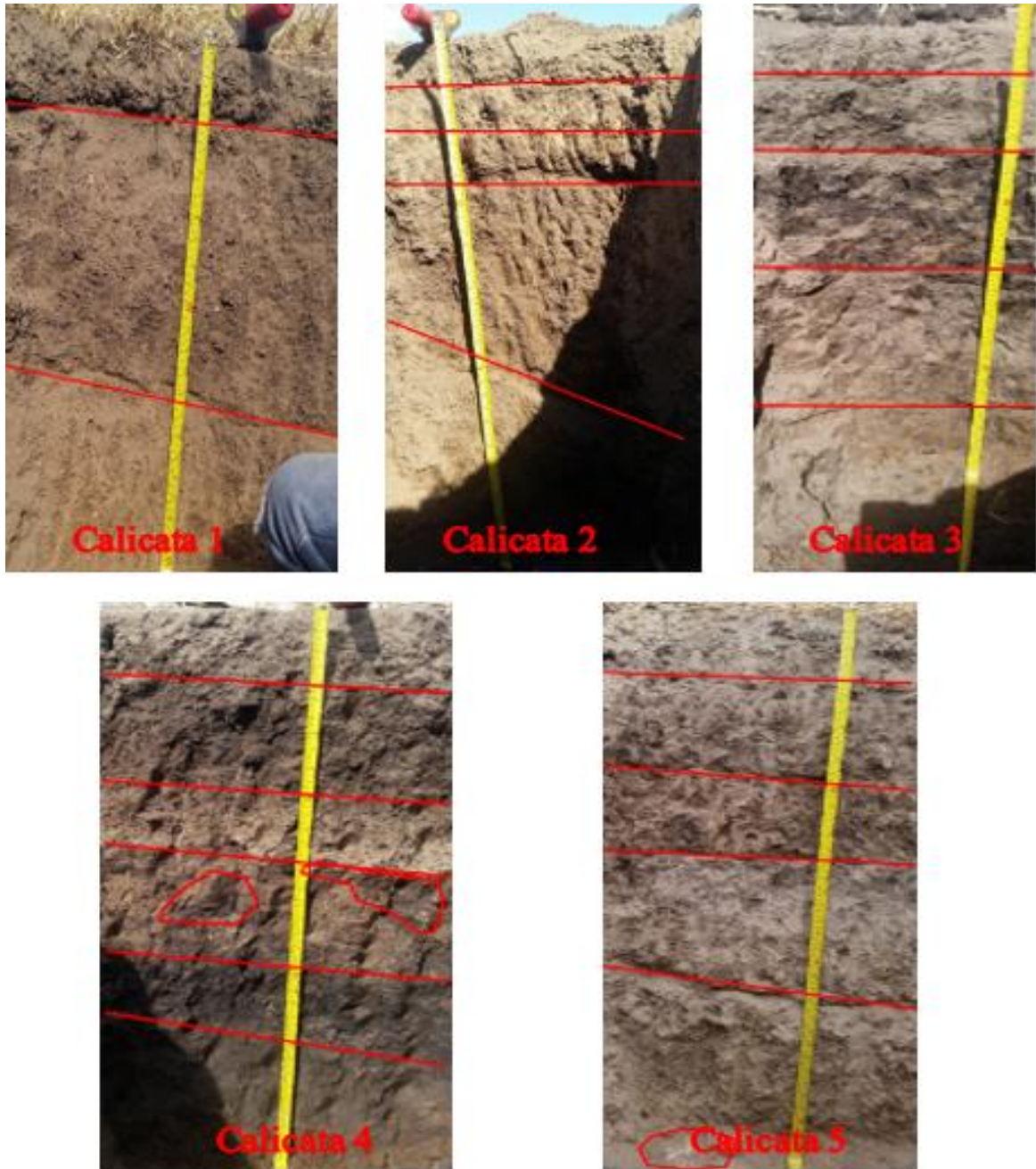


Figura 20. Perfiles evaluados antes de subsuelo en lote La “L”, Zamorano, Honduras.



Figura 21. Primer pase (Izq.) y segundo pase (Der.) de subsoleo en lote La “L”, Zamorano, Honduras.

Cuadro 14. Información de calicatas después de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^ϖ			RP ^d (kg/cm ²)	FR ^g	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-08	FAr	BS	de	fi	bl	lfr	npg	0.2		
	2	10-35	FArA	BS	mo	me	lfu	fi	lpg	1.7		
	3	35-55	Ar	MA	de	gr	mdu	lfr	lpg	3.7		
2	1	00-10	FAr	BS	mo	me	ldu	lfr	lpg	0.7		
	2	10-37	Ar-	BS	mo	me	du	fi	lpg	2.0		
	3	37-63	Ar+	MA	fu	me	mdu	lfr	mpg	4.0		
3	1	00-12	FAr	BS	mo	fi	ldu	lfr	lpg	1.2		
	2	12-21	Ar	BS	mo	me	ldu	mfi	pg	2.0		
	3	21-44	Ar	PR	de	me	du	mfi	pg	3.2		
	4	44-72	Ar	MA	fu	gr	du	lfr	mpg	+4.5		
4	1	00-30	FAr	BS	fu	me	du	lfr	pg	1.0		
	2	30-55	Ar-	PR	mo	me	ldu	lfr	npg	2.2		
	3	55-70	Ar+	MA	de	gr	bl	lfr	npg	3.0		

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ^η Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, Ar-: Arcilloso liviano, Ar+: Arcilloso pesado, A: Arenoso), ^γ Estructura (T: Tipo, BS: Bloque sub-angular, MA: Masivo, PR: Prisma, G: Grado, de: débil, mo: moderado, fu: fuerte, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), ^ϖ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero, fu: fuerte, du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, n: no, pg: pegajoso), ^d RP: Resistencia a la penetración, ^g FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, C: Cantidad).



Figura 22. Perfiles evaluados después de subsoleo en lote La "L", Zamorano, Honduras.

Información de lotes evaluados con suelos compactados y necesidad de subsoleo, Zamorano, Honduras.

Finca Zorrales, Lote #5 (Figura 23)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 14.002025°

Longitud: -86.994099°

Último subsoleo: Sin registro

Riego:

Actividad Actual: Pastoreo



Figura 23. Ubicación de calicatas en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.

Cuadro 15. Información de calicatas antes de subsoleo en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^ϖ			RP ^δ (kg/cm ²)	FR ^ε	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-13	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	npg	2.5		
	2	13-26	FAr	BS	mo	gr	ldu	fi	lpg	+4.5		
	3	26-40	ArA	BA	mo	me	ldu	fr	pg	+4.5		
	4	40-90	Ar	MA	fu	gr	du	mfi	pg	+4.5	m	5
2	1	00-07	F	BS	mo	me	ldu	fr	lpg	1.0		
	2	07-27	FAr	BS	fu	gr	ldu	fr	lpg	+4.5		
	3	27-37	FAr	BS	de	gr	bl	fr	pg	3.5		
	4	37-48	FAr	BA	de	me	bl	fr	pg	4.0		
	5	48-64	ArA	BA	de	me	bl	mfr	pg	3.0		
	6	64-80	Ar	MA	fu	gr	du	fi	npg	3.5	g	5

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ^η Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, f: fino), ^γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, G: Grado, mo: moderado, fu: fuerte, de: débil, C: Clase, me: medio, gr: grueso), ^ϖ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero, du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, pg: pegajoso), ^δ RP: Resistencia a la penetración, ^ε FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, m: medio, g: grande, C: Cantidad).

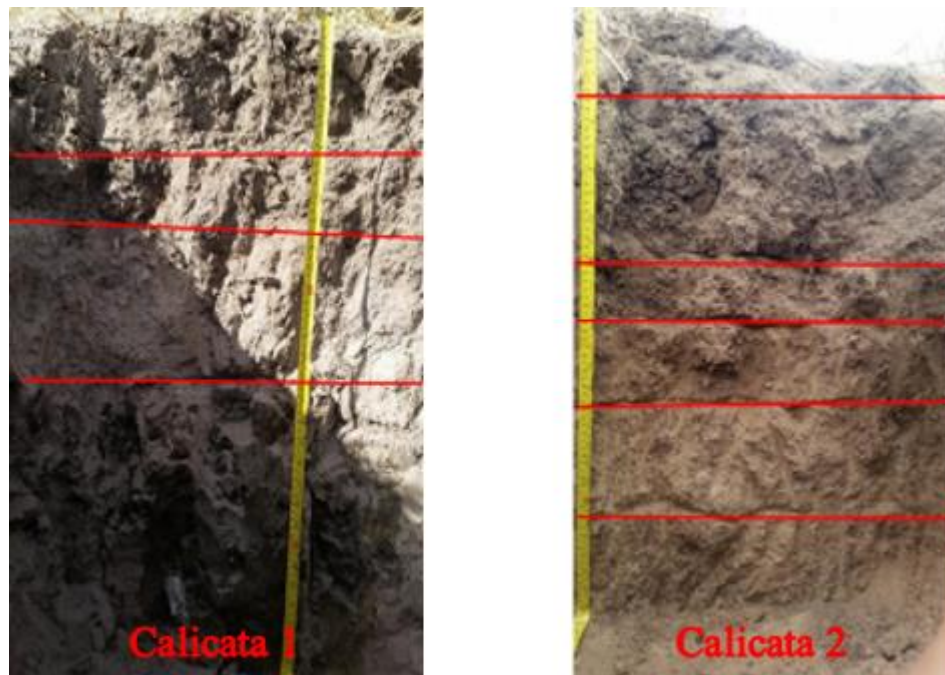


Figura 24. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Zorrales #5, Zamorano, Honduras.

Finca Zorrales, Lote #7 (Figura 25)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 14.003043°

Longitud: -86.998731°

Último subsoleo: 2010

Riego:

Actividad Actual: Pastoreo



Figura 25. Ubicación de calicatas en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.

Cuadro 16. Información de calicatas antes de subsuelo en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.

Cal ^α	H ^ζ	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^δ			RP ^ϑ (kg/cm ²)	FR ^Ϟ	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-08	F	BS	de	me	bl	lfr	npg	2.5		
	2	08-40	FArA	BS	mo	me	ldu	fi	lpg	+4.5		
	3	40-50	FAr	BA	de	me	bl	fr	npg	3.0		
	4	50-70	ArA	BS	fu	gr	du	lfr	lpg	+4.5	g	70
2	1	00-07	FAr	G	de	f	su	fr	npg	0.5		
	2	07-40	ArA	BS	mo	me	ldu	fi	lpg	+4.5		
	3	40-55	FAr	BS	de	me	bl	fr	npg	+4.5		
	4	55-72	Ar	MA	mo	gr	ldu	fi	pg	3.0		
	5	72-90	Ar	MA	fu	gr	du	fi	pg	3.5		

Símbolos: α Cal: Calicata, ζ H: Horizonte, η Pr: Profundidad, β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, f: fino), γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, G: Grado, mo: moderado, fu: fuerte, de: débil, C: Clase, me: medio, gr: grueso), δ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero, du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, pg: pegajoso), ϑ RP: Resistencia a la penetración, Ϟ FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, m: medio, g: grande, C: Cantidad).

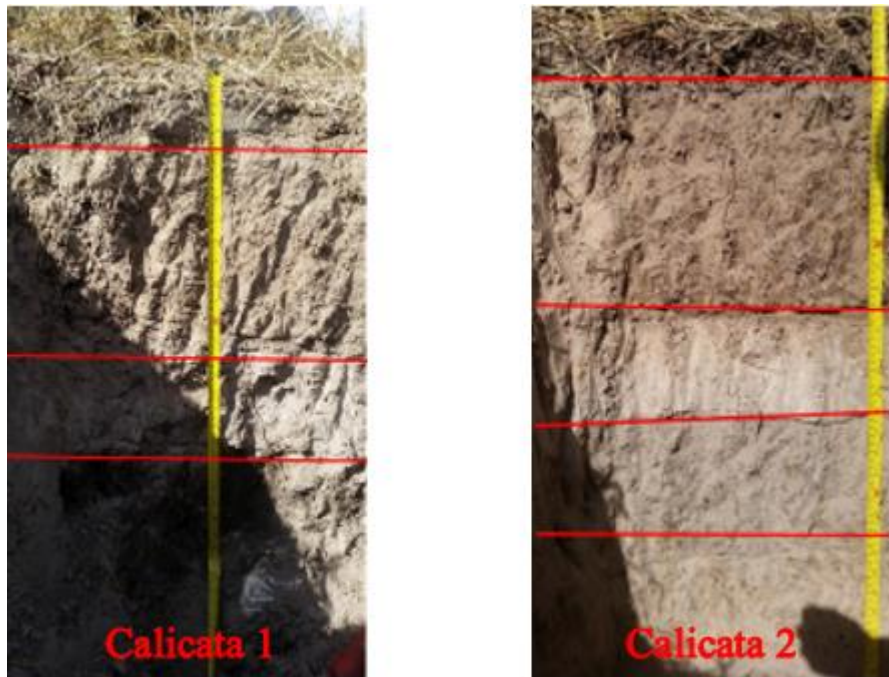


Figura 26. Perfiles evaluados antes de subsuelo en lote Zorrales #7, Zamorano, Honduras.

Finca Zona II, Lotes #7, #10, #17, #20 (Figura 27)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Latitud: 14.008343°

Longitud: -86.999311°

Último subsoleo: 2010

Riego: Goteo

Actividad Actual: Producción de maíz y frijol



Figura 27. Ubicación de calicatas en lotes de Zona II, Zamorano, Honduras.

Cuadro 17. Información de calicatas antes de subsoleo en lote #7, #10, #17 y #20 de Zona II, Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^ϖ			RP ^d (kg/cm ²)	FR ^g	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-23	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	lpg	0.5		
	2	23-43	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	lpg	2.0	m	5
	3	43-90	FA	MA	de	gr	bl	lfr	npg	+4.5	g	50
2	1	00-17	FAr	BS	mo	me	ldu	fr	npg	0.5		
	2	17-45	FAr	BA	fu	me	du	fi	lpg	+4.5	g	50
	3	45-80	Ar	MA	fu	gr	du	mfi	npg	4.0	m	30
	4	80-90	Ar	MA	de	gr	du	b	pg	3.0	m	70
3	1	00-20	FA	BS	mo	gr	ldu	fr	npg	2.0		
	2	20-45	FArA	BA	mo	me	ldu	fr	lpg	+4.5	g	30
	3	45-90	Ar	MA	mo	gr	du	fi	npg	+4.5	p	7

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ^η Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso, A: Arenoso, f: fino), ^γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BS: Bloque sub-angular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, G: Grado, mo: moderado, fu: fuerte, de: débil, C: Clase, me: medio, gr: grueso), ^ϖ Consistencia (S: Seco, bl: blando, l: ligero, du: duro, H: Húmedo, fr: friable, fi: firme, M: Mojado, n: no, pg: pegajoso), ^d RP: Resistencia a la penetración, ^g FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, m: medio, g: grande, p: pequeño, C: Cantidad).

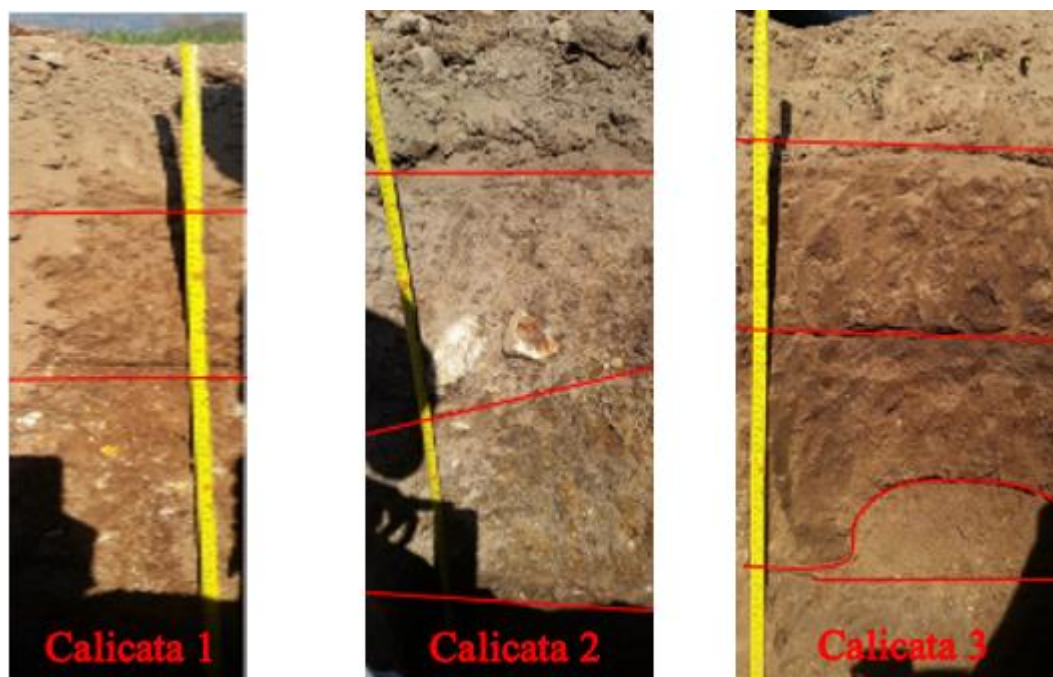


Figura 28. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lotes #7, #13, #17 y #20 Zona II, Zamorano, Honduras.

Finca Monterredondo, Lote Vega #4 (Figura 29)

Dirección: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, PIF, Finca Monterredondo, La Vega del Rio Yeguaré

Latitud: 13.994767°

Longitud: -86.988485°

Último subsuelo: Sin Registro

Riego: Goteo

Actividad Actual: Rotación de maíz y frijol



Figura 29. Ubicación de calicata en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.

Cuadro 18. Información calicata antes de subsuelo en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.

Cal ^a	H ^z	Pr ^η (cm)	Tex ^β	Estructura ^γ			Consistencia ^υ			RP ^δ (kg/cm ²)	FR ^ε	
				T	G	C	S	H	M		T	C %
1	1	00-17	F	BA	mo	fi	ldu	lfi	lpg	3.0		
	2	17-63	FAr	BA	mo	me	ldu	fi	pg	+4.5	m	15
	3	63-90	Ar	MA	fu	gr	du	fi	npg	+4.5		

Símbolos: ^a Cal: Calicata, ^z H: Horizonte, ^η Pr: Profundidad, ^β Tex: Textura (F: Franco, Ar: Arcilloso), ^γ Estructura (T: Tipo, G: Granular, BA: Bloque angular, MA: Masivo, G: Grado, mo: moderado, fu: fuerte, C: Clase, fi: fino, me: medio, gr: grueso), ^υ Consistencia (S: Seco, l: ligero, du: duro, H: Húmedo, fi: firme, M: Mojado, n: no, pg: pegajoso), ^δ RP: Resistencia a la penetración, ^ε FR: Fragmentos de roca (T: Tamaño, m: medio, C: Cantidad).



Figura 30. Perfiles evaluados antes de subsoleo en lote Vega #4, Zamorano, Honduras.

4. CONCLUSIONES

- El historial de calidad y clases por aptitud de los suelos de Zamorano facilitó entender el suelo de cada lugar. El diagnóstico reveló que todos los suelos seleccionados para el estudio tenían problemas por compactación limitante para el desempeño de actividades agropecuarias.
- Las mayores limitantes identificadas que afectan la calidad en los suelos fueron: pie de arado por compactación, estructura masiva y presencia de fragmentos gruesos, limitando la profundidad efectiva del suelo. En todos los lotes evaluados, se encontró un horizonte variable en profundidad, con texturas finas y estructura masiva, que limita el movimiento interno del agua. La práctica de subsoleo generó el mejoramiento de la calidad de los suelos y de la aptitud para aprovechar su potencial.
- Las enmiendas y el estado del suelo quedaron registradas para cada lote en este y otros documentos que servirán de referencia para seguimiento al efecto del subsolado en los diferentes terrenos.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares de propiedades químicas, desarrollar encalado e integrarlo al índice de calidad del suelo.
- Utilizar subsoleo para descompactar suelos que presentan pie de arado o estructuras masivas y alta resistencia a la penetración para crear poros entre los agregados y crear drenajes para el movimiento interno del agua.
- Registrar la información del manejo del suelo para dar seguimiento e implementar prácticas de prevención aprovechando el potencial del suelo.
- Utilizar el lote La “L” para producción agrícola en vez de pastoreo por su potencial en profundidad efectiva.
- Aplicar e investigar el efecto de materia orgánica por su aporte en la elasticidad del suelo y prevención de compactación.

6. LITERATURA CITADA

- Arévalo Valderrama GE y Gauggel Rivas CA. 2016. Manual de Laboratorio Manejo de Suelos y Agua. Segunda Reimpresión de la Tercera Edición. Tegucigalpa (Honduras): Imprenta LITHOCOM; Escuela Agrícola Panamericana.
- Artica Ortega AA y Altamirano Maldonado JA. 2015. Evaluación técnica de la eficiencia del subsoleo y el efecto en el rastreo en texturas franco arcillosa y franco arcillo arenosa [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Barahona Flores R. 2000. Caracterización detallada de los suelos de San Nicolás y prácticas recomendadas para su uso sostenible, El Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Barzola Barco DP, Quijia Lema RD, De la Rosa Taveras, J. 2015. Actualización de los índices de calidad de los suelos de uso agrícola y pecuario, plan de manejo y efecto del subsoleo en el tiempo, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Bustos Estévez CA y Chicaiza Guishcaso CA. 2011. Evaluación del efecto del sub-soleo del suelo en la producción de frijol Amadeus 77 y DEORHO en Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Esquivel Palma CJ, y Mendoza Barzola CQ. 2011. Plan de manejo y conservación de suelos para la producción de sandía y forraje en Zona 1, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. First printing. Rome (Italy): FAO; [Consultado 2016 ago 30] <http://www.fao.org/docrep/X5310E/x5310e00.htm#Contents>
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Roma (Italia): FAO.
- Fino Alemán S y Álvarez Aguilar F. 2005. Manual de Apoyo Maquinaria Agrícola, Las Actividades de la Maquinaria Agrícola como Elementos Básicos en las Labores Agropecuarias. Escuela Agrícola Panamericana.
- Galarza Brito, PJ. 2011. Efecto del subsoleo y cultivo de cobertura (*Dolichus lablab*) en las propiedades físicas del suelo y producción de maíz cv. 30F32WHR, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.

- Gauggel Rivas CA, Arévalo Valderrama G, Barahona Flores R. 2009. Índices de calidad de suelos para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. En *Memorias del XVIII congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Escuela Agrícola Panamericana.
- Guerra Serrano AJ y Mendieta Servellón JA. 2011. Subsoleo en suelos arcillosos masivos y fertilización con magnesio en el cultivo de pasto Tobiatá (*Panicum maximum*) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Klingebiel AA & Montgomery PH. 1961. Land-Capability Classification. First issue. Washington D. C. (EUA): USDA.
- Landon JR. 1991. Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural. Originally published first. London: Longman Scientific & Technical Group; [Consultado 2016 ago 24]
- Lovo Silva JJ, Saavedra Alvarado JE, Saravia Chávez R. 2013. Calidad de los suelos y plan de adecuación para los terrenos de uso agrícola y pecuario de Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Mantel S. 1993. Soil Physical Properties of a Fertile, Poorly Drained Soil and Their Adequacy for Use in Quantified Land Evaluation. 1era ed. San José (Costa Rica): Bib. Orton IICA/CATIE; [Consultado 2016 ago 20] https://books.google.hn/books?id=MfUOAOAAIAAJ&dq=landon+1991+water+conductivity&source=gbs_navlinks_s
- Márquez L. 2000. Subsoladores y Descompactadores. España: S.L. Blake & Helsey.
- Munsell. 2009. Soil- Color Charts. Revised edition. Produced by Munsell Color.
- OEA. 1977. Cuenca del Plata Estudio para su Planificación y Desarrollo Republica de Bolivia. Primera edición. Washington D.C. (EUA): OEA; [Consultado 2016 sep 5] <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea21s/begin.htm#Contents>
- OEA. 1978. Proyecto de Desarrollo Integrado dela Región Oriental de Panamá. Primera edición. Washington D.C. (EUA): OEA; [Consultado 2016 sep 5] <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea30s/begin.htm#Contents>
- Porta Casanellas J y Acevedo Reguerín ML. 2005. Agenda de campo de suelos – Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Edición Mundi-Prensa. Madrid (España): Mundi-Prensa Libros s. a.
- Riquelme Sanhueza J y Carrasco Jiménez J. 2011. Capítulo 1. Laboreo conservacionista de suelos: Arado subsolador y arado cincel para la preparación de suelos. In *Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados*. SIRSD.

- Rodriguez Mata PJ. 2014. Evaluación de la calidad de los suelos y desarrollo de un plan de manejo de los terrenos de San Nicolás, Terencio Reyes y Elvin Santos de Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Smith Miller AM. 2012. Diseño de un sistema de evacuación de agua superficial para Zorrales, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Smith J, Aucaná MO, Hilbert JA, Irurtia C. 2006. Subsulado Profundo; Su demanda energética y su efecto descompactador. INTA-IIR.
- Spaans E y Nuñez O. 2006. Manejo de la Estructura del Suelo con Precisión. In X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia de Suelo.
- USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington D. C. (EUA): USDA.
- USDA-NRCS. 2011. National Agriculture Land Evaluation and Site Assessment (LESA) Handbook. First issue. Washington D. C. (EUA): USDA-NRCS.
- Verheye Willy H, Koohafkan P, Natchtergacle F. 2009. Land Use, Land Cover and Soil Sciences – Volume II Land Evaluation. First edition. Oxford (United Kingdom): EOLSS Publisher Co. Ltd.; [Consultado 2016 sep 4] https://books.google.hn/books?id=yYTTCwAAQBAJ&dq=verheye+1992&source=gbs_navlinks_s
- Verheye Willy H, Koohafkan P, Natchtergacle F. 2009. Land Use, Land Cover and Soil Sciences – Volume III Land Use Planning. First edition. Oxford (United Kingdom): EOLSS Publisher Co. Ltd.; [Consultado 2016 sep 4] https://books.google.hn/books?id=zIXTCwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Wischmeier WH & Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington D. C. (EUA): USDA.