

**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**

**Daniela Paulina Barzola Barco
Ronny Darío Quijía Lema
Julio de la Rosa Taveras**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**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**

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

Presentado por

**Daniela Paulina Barzola Barco
Ronny Darío Quijia Lema
Julio de la Rosa Taveras**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 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

Presentado por:

Daniela Paulina Barzola Barco
Ronny Darío Quijía Lema
Julio de la Rosa Taveras

Aprobado:

Gloria E. Arévalo, Dra.
Asesora Principal

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

Francisco Álvarez, M.A.E.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

David Moreira, MBA.
Asesor

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

Daniela Paulina Barzola Barco

Ronny Dario Quijia Lema

Julio de la Rosa Taveras

Resumen. Información de buena calidad de los suelos permite diseñar estrategias para obtener su mayor potencial. Los objetivos fueron determinar los índices de calidad y aptitud de uso de 74.03 ha, actualizar 66.29 ha, proponer un plan de manejo para su adecuación y conservación y evaluar el efecto del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos dedicadas al pastoreo y ganadería. Se realizó un levantamiento de 140.32 ha que incluyó 68 barrenaciones, mapas texturales, 27 calicatas y nueve muestras para análisis químicos. Se determinaron los Índices de Calidad Actual (ICA) y Potencial (ICP) de los lotes. Se identificaron las Clases por Aptitud de uso Actual y Potencial para determinar la aptitud de los suelos. En la evaluación del subsoleo se midió densidad aparente, densidad real, espacio poroso, resistencia a la penetración, ICA, ICP y se compararon con datos de estudios anteriores en un diseño completo al azar ($P < 0.05$). 140.32 ha son suelos de extremadamente baja y muy baja calidad, 82.79 ha tienen un potencial de calidad medio y bajo, 57.53 ha tienen un potencial muy bajo y extremadamente bajo. En el horizonte superficial 13 meses después del subsoleo, la resistencia a la penetración del suelo aumentó, a los 60 meses después de subsolar el suelo presenta una resistencia a la penetración >4.5 hasta 13 cm de profundidad. A los 60 meses, se observó un incremento significativo en los ICP de estos suelos.

Palabras clave. Clase de Aptitud Actual, Clase de Aptitud Potencial, Resistencia a la Penetración, densidad aparente, densidad real.

Abstract. Soils quality varies and it is necessary to know about it. Good quality information ensures the greatest potential of soils. The objectives were to determine the quality indexes of soils and the class aptitude of 74.03 ha, update quality indexes of soils and the class aptitude of 66.29 ha, propose a management plan for adequacies and conservation, and evaluate the effect through time of subsoiling 10.94 ha of a clay loam soil. It included 68 drillings, textural maps, 27 pits, and 9 samplings for chemical analysis. Current (CQI) and Potential Quality Indexes (PQI) were determined. Soils were classified by current and potential use aptitude to determine which crops were suitable for each soil. For the subsoiling evaluation apparent density, particle density, pore space and penetration resistance were measured and compared with data obtained in a previous study. This evaluation was a complete randomized design with a significance < 0.05 . 140.32 ha of soil are very low and low quality, 82.79 ha could reach the medium and low PQI, and 57.53 ha have an extremely low and very low PQI. 13 months later after the subsoiling the resistance penetration rise in the superficial horizon. After 60 months the soil shows a resistance penetration >4.5 at 13 cm depth. The PQI increased 60 months later in soils dedicated to grazing and livestock.

Key words. Current Class Aptitude, Potential Class Aptitude, Penetration Resistance, Subsoiling.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	17
4. CONCLUSIONES	53
5. RECOMENDACIONES	54
6. LITERATURA CITADA	55
7. ANEXOS	58

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Parámetros para la estimación de la conductividad hidráulica.....	5
2. Densidad aparente basada en textura.....	6
3. Clasificación de los suelos por Índices de Calidad.	7
4. Índices de calidad asignados por características del suelo.	8
5. Parámetros evaluados para definir las clases de aptitud actual y potencial de los suelos.	9
6. Clasificación de los suelos por Aptitud de Uso.....	10
7. Índices de Calidad Actual y Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Zorrales 7, Santa Inés y Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	17
8. Clases de aptitud actual y potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Fracción en producción de pasturas de Zorrales, Santa Inés y Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	20
9. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos del Ex Establo Vaquillas de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	23
10. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos del Club Hípico de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. .	25
11. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de la fracción en producción de pasturas de Zorrales de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	26
12. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Santa Inés de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	28
13. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras....	29
14. Costo de subsoleo en 60.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	29
15. Costo del enclamiento en 60.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	30
16. Costo de la construcción de drenajes en 70.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	32
17. Costos totales de las enmiendas recomendadas en 74.03 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	33
18. Índices de Calidad Actual y Potencial de 66.29 ha de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	34

19. Clases de aptitud actual y potencial de 66.29 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	35
20. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Colindres de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	39
21. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Los Mingos de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. ...	40
22. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de 7 de La Vega Monte Redondo de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	42
23. Costos de subsoleo en 66.29 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	42
24. Costo del enclamiento en 10.80 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	43
25. Costos de la construcción de drenajes en 64.18 ha de uso agrícola y pecuario de la segunda parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	44
26. Costo total de las enmiendas recomendadas en 66.29 ha de uso agrícola y pecuario Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	45
27. Densidad aparente de los primeros tres horizontes, antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	46
28. Densidad real de los primeros tres horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. ...	47
29. Efecto del subsoleo en el espacio poroso de los tres primeros horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	48
30. Resistencia a la penetración de los primeros tres horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	48
31. . Efecto del subsoleo en los Índices de Calidad y Clases de Aptitud del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	49
32. Tabla de amortización de las prácticas de mejoramiento de suelos en terrenos agrícolas y pecuarios de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	52

Figuras	Página
1. Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. .	4
2. Lote Los Mingos, Colindres Y La Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	13
3. Lote Zorrales 7, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	14
4. Parámetros para la evaluación de la eficiencia del subsoleo. (Arévalo y Gauggel 2014).....	16

5. Índices de Calidad Actual de los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	18
6. Índices de Calidad Potencial de los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	19
7. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	21
8. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	22
9. Lote Ex Establo Vaquillas, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	23
10. Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	24
11. Lote Fracción de producción de pasturas de Zorrales, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	26
12. Lote Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	27
13. Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	28
14. Lotes con necesidad de subsoleo en los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2 y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	30
15. Lotes con necesidad de enclamiento en los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2 y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	31
16. Mapa construcción de drenajes en los lotes Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	32
17. Dimensiones de los drenajes (Smith Miller 2012).	33
18. Índices de Calidad Actual de los lotes Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	34
19. Índices de Calidad Potencial de los lotes Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	35
20. Clases de Aptitud actual de los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	36
21. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	37
22. Lote Colindres, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	38
23. Lote Los Mingos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	40
24. Lote 7 de La Vega Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	41
25. Lotes con necesidad de subsoleo en los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	43
26. Lotes con necesidad de enclamiento del lote La Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	44
27. Lotes con necesidad de construcción de drenajes en los lotes Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	45
28. Índices de Calidad Actual de las 10.94 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	50
29. Índices de Calidad Potencial de las 10.94 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	50

1. Barrenación con aptitud actual III en el Lote Santa Inés, Zamorano, Honduras....	58
2. Calicata con clase de aptitud actual y potencial extremadamente baja (V) en el Lote Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	58
3. Calicata con clase de aptitud actual y potencial extremadamente baja (V) en el Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	59
4. Calicata con clase de aptitud actual extremadamente baja (V) y potencial medio (II) en el Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	59
5. Calicata con clase de aptitud actual extremadamente baja (V) y potencial bajo (III) en el Lote Colindres, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	60
6. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote fracción en producción de pasturas de Zorrales, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	60
7. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote fracción en producción de pasturas de Zorrales, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	61
8. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	61
9. Estructuras laminares en el Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	62
10. Coordenadas (UTM) de las ubicaciones de las calicatas en Zorrales 7. E.A.P., Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.	62
11. Calicatas descritas en los lotes Fracción de pastura en producción en Zorrales, Los Mingos, Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.....	63
12. Inventario de estudios de suelos realizados en la clase de sueños de 3 ^{er} año y tesis de suelos, 2011 – 2013.	65

1. INTRODUCCIÓN

La economía de los países del tercer mundo depende en gran parte de la agricultura, la cual se ha visto afectada por una disminución en la productividad del suelo. Además, el alto crecimiento demográfico ha causado mayor presión sobre los recursos naturales (Espinoza Bejarano 2001) y ha contribuido a la aceleración de procesos de degradación de suelos (Conde 2007). La degradación se debe a la sobreexplotación de los recursos naturales y a la utilización de prácticas inadecuadas de manejo de suelo (FAO 2000).

El manejo de los suelos depende de la calidad de la información que se haya obtenido en los estudios de campo. El plan de manejo debe maximizar la capacidad de uso del suelo mediante la fertilización, enmiendas, uso de maquinaria agrícola dependiendo de sus necesidades. Estas actividades deben reflejarse en el incremento de la productividad de manera sostenible y que perdure en el tiempo (Arévalo y Castellanos 2011).

La calidad de los suelos es la base para la producción agropecuaria. La medición de esta calidad depende de características externas como ambiente, política, prácticas culturales y tipo de cultivo, resultando difícil su medición y cuantificación (Ruíz Díaz 2000). Para evaluar la productividad de un suelo es necesario determinar indicadores que permitan medir su calidad. Las variables más importantes para evaluar la calidad en un suelo, son pH, nivel de nutrientes, microorganismos, materia orgánica, cobertura vegetal, infiltración, profundidad de horizonte A y textura (Ericksen 1999). La correcta determinación del índice de calidad permite evaluar la condición del suelos e identificar las condiciones que se pueden mejorar (Gauggel *et al.* 2009). Esta herramienta determina el estado actual y potencial del suelo antes de realizar prácticas agrícolas y así cuantificar el límite productivo del suelo para realizar las prácticas de adecuación (Rodríguez Mata 2014).

El suelo al ser un recurso no renovable, es susceptible al deterioro y desgaste. El uso sostenible del suelo depende de la planificación y del diseño de prácticas específicas de manejo del mismo. Para este fin, son necesarios cuatro elementos: información (levantamiento de suelos), ordenamiento, sistematización de los datos (sistemas de evaluación de las tierras y sus usos) y conceptos específicos para determinar la calidad del suelo (Cortés y Malagón 1984).

El levantamiento de suelos se define como el estudio sistemático de los suelos en el campo a través de la descripción de sus características morfológicas o físicas del análisis de laboratorio de muestras tomadas en individuos (pedones que representan su población edáfica). El ordenamiento es la organización de todos los datos según el lugar donde se localizaron. La sistematización de los datos facilita la evaluación de las tierras que se

tienen y a definir los posibles usos de esta (Cortés y Malagón 1984). Para cada área de producción se debe la caracterización de los suelos y basado en ello se propuso un plan de manejo y conservación; este busca mejorar la calidad actual del suelo para que exprese su máximo potencial. Los planes de manejo y conservación de suelos recomiendan la utilización de cultivos de cobertura, rotación de cultivos e implementación de prácticas de enmienda (Galarza Brito 2011). La calidad de los suelos se mide a través de variables como pH, nivel de nutrientes, microorganismos, materia orgánica, cobertura vegetal, infiltración, profundidad de horizonte A y textura (Ericksen 1999).

Las tecnologías de producción agrícola son consideradas como alternativas de manejo que han sido desarrolladas con base en tradiciones familiares y capacidades socioculturales, físicas e intelectuales para la mejora de la eficiencia de los sistemas productivos. Las tecnologías, en algunos casos, permiten mitigar algunos problemas en la producción agrícola, tales como el impacto del cambio climático, pérdida de calidad de tierras productivas y de la biodiversidad biológica y cultural, producto del crecimiento de la frontera agrícola, urbanización e industrialización de las tierras. La creación de las bases de datos que contengan la información sistematizada sobre la calidad del suelo y las oportunidades para su mejora son un apoyo para la toma de decisiones sobre qué producir y necesidades de inversión que se recomienden en aquel suelo¹.

Los objetivos del estudio fueron determinar los Índices de Calidad y Clases de Aptitud de uso de 74.03 ha y proponer un plan de manejo para su adecuación y conservación, actualizar la información sobre los Índices de Calidad y Aptitud de Uso de 66.29 ha y proponer un plan de manejo para su adecuación y conservación y evaluar el efecto del subsoleo a través del tiempo en 10.94 ha de suelos Franco Arcillosos a los 5, 13 y 60 meses.

¹ Arévalo, G. (Septiembre de 2014). Bases de datos de suelos, entrevista. (J. d. Daniela Barzola, Entrevistador).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización:

Los terrenos en el estudio se dedican a la explotación agrícola y pecuaria en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (EAP), ubicada en el kilómetro 30 carretera a Danlí a 800 msnm.

Para actualizar y ampliar la información de la calidad de los suelos de la EAP se revisaron todos los estudios de suelos de los terrenos agrícolas y pecuarios realizados durante el periodo 2011-2013. Para hacer el inventario se dividieron los lotes por área pecuaria o agrícola, identificando los terrenos arrendados, con el fin de detectar qué lotes no habían sido estudiados o que la información no se encontraba completa. El estudio realizado por Lovo Silva *et al.* 2013 inicio la sistematización de la información de los suelos de EAP, por lo que este punto se contempló complementar una base de datos con nueva información. El objetivo de la base de datos es brindar la información edafológica de cada terreno para que los encargados de producción puedan hacer un mejor aprovechamiento sin detrimento del suelo.

Una vez definidos los lotes que contaban con información, lotes con información incompleta y terrenos sin ningún estudio se dividió en tres partes:

Identificación de lotes no estudiados. Se evaluaron 74.03 ha de vocación agrícola y pecuaria conformadas por los lotes Ex Establo Vaquillas (3.00 ha), Club Hípico (2.50 ha), Florencia 2 (43.75 ha), Fracción en producción de pasturas de Zorrales (13.50 ha) y Santa Inés (11.28 ha) (Figura 1), elaborando un plan de manejo suelos para cada lote.

Actualización de información. Se actualizaron los Índices de Calidad Actual y Potencial y las Clases de Aptitud Actual y Potencial de los lotes Los Mingos (2.11 ha), Colindres (53.38 ha) y La Vega 7 de Monte Redondo (10.80 ha) (Figura 2), y se propuso un plan de manejo y conservación de suelos para cada terreno.

Evaluación del efecto del subsoleo en suelos FAR. Se midió el efecto sobre las características físicas de los suelos de la práctica de subsoleo después de cinco años en el lote Zorrales (10.94 ha) (Figura 3).

Determinación de los Índices de Calidad Actual y Potencial y las Clases de Aptitud Actual y Potencial en 74.03 ha y la elaboración de un plan de manejo



Figura 1. Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florecia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Levantamiento de suelos. El levantamiento de los suelos fue semidetallado, que corresponde a una barrenación cada cuatro hectáreas y una calicata según la clase textural para un total de 68 barrenaciones y 27 calicatas, las cuales se utilizaron para identificar las variaciones en topografía, uso, cobertura y las características físicas y químicas del suelo (Cortés y Malagón 1984).

Identificación y medición del área. Se identificaron los terrenos a estudiar, se contactó al encargado de cada terreno quién proporcionó información de la actividad agrícola o pecuaria establecida en el lugar. Para cada cultivo se solicitó información sobre: fecha de siembra, variedad, prácticas realizadas antes de siembra para la preparación del suelo, conformación de las camas, enmiendas realizadas (corrección del pH), producción esperada, sistemas de riego y drenaje, y prácticas culturales llevadas a cabo. En los lotes donde se desarrolla una actividad pecuaria, se identificó la fecha de inicio de la práctica, la variedad de las pasturas, rendimiento esperado, y fertilizaciones (Arévalo y Gauggel 2014). La medición del área se realizó con un GPS Garming Etrex 20. Las coordenadas sirvieron para la elaboración de los mapas.

Calicatas. Se realizó una calicata con dimensiones de 1.8 m × 1.8 m por cada familia textural encontrada. En ella se describió en forma más detallada el suelo y sus características como: número de horizontes y profundidad de cada uno, estructura, textura, consistencia, resistencia a la penetración, drenaje natural, porosidad y raíces, pedregosidad y límites entre horizontes según (FAO 2009. Se tomaron muestras de suelo en cada calicata, se enviaron al laboratorio y se obtuvo información química del suelo como pH (medida en relación suelo: 1:1), CICE (calculada por simuladora de bases y acidez intercambiable), Bases (Ca, P, K, Mg, Na), y Materia Orgánica (M.O.) (Arévalo y Gauggel 2014).

Evaluación química de los suelos. Se tomaron submuestras a los 20 cm del primer horizonte con la misma textura. Al laboratorio se envió la mezcla de las submuestras con un peso de 0.68 kg. La muestra se identificó con el nombre del terreno, fecha de la toma de la muestra, cultivo establecido en el terreno y el número de submuestras que conformaron la muestra.

Conductividad hidráulica, densidad aparente y erodabilidad. Se determinaron utilizando la textura y la estructura. La conductividad hidráulica se calculó a partir de la textura y estructura de cada horizonte con el método planteado por Landon (1991) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros para la estimación de la conductividad hidráulica.

Textura	Estructura	Conductividad Hidráulica mm/día
Arena Gruesa Grava	Granulo simple	12 o más
Arena Media	Granulo simple	6.0-12.0
Arena Limosa, Arena fina	Granulo simple, migajosa media	3.0-6.0
Arena Limosa Fina, Arena limosa	Bloque subangular y granular grueso, migajosa fina	1.5-3.0
Arcillo limosa ligeras, Franca, Franco limosas, Limo arenoso bien fino, Limo	Prisma medio, bloque subangular	0.5-1.5
Arcilla, Arcillo franco, Arcillo arenoso, Franco arcillo limoso, Franco arcilloso, Franco limoso, Franco, Areno arcillo limo	Prisma fino y medio bloque angular, placas	0.1-0.5
Arcilla, Limo arcilla, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso	Prisma fino y muy fino, bloque angular, placas	0.1-0.05
Arcilla, Arcilla pesada	Masivo, columnas fina y muy fina	0.05 o menos

Fuente: Landon, 1991.

Densidad aparente. Se estimó con base en la textura del suelo de cada uno de los terrenos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad aparente basada en textura.

Textura	Densidad Aparente (Mg/m³)
Arena	(1.8-1.9) 1.87
Franco Arenoso Grueso	(1.6-1.7) 1.68
Franco Arenoso	(1.5-1.6) 1.51
Franco	(1.3-1.4) 1.34
Franco Arcilloso	(1.2-1.3) 1.26
Arcilloso	(1.1-1.2) 1.18
Franco de Ceniza Volcánica	0.85
Materia Orgánica Descompuesta	(0.1-0.6) 0.33

Fuente: Skopp, 2000.

Erodabilidad del suelo. La erodabilidad es la susceptibilidad de un suelo a perderse por los factores ambientales. Qué tan erodable es un suelo dependerá de la estructura y la textura del primer horizonte. Para determinar el valor de erodabilidad de cada suelo se tomaron estas dos características. En 1965 Wischmeier y Smith propusieron la ecuación universal de pérdida de suelo que incluye los factores ambientales. Los factores incluyen la lluvia y escorrentía, longitud y gradiente de la pendiente, cultivo y manejo y conservación del suelo, ecuación [1].

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad [1]$$

Dónde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo (t.ha⁻¹.año⁻¹)

R = Factor de erodabilidad de la lluvia y escorrentía (Mj.mm⁻¹) (ha⁻¹. hora⁻¹. año⁻¹)

K = Factor de erodabilidad del suelo (t.MJ⁻¹mm⁻¹)

LS = Factor longitud y gradiente de la pendiente (sin unidades).

C = Factor de cultivo y manejo (sin unidades).

P = Factor de conservación de suelo (sin unidades).

Índices de Calidad de los suelos. Los índices de calidad de suelos se determinaron a partir de la evaluación de las características físicas del suelo como: profundidad efectiva, textura, estructura, resistencia a la penetración, conductividad hidráulica, fragmentos gruesos, densidad aparente y factor de erodabilidad. A partir de este análisis se obtuvo la Aptitud Actual del suelo (Gauggel *et al.* 2009). También a partir de este análisis se obtuvo la aptitud potencial, que indica como mejoraría la calidad del suelo al realizar prácticas para su adecuación.

Aptitud Actual y Potencial del suelo. Este análisis proporcionó información precisa del estado de la calidad de los suelos. Las características evaluadas para obtener el Índice de Calidad Actual y Potencial fueron: profundidad efectiva, textura, estructura, resistencia a la penetración, conductividad hidráulica, cantidad de fragmentos gruesos, densidad aparente, y factor de erodabilidad. A partir de la calificación de estas características se

calculó un índice que indicó numéricamente la calidad del suelo, esta primera calificación numérica recibió el nombre de Índice de Calidad Actual (ICA). El Índice de Calidad Potencial (ICP) indica hasta donde puede mejorar ese suelo al realizarle prácticas de adecuación del terreno (Gauggel *et al.* 2009).

El ICA y el ICP se calcularon con base en valores relativos con una escala de 1 a 10 (Cuadro4). Se califica cada característica del suelo con un valor ponderado para los horizontes del perfil estudiado. Este valor ponderado es la profundidad de cada uno de los horizontes en relación a la profundidad total de cada perfil de suelo. Luego a cada una de las características del horizonte se le asignó un valor. Este valor fue multiplicado por el valor ponderado de cada horizonte y se obtuvo el valor ponderado para cada característica. Se sumaron los valores ponderados de cada característica de los horizontes del perfil y se obtuvo el Índice de Calidad. Cada una de las características tiene un valor porcentual sobre la calidad del suelo, de manera que el total de cada una de las características del perfil se multiplicó por este valor porcentual. Al usar esta metodología la máxima calificación de calidad posible a obtener en un suelo es de 33.2 (Cuadro 3), que se considera un suelo de óptima calidad (Gauggel *et al.* 2009).

Cuadro 3. Clasificación de los suelos por Índices de Calidad.

Índice de calidad de suelos		
Alta	>30	
Media	25-30	
Baja	15-25	
Muy baja	<15	

Fuente: Gauggel 2009.

El ICP se determinó con el mismo proceso, la diferencia es que se utilizaron los valores a los cuales se puede llevar el suelo con prácticas de adecuación. Una vez calificado el ICA y el ICP para cada perfil de suelo se promedió el valor de los índices en cada terreno basado en el número de calicatas descritas. Se calculó la diferencia entre los dos índices y esta diferencia indicó el potencial de mejoramiento de cada área expresado en porcentaje con respecto a 33.2 (Lovo Silva *et al.* 2013).

Cuadro 4. Índices de calidad asignados por características del suelo.

Índice	Textura	Estructura	RP (kg/cm ²)	Prof. Efectiva (cm)	Frag. Gruesos (%)	Conductividad Hidráulica (m.día-1)	Densidad Aparente (mg/cm ³)	Erosión (Valor K)
10	F	g	0-1.75	>120	<0.10	0.50-1.50		<0.09
9	FL	bsmf			0.10-1	6.10-12	1.10-1.30	
8	FArL	bamf, baf, bsf	1.75-2.30	90-119		1.50-3	>1	1.10-0.19
7	Amf, Af, FAr<35%	baf				3.10-6	1.30-1.40	0.20-0.29
6	FArL	bam, bsm, prmf		60-89	1.10-3			
5	Am	bsg, bsmg			3.10- 1.50		1.41-1.50	0.30-0.39
4	Ag, FAr>35%	prf, prmf, bag, bamg	2.30-3.25	30-59			1.51-1.60	
3	ArL, ArA	prm			15-50	<0.10		
2	Ar, L, AF	prm	3.25		50-80		>1.61	0.40-0.59
1	Ag, Amg	l, ma, prg, prmg	>4.50	<30	>80	>12-<0.5		0.60

Símbolos: F: franco, FL: franco limoso, L: Limoso, FAF: franco arenosa fina, AFf: arena franca fina, FAm: franco arenosa media, FAg: franco arenosa gruesa, FAr: franco arcillosa, FArL: franco arcillo limoso, FArA: franco arcillo arenoso, A: arenosa, AFm: arenosa franco media, AFg: arenosa franco gruesa, FArm: franco arcillosa muy fina (>35% arcilla), Ar: arcillosa (<60% y >60% arcilla) ArA: arcillo arenosa, ArL: arcillo limosa, g: granular, bsmf: bloque subangular muy fino, bamf: bloque angular muy fino, baf: bloque angular fino, bsf: bloque subangular fino, bam: bloque angular medio, bsm: bloque subangular medio, prmf: prisma muy fino, bsg: bloque subangular grueso, prf: prisma fino, bag: bloque angular grueso, prm: prisma medio, l: laminar, ma: masificado, prg: prisma grueso, prmg: prisma muy grueso.

Prof. Efectiva: Profundidad Efectiva

Frag. Gruesos: Fragmentos Gruesos

Fuente: Gauggel *et al.* 2009.

Aptitud de uso. Es una clasificación cuantitativa basada en la aptitud del suelo para determinar su uso (De la Rosa 2008). En este caso se usa el sistema de calificación de suelo por capacidad de uso, conocido como el USDA (Singer y Ewing 2000). Los suelos también se clasifican según el sistema de clases por aptitud de uso que establece categorías con base en las limitantes. Las limitantes tomadas en cuenta para la clasificación por aptitud fueron profundidad efectiva, pedregosidad, textura, drenaje y erosión. Estas limitantes determinan la clase de cada uno de los suelos. Las categorías en las que se clasifica el suelo según su limitante determinan las clases de suelo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros evaluados para definir las clases de aptitud actual y potencial de los suelos.

Clase por Aptitud	Parámetro evaluado				
	Profundidad efectiva	Pedregosidad	Textura	Drenaje	Erosión
I	Muy profundo (Mayor 120 cm)	Sin pedregosidad (0 - 5%)	F, FL, L, FAF	Bueno	Nula
II	Profundo (90 - 120 cm)	Ligeramente pedregoso (5 - 10%)	AFf, FAM, FAG, FAr, FArL, FArA	Moderada -mente excesivo	Ligera
III	Moderadamente profundo (60 - 90 cm)	Moderadamente pedregoso (10 - 15%)	A, AFm, AFg, FArm	Moderada -mente lento	Moderada
IV	Poco profundo (30 - 60 cm)	Pedregoso (15 - 25%)	Ar, ArA, ArL	Excesivo	Severa
V	Superficial (0 - 30 cm)	Muy pedregoso (25 - 50%)		Muy lento	Muy severa

Símbolos: F: franco, FL: franco limoso, L: Limoso, FAF: franco arenosa fina, AFf: arena franca fina, FAM: franco arenosa media, FAG: franco arenosa gruesa, FAr: franco arcillosa, FArL: franco arcillo limoso, FArA: franco arcillo arenoso, A: arenosa, AFm: arenosa franco media, AFg: arenosa franco gruesa, FArm: franco arcillosa muy fina (>35% arcilla), Ar: arcillosa (<60% y >60% arcilla) ArA: arcillo arenosa, ArL: arcillo limosa, g: granular, bsmf: bloque subangular muy fino, bamf: bloque angular muy fino, baf: bloque angular fino, bsf: bloque subangular fino, bam: bloque angular medio, bsm: bloque subangular medio, prmf: prisma muy fino, bsg: bloque subangular grueso, prf: prisma fino, bag: bloque angular grueso, prm: prisma medio, l: laminar, ma: masificado, prg: prisma grueso, prmg: prisma muy grueso.

Prof. Efectiva: Profundidad Efectiva

Frag. Gruesos: Fragmentos Gruesos

Fuente: USDA 1978.

Las clases suelo se definen según Klingebiel Montgomery (1961) como:

Clase I. Dentro de esta clase se incluyen tierras con pocas limitantes o sin ellas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, adaptadas ecológicamente a la zona.

Clase II. Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.

Clase III. Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.

Clase IV. Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

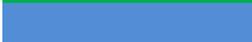
Clase V. Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural (Cuadro 6).

Clase VI. Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

Clase VII. Las tierras de esta clase tiene severas limitaciones por lo cual solo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa. En aquellos casos que el uso forestal sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración forestal natural.

Clase VIII. Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

Cuadro 6. Clasificación de los suelos por Aptitud de Uso.

Clases de Aptitud		
Alta	I	
Media	II	
Baja	III	
Muy Baja	IV	
Extremadamente Baja	V	

Fuente: Gauggel 2009.

Plan de manejo. La Gerencia de Tierras de la EAP en conjunto con la Unidad de Suelos de la EAP han trabajado en el levantamiento de información de la mayoría de los terrenos de vocación agrícola y pecuaria Zamorano con el fin de crear una base de datos que sea de libre acceso para los encargados de producción, que permita un mejor manejo del recurso suelo con el fin de aprovecharlo sin detrimento de este a largo plazo². A continuación se

² Arevalo G y Moreira D. Plan de manejo de suelos Zamorano, entrevista (Julio de la Rosa, entrevistador).

detalla el plan de mejoramiento propuesto por La Gerencia de Tierras y la Unidad de Suelos.

Plan de mejoramiento de manejo de tierras EAP Zamorano. Para proponer un plan de mejoramiento de tierras se debe proceder de la siguiente manera:

- Identificación de áreas
- Actualización continua de la información de la calidad de los suelos
- Identificación continua de necesidades de manejo de suelos
- Desarrollo de fichas técnicas de cada lote que debe contener la siguiente información:

Suelos

- Indicadores de calidad
- Limitantes del suelo
- Mecanización
- Prácticas de conservación de suelo
- Fertilidad

Información topográfica

- Delimitación de área
- Curvas a nivel

Malezas

Plagas y enfermedades

Manejo de aguas

- Riego
- Drenaje

Plan de manejo ambiental

- Áreas de protección
- Plan de manejo ambiental
- Indicadores ambientales

Plan de negocios

- Mercado
- Información financiera
- Presupuesto
- Indicadores financieros

- Automatización de la información, o de la base de datos
- Acceso a información temática
- Reingeniería de distribución de tierras y asignación del activo

En este estudio se abarcó hasta delimitación del área³. Los incisos restantes están en proceso de ser completados y una vez obtenida toda la información con la subsiguiente elaboración de fichas técnicas para los terrenos.

La información obtenida se analizó y se recomendaron las prácticas de adecuación o enmiendas necesarias para el mejoramiento de cada terreno. Entre estas prácticas se encuentran el subsoleo, encalamiento y drenaje. En el caso de encalamiento se realizó la recomendación basada en el análisis químico, ya que se requirió comprobar la necesidad de enmiendas que logrará optimizar ese suelo.

Características evaluadas para hacer recomendaciones de adecuación:

Subsoleo:

- Estructura.
- Resistencia a la penetración.
- Profundidad efectiva.
- Presencia de fragmentos gruesos.

Encalamiento:

- pH.
- Textura.
- Materia Orgánica

Drenajes:

- Conductividad hidráulica.

Inversión. Se estimó el valor de cada práctica de adecuación recomendada para cada suelo. Se realizó con el fin de saber si se justifica o no la inversión que ayudará a mejorar la calidad del suelo y a su vez al cultivo a alcanzar un nivel óptimo de producción.

Para el análisis económico se tomó en cuenta el retorno a la inversión, es decir, en cuanto tiempo se recuperará el dinero invertido en la enmienda realizada. De esta manera se logró obtener una perspectiva económica del terreno una vez que se le haya realizado la enmienda, generando utilidades para la institución que compensarán la inversión realizada.

Actualización de los Índices de Calidad Actual y Potencial y las Clases de Aptitud Actual y Potencial en 66.29 ha y elaboración de su plan de manejo

Se realizó el mismo procedimiento de levantamiento de suelos, determinación del índice de calidad, clasificación por aptitud e identificación de las necesidades de manejo que se mencionó en la metodología de la primera parte del estudio. Esto se hizo con el fin de agregar información sobre la calidad de los suelos ya que estos terrenos solo cuentan con la información química y física. Se revisó el estudio en los lotes: Los Mingos (2.00 ha), Colindres (53.38 ha), y lote 7 de La Vega de Monte Redondo (10.80 ha) (Figura 2).

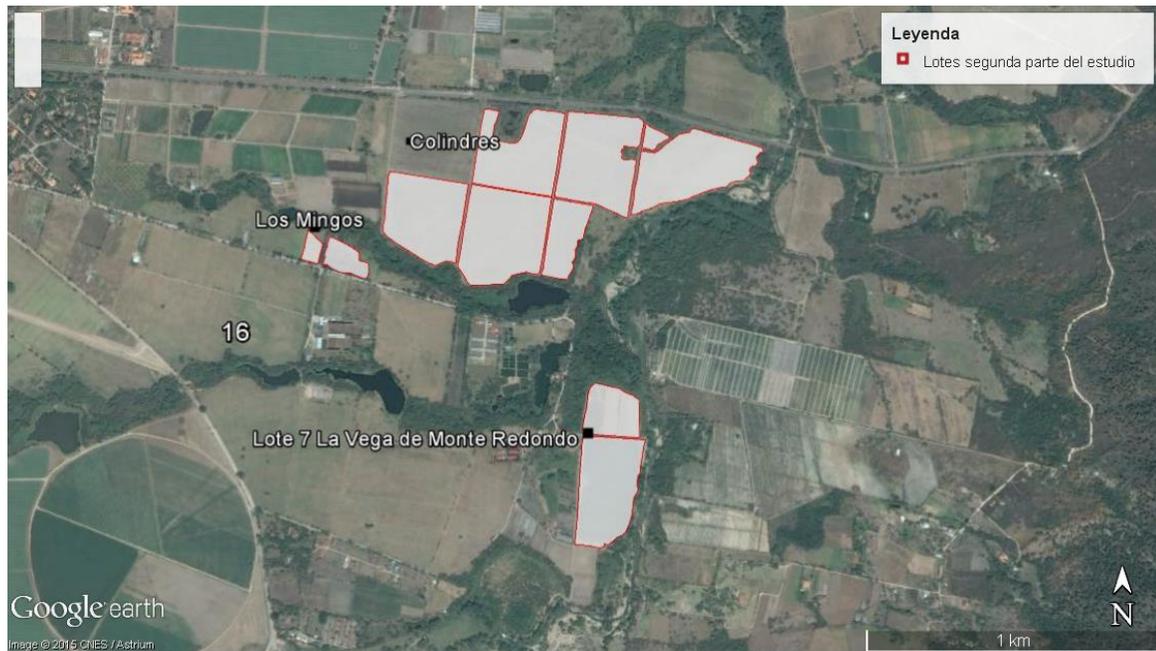


Figura 2. Lote Los Mingos, Colindres y La Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Procedimiento. El levantamiento de los suelos fue semidetallado, que corresponde a una barrenación cada cuatro hectáreas y una calicata según la clase textural para un total de siete barrenaciones y 11 calicatas, las cuales se utilizaron para identificar las variaciones en topografía, uso, cobertura y las características físicas y químicas del suelo (Cortés y Malagón 1984).

Evaluación del efecto del subsoleo en 10.94 ha de suelos Franco Arcillosos a los 5, 13 y 60 meses

En Zamorano se realizan prácticas de adecuación para mejorar las condiciones del suelo y como parte de la generación y actualización continua de la información de los suelos es necesario evaluar el efecto que tienen dichas prácticas en la calidad de los suelos. Por esta razón en esta parte del estudio se evaluó el efecto en el tiempo del subsoleo realizado en el lote Zorrales (10.94 ha). Se realizaron dos pases con subsolador, el primero con un tractor Caterpillar D8 de oruga, con una potencia de 310 HP. El segundo pase se realizó con un tractor Caterpillar D6 de oruga, con una potencia de 180 HP. El pase con el tractor D8 en dirección de Oeste a Este, a favor de la pendiente y el segundo pase a 45° del primer pase, en dirección Noroeste a Sureste. La profundidad de los cinceles de los subsoladores D8 y D6 fue de 1.1 y 0.8 m, respectivamente y una separación entre cinceles de 1.20 m para el tractor D8 y 1.10 m para el tractor D6. El terreno fue subsolado en Marzo del 2010. Al terreno no se le aplicó ningún pase de rastra; ni liviana, ni pesada (Guerra y Mendieta 2011) (Figura 3).



Figura 3. Lote Zorrales 7, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Procedimiento

- Revisar el estudio realizado por Guerra y Mendieta (2011).
- Localizar puntos donde se hicieron las calicatas en el 2011 para hacer las calicatas en el mismo suelo y así evitar el sesgo en los resultados.

- Se abrieron nueve calicatas para determinar las propiedades físicas actuales del suelo como densidad real, densidad aparente, porcentaje y espacio poroso y determinar los Índices de Calidad del suelo descritos anteriormente.

Densidad aparente, densidad real, porcentaje y espacio poroso. Para la densidad aparente se tomaron muestras con un cilindro densímetro, que tiene un volumen conocido de 98.17 cm³. La densidad real fue obtenida por el método de la probeta. Con base a la densidad aparente y densidad real se calculó la porosidad. Se tomaron tres muestras en cada uno de los tres primeros horizontes de cada calicata para un total de 81 muestras, estas muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos Zamorano (LSZ). Para el cálculo de densidad real y aparente se usó el método de la probeta. La porosidad se calculó a partir de la diferencia entre densidad real y aparente (Arévalo y Gauggel, 2009).

Diseño experimental y análisis estadístico. Para analizar la densidad aparente, densidad real, porcentaje de espacio poroso, resistencia a la penetración y los Índices de Calidad del suelo, se usó un diseño completo al azar y nueve repeticiones. Se aplicó un Modelo Lineal General (GLM) y separación de medias Duncan con significancia de $P \leq 0.05$.

Eficiencia del subsoleo. Se midió la profundidad del surco dejado por el implemento y la profundidad de fractura entre ganchos, donde la profundidad real (Pr) alcanzada por cada uno de los ganchos, dividida entre la profundidad que pudo haber penetrado el gancho (Pp), dio como resultado la eficiencia de penetración (Ep), ecuación [1]. Posteriormente, se midió la profundidad de fractura (Pf) alcanzada entre los ganchos y se dividió entre la profundidad real (Pr), y se obtuvo la eficiencia de fractura (Ef) entre cada gancho, ecuación [2]. Finalmente se obtuvo la eficiencia neta (En) de la mecanización, ecuación [3], como el producto de la eficiencia de penetración (Ep) y la eficiencia de fractura (Ef) expresado en porcentaje (Arévalo y Gauggel 2010).

$$Ep = Pr / Pp \quad [1]$$

$$Ef = Pf / Pr \quad [2]$$

$$En = (Ep \times Ef) / 100 \quad [3]$$

Dónde: Ep = Eficiencia de penetración, Pr = Profundidad real alcanzada por el implemento, Pp = Profundidad potencial del implemento, Ef = Eficiencia de fractura entre ganchos, Pf = Profundidad de fractura y En = Eficiencia neta del subsoleo (Figura 4).

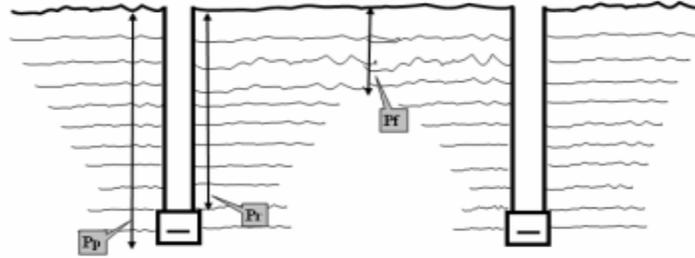


Figura 4. Parámetros para la evaluación de la eficiencia del subsuelo (Arévalo y Gauggel 2014).

Ep = Eficiencia de penetración, **Pr** = Profundidad real alcanzada por el implemento, **Pp** = Profundidad potencial del implemento, **Ef** =Eficiencia de fractura entre ganchos, **Pf** = Profundidad de fractura y **En**= Eficiencia neta del subsuelo

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Determinación de los Índices de Calidad Actual y Potencial y las Clases de Aptitud Actual y Potencial en 74.03 ha de uso agrícola y pecuario y la elaboración de un plan de manejo

El índice de calidad de los terrenos analizados es menor a 20, coincidiendo con Saavedra, Lovo Silva *et al.* (2013) que concluyeron que los suelos de Zamorano son de baja y muy baja calidad. Para hacer un mejor aprovechamiento del terreno es necesario llevar el suelo al ICP con prácticas de adecuación. Todos los terrenos incrementarían su ICA con prácticas de adecuación pero Florencia 2 y Santa Inés no aumentan a más de 20 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índices de Calidad Actual y Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Zorrales 7, Santa Inés y Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	ICA [£]	ICP	Incremento	
				Índice	%
Zorrales*	13.50	17	23	6	19
Club Hípico	2.50	15	22	7	22
Ex Establo Vaquillas	3.00	17	21	4	13
Florencia 2	43.75	15	19	4	11
Santa Inés	11.28	11	18	7	20
Total	74.03				

£: ICA: Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. **Incremento porcentual (%):** incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **Zorrales:** fracción en producción de pasturas de Zorrales.

Los Índices de Calidad se clasifican como suelos de alta calidad arriba de 30 y los índices de muy baja calidad están por debajo de 15 (Figura 5).

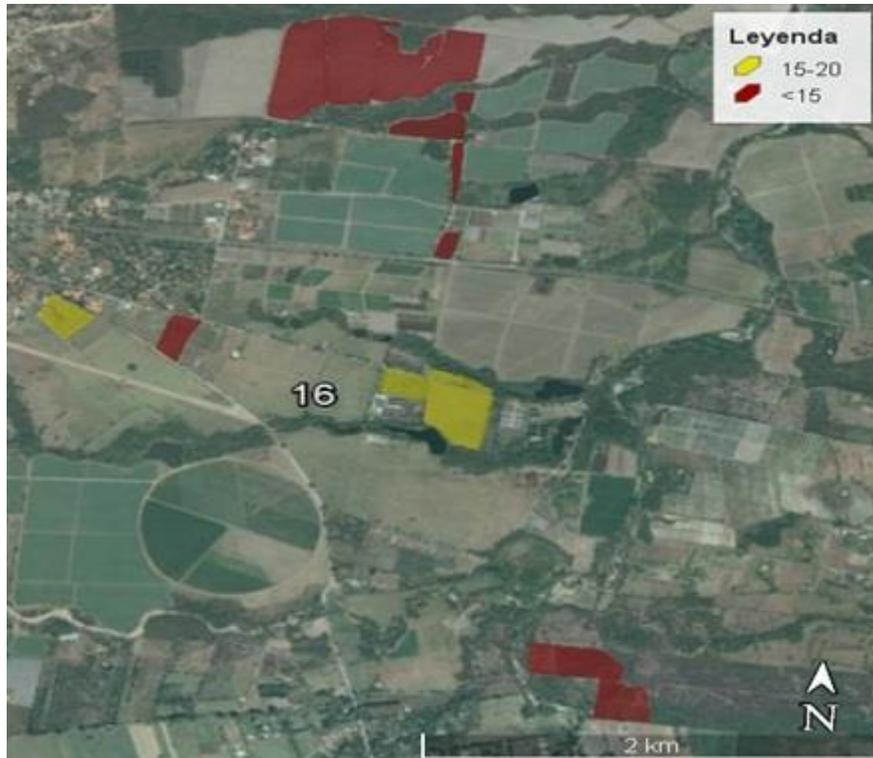


Figura 5. Índices de Calidad Actual de los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Figura 6. Índices de Calidad Potencial de los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Las Clases por Aptitud de uso Actual encontradas en los terrenos de la primera parte del estudio fueron IV y V. Esto indica que son suelos de extremadamente baja y muy baja calidad, con severas limitaciones físicas para el desarrollo del cultivo (compactación, pedregosidad, profundidad efectiva y textura) (Cubero 2001). Adecuando el suelo (subsoleo y drenajes) se puede mejorar la calidad de los suelos de la fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés de IV a II (Cuadro 8).

Cuadro 8. Clases de aptitud actual y potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Fracción en producción de pasturas de Zorrales, Santa Inés y Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	CAA[£]	CAP
Ex Establo Vaquillas	3.00	IV t, pe	II t, pe
Zorrales*	13.50	IV d, p, pe, t	II p, pe, t
Club Hípico	2.50	IV p, pe, t	IV p, pe, t
Santa Inés	11.28	V d, p, pe, t	IV p, pe, t
Florencia 2	43.75	V p, pe, t	V p, pe, t
Total	74.03		

£: **CAA:** Clase de Aptitud Actual. **CAP:** Clase de Aptitud Potencial. Zorrales: Fracción en producción de pasturas de Zorrales. **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase VI:** Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **d:** drenaje, **e:** erosión, **p:** pedregosidad **pe:** profundidad efectiva, **t:** textura.



Figura 7. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Clase V: Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase IV.** Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

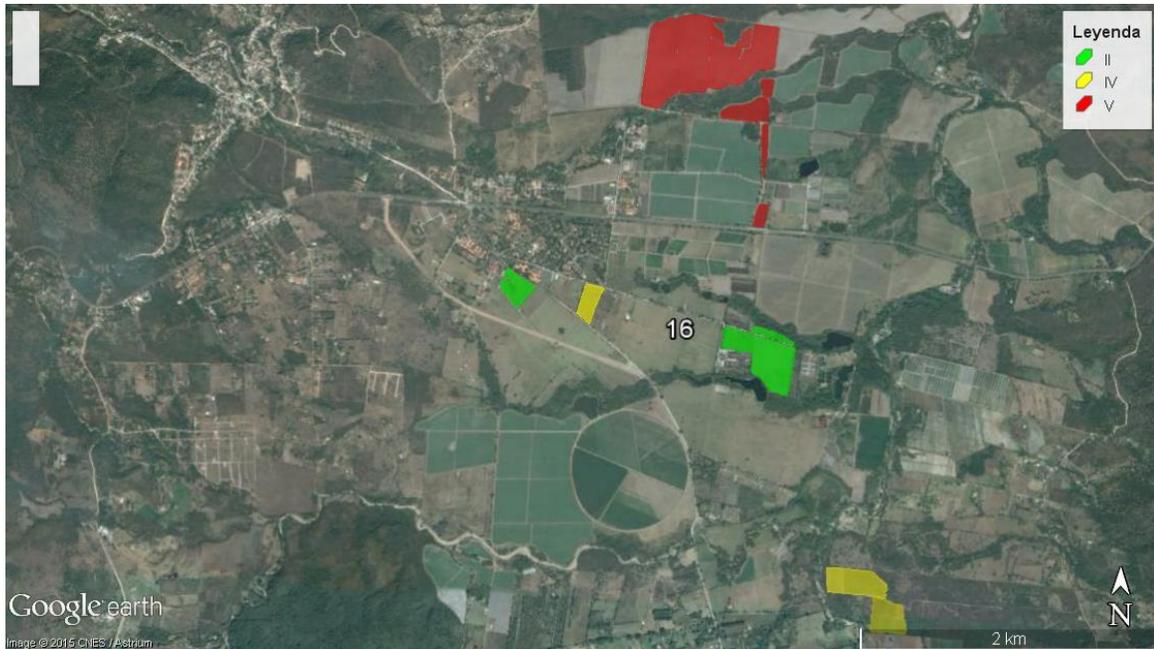


Figura 8. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Clase V: Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase IV.** Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **Clase II.** Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.

Ex Establo Vaquillas. El ICA de los suelos es 17. El ICP es 23 con un aumento de 18%. Para alcanzar el ICP en el lote es necesario subsolar a 80 cm de profundidad y construir drenajes porque el suelo tiene limitaciones en profundidad efectiva, drenaje y textura. Al subsolar a la profundidad que está compactado se fractura el suelo y se reduce la resistencia a la penetración de raíces, se mejora la porosidad del suelo y la profundidad efectiva (Galarza Brito 2010). Con los drenajes se mejoraría la capacidad de infiltración del suelo reduciendo la escorrentía y encharcamiento (Lovo Silva *et al.*) (Figura 9) (Cuadro 9).



Figura 9. Lote Ex Establo Vaquillas, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Ex Establo Vaquillas.

Área: 3.00 ha.

pH: 5.7.

Uso actual: Pasturas.

Uso potencial: depende de las condiciones socioeconómicas y no de las limitantes del suelo.

Cuadro 9. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos del Ex Establo Vaquillas de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA ^ε	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
				pe,t	pe,t	Profundidad efectiva 26 cm	Subsoleo a los 80 cm
						Texturas arcillosas	Construir drenajes
17	21	4	13	V	III		

ε: ICA: Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **CAA:** Clase de Aptitud Actual. **CAP:** Clase de Aptitud Potencial. **Clase III:** Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua. **Clase IV:** Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Club Hípico. El ICA es de 15 y el ICP de 22 con un incremento potencial de 21%. Para lograr el máximo potencial del suelo es necesario mejorar la profundidad efectiva y la estructura con subsoleo a 60 cm de profundidad, mejorar el pH con encalamiento y el drenaje construyendo un sistema de drenajes. El lote no mejorará su Clase de Aptitud debido a que la profundidad efectiva potencial del lote es 60 cm y esta característica es limitante en la clasificación por aptitud. La estructura de los suelos también puede mejor con el encalamiento (Jaramillo 2002) (Figura 10) (Cuadro 10).



Figura 10. Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Club Hípico.

Área: 2.50 ha.

pH: 5.90.

Uso actual: Barbecho.

Uso potencial: Pasto, Sorgo, Maíz, Maderables y Frutales.

Cuadro 10. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos del Club Hípico de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [‡]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
				p, t	p, t	Primer horizonte con estructura laminar.	Subsolar a 60 cm de profundidad.
						Mal drenaje.	
						Suelo con profundidad efectiva de 5 cm.	Encalar
15	22	7	22	IV	IV		

‡: ICA: Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **CAA:** Clase de Aptitud Actual. **CAP:** Clase de Aptitud Potencial. **Clase VI:** Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Fracción en producción de pasturas de Zorrales. El ICA es 17. El ICP es 23 con un aumento de 18%. Para alcanzar el ICP en el lote es necesario subsolar a 1m de profundidad y construir drenajes porque el suelo tiene limitaciones en profundidad efectiva, resistencia a la penetración de raíces, drenaje y textura. Al subsolar a la profundidad que está compactado se fractura el suelo y se reduce la resistencia a la penetración de raíces, se mejora la porosidad del suelo y la profundidad efectiva (Galarza Brito 2010). Con los drenajes se mejoraría la capacidad de infiltración del suelo reduciendo la escorrentía y encharcamiento (Lovo Silva *et al.*) (Figura 11) (Cuadro 11).



Figura 11. Lote Fracción de producción de pasturas de Zorrales, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Fracción en producción de pasturas de Zorrales.

Área: 13.50 ha.

pH: 7.23.

Uso actual: Pasto Tanzania.

Uso potencial: Uso depende de las condiciones socioeconómicas y no de las limitantes del suelo.

Cuadro 11. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de la fracción en producción de pasturas de Zorrales de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA ^ε	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
17	23	6	19	V	II	pe, d, t, p	Subsoleo a 80 cm
						pe, t	Drenaje
							Compactación
							Drenajes
							Textura pesada
							y roca

ε: ICA: Índice de Calidad Actual. ICP: Índice de Calidad Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. CAA: Clase de Aptitud Actual. CAP: Clase de Aptitud Potencial. **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase VI:** Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Santa Inés. Su ICA es de 12 y su ICP de 19 con un incremento potencial de 21%. Sus limitantes físicas son la profundidad efectiva de 12 cm, texturas arcillosas, baja conductividad hidráulica y fragmentos gruesos que limitan la infiltración. La cantidad de roca es moderada. Las enmiendas recomendadas son subsoleo a 1 m, construcción de drenajes y encalamiento para manejar el pH del suelo (Cuadro 12) (Figura 12).



Figura 12. Lote Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Santa Inés.

Área: 11.28 ha.

pH: 4.9.

Uso actual: Jatropha.

Uso potencial: Maíz, pastos y maderables.

Cuadro 12. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Santa Inés de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [£]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
				d, p, pe, t	p, pe, t	12 cm de profundidad efectiva	Subsileo a 1 m de profundidad
						texturas arcillas	Construir drenajes
						Baja conductividad hidráulica	Encalamiento
						Fragmentos gruesos	
12	19	7	21	V	V		

£: **ICA:** Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **CAA:** Clase de Aptitud Actual. **CAP:** Clase de Aptitud Potencial. **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase VI:** Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Florencia 2. El ICA y el ICP son de 15 y 19 respectivamente, con un incremento potencial de 12%. Las limitantes físicas del lote son profundidad efectiva, estructura y textura porque son suelos arcillosos. Para mejorar las características en el lote es necesario subsolar a 30 cm de profundidad para romper los horizontes compactados. Al subsolar a esta profundidad también se mejoran la conductividad hidráulica y la estructura porque el horizonte compactado no permite el flujo horizontal y vertical del agua (Jaramillo 2002) (Figura 13) (Cuadro 13).



Figura 13. Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Florencia 2.
Área: 43.75 ha.
pH: 5.33.
Uso actual: Maíz.
Uso potencial: Maíz, pastos y maderables.

Cuadro 13. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Florencia 2 de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [‡]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendaciones
15	19	4	11	V	V	15 cm profundidad efectiva Suelos arcillosos.	Subsoleo a los 30cm Encalamiento

‡: **ICA:** Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **CAA:** Clase de Aptitud Actual. **CAP:** Clase de Aptitud Potencial. **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase II:** Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Subsoleo. Todos los lotes de la primera parte del estudio requieren subsoleo excepto la fracción en producción de pasturas de Zorrales. Para poder fraccionar el suelo adecuadamente se recomienda utilizar un tractor D8 por su potencia. Se deben de efectuar dos pases, uno en dirección a la pendiente y otro a 45° con relación al primer pase (Guerra y Mendieta 2011). Se recomienda realizar subsoleo por la estructura, resistencia a penetración, profundidad efectiva y conductividad hidráulica, todas estas variables son una limitación para el desarrollo del cultivo. En el cuadro 14 se detallan los costos del subsoleo para cada uno de los lotes (Figura 14).

Cuadro 14. Costo de subsoleo en 60.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área	Costo US \$/ha	Total US \$
Ex Establo Vaquillas	3.00	600	1,800
Club Hípico	2.50	600	1,500
Santa Inés	11.28	600	6,768
Florencia 2	43.75	600	26,250
Total	74.03		36,318

Fuente. Lovo Silva *et al.* 2013.



Figura 14. Lotes con necesidad de subsileo en los lotes Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2 y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Encalamiento. La máxima absorción de nutrientes ocurre a un pH de 5.5-6.5. Cuando se mantiene el suelo al valor mínimo del rango mencionado se puede incurrir en una acidificación del suelo si se aplican fertilizantes, por esta razón todos los suelos de la primera parte del estudio requieren de encalamiento para manejar un pH de 6.5. En el Cuadro 15 se detallan los costos totales de la aplicación de cal dolomítica (Figura 15).

Cuadro 15. Costo del encalamiento en 60.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	pH	Textura	t/ha	t/terreno	Costos \$/ha Cal	Costo total
Ex Establo Vaquillas	3.00	5.7	FA [£]	2.90	8.70	1,160	3,480
Club Hípico	2.50	5.9	F	2.00	5.00	800	2,000
Zorrales 7	13.50	7.2	FAr	0.00	0.00		
Santa Inés	11.28	5.0	FArL	6.30	71.06	2,520	28,425
Florencia 2	43.75	5.3	FA	4.00	175.00	1,600	70,000
Total	74.03				259.76		103,905

£: FA: franco arenoso, F: franco, FAr: franco arcilloso, FArL: franco arcillo limoso.



Figura 15. Lotes con necesidad de encalamiento en los terrenos Ex Establo Vaquillas, Club Hípico, Florencia 2 y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Drenajes. La estructura de los suelos del Club Hípico es laminar. En los suelos de Santa Inés parte baja se describieron dos estructuras, la limitante es la estructura masificada. Por la textura arcillosa, moteos color rojo y gris, y baja profundidad efectiva que presentan se requiere la elaboración de drenajes para poder aumentar el flujo de agua a través de los horizontes y prevenir anegamiento. El lote fracción en producción de pasturas de Zorrales presentó anegamiento, por esta razón el suelo necesita la elaboración de drenajes para evacuar el agua que se acumula superficialmente. Los tres lotes mencionados y Florencia 2 tienen un alto porcentaje de moteos grises y texturas pesadas que evidencian un mal drenaje interno (Escoto Durón 2009). Para facilitar el movimiento de agua en el suelo arcilloso, se recomienda romper los horizontes compactados mediante subsoleo profundo en dirección al drenaje colector. Esta práctica no solo mejorará la condición del suelo sino que complementa el sistema de drenaje, mejorando la producción (Guerra y Mendieta 2011). En suelos con evidencia de encharcamiento, debido a que el terreno presenta topografía plana, suelo arcilloso, compactación superficial del suelo y conductividad hidráulica lenta, se recomienda hacer drenajes secundarios que se conecten a un colector principal. Para determinar la dirección, forma y profundidad de los drenes es necesario realizar un estudio topográfico del suelo (Smith Miller 2012). En el Cuadro 15 se muestran los costos de la elaboración de drenajes (Lovo Silva *et al.* 2013) (Cuadro16) (Figura 16 y 17).

Cuadro 16. Costo de la construcción de drenajes en 70.53 ha de uso agrícola y pecuario de la primera parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área	Costo \$/ha	Total \$
Club Hípico	2.50	400	1,000
Fracción en producción de pasturas de Zorrales	13.50	400	5,400
Santa Inés	11.28	400	4,512
Florencia 2	43.75	400	17,500
Total	74.03		28,402

Fuente: Costos tomados de Lovo Silva *et al.* (2013).



Figura 16. Mapa construcción de drenajes en los lotes Club Hípico, Florencia 2, Fracción en producción de pasturas de Zorrales y Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

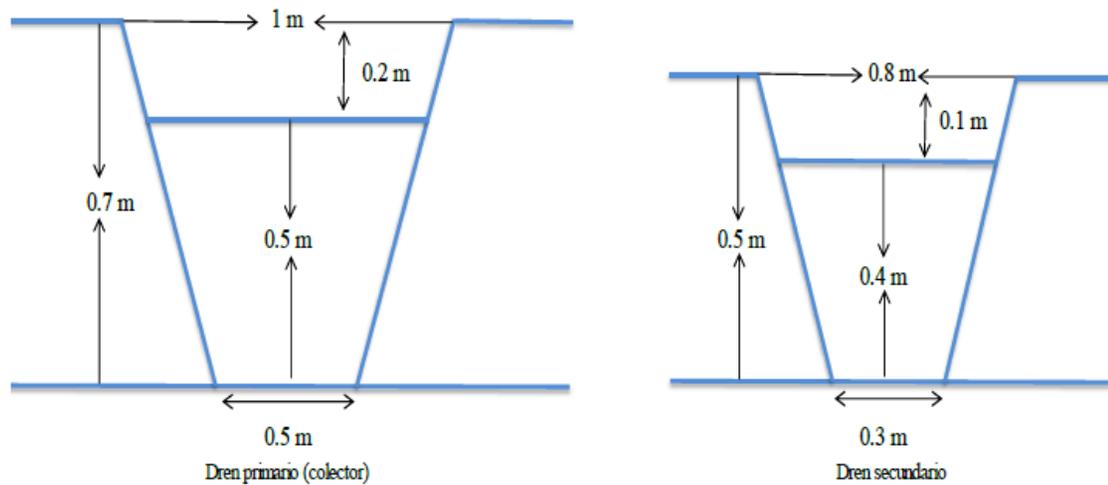


Figura 17. Dimensiones de los drenajes (Smith Miller 2012).

Cuadro 17. Costos totales de las enmiendas recomendadas en 74.03 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Terrenos	Área (ha)	Subsoleo (US\$)	Encalamiento (US\$)	Drenaje (US\$)	Total (US\$)
Ex Establo Vaquillas	3.00	1,800	3,480	-	5,280
Club Hípico	2.50	1,500	2,000	1,000	4,500
Florencia 2	43.75	26,250	70,000	17,500	113,750
Fracción en producción de pasturas de Zorrales	13.50	-	-	5,400	5,400
Santa Inés	11.28	6,768	28,426	4,512	39,717
Total	74.03	36,318	103,906	28,412	168,647

Actualización de los Índices de calidad actual y potencial y las Clases de Aptitud Actual y Potencial en 66.30 ha de uso agrícola y pecuario y su plan de manejo

El índice de calidad actual de los terrenos analizados es menor a 20, suelos de muy baja calidad. Para alcanzar el ICP es necesario adecuar el suelo con prácticas de mejoramiento (Cuadro 18) (Figura 18 y 19).

Cuadro 18. Índices de Calidad Actual y Potencial de 66.29 ha de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	ICA	ICP	Incremento	
				Índice	%
La Vega 7 de Monte Redondo	10.80	13	22	9	27
Los Mingos	2.11	17	21	4	11
Colindres	53.38	13	20	7	20
Total	66.30				

ICA: Índice de Calidad Actual. **ICP:** Índice de Calidad Potencial. **Incremento %:** incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2.

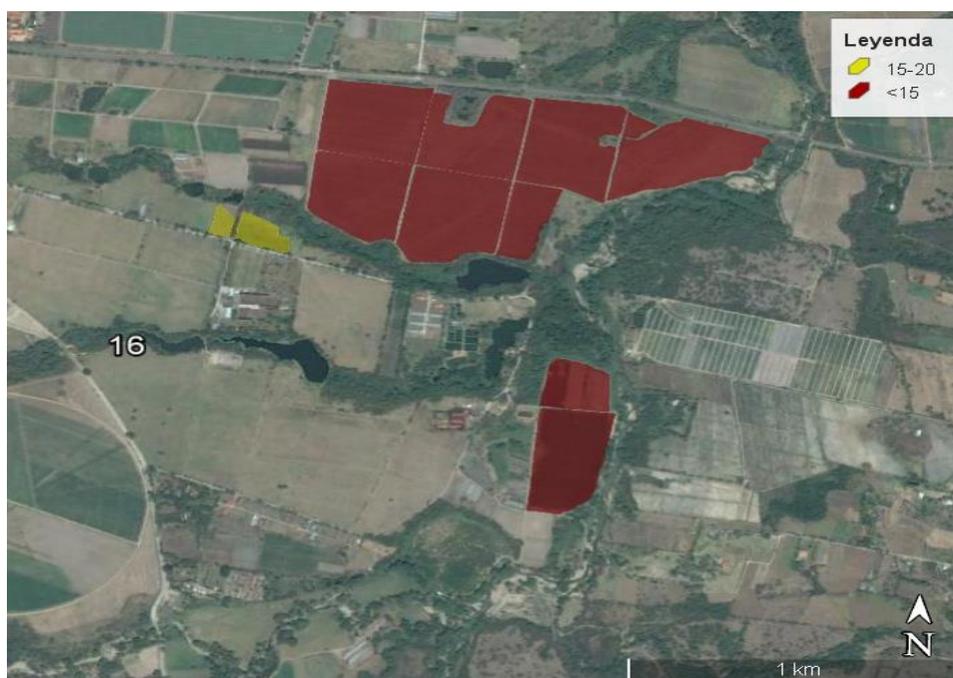


Figura 18. Índices de Calidad Actual de los lotes Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Figura 19. Índices de Calidad Potencial de los lotes Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Las clases por aptitud actual encontradas en los terrenos de Colindres y los Mingos fueron V y IV respectivamente. Esto indica que tenemos suelos de baja y muy baja calidad, con severas limitaciones físicas para el desarrollo del cultivo como profundidad efectiva, textura y conductividad hidráulica (Cubero 2001). Al adecuar con prácticas de mejoramiento (subsuelo y drenajes) los suelos de Colindres y los Mingos mejoran la conductividad hidráulica y la profundidad efectiva, y se pueden alcanzar clases de aptitud de III y II respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Clases de aptitud actual y potencial de 66.29 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	CAA[£]	CAP
Colindres	53.38	V pe,t,d	III pe,t
Los Mingos	2.11	IV pe,t	II t
Lote 7 de La Vega Monte Redondo	10.80	V p,d,t	II t
Total	66.30		

£: CAA: Clase por Aptitud Actual, CAP: Clase por Aptitud Potencial, **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

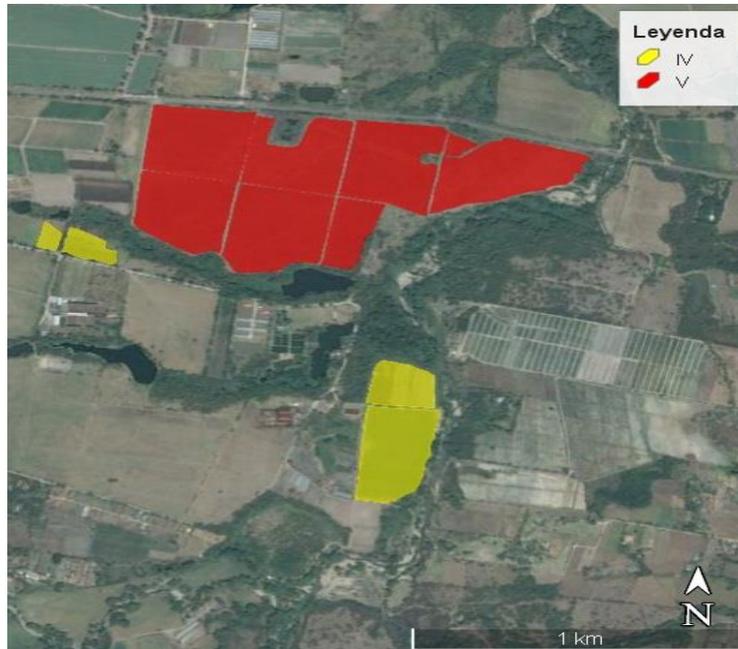


Figura 20. Clases de Aptitud actual de los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Clase V: Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase IV.** Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

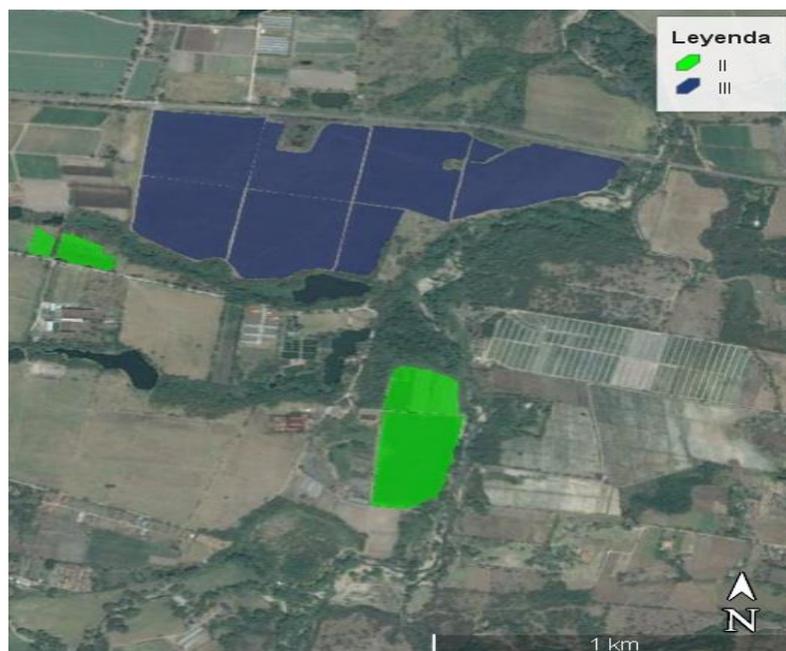


Figura 21. Clases de Aptitud Potencial de los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Clase II. Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.

Clase III. Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.

Colindres. El ICA de Colindres (Figura 22) es 13 y el ICP es 20 con un incremento potencial de 21%. Las limitantes del lote son textura, compactación, estructura, profundidad efectiva y baja conductividad hidráulica. Estas limitantes son las que afectan el desarrollo de las raíces. Para alcanzar el ICP del lote es necesario subsolar y construir drenajes, con estas prácticas de adecuación se corrigen las principales limitantes físicas del suelo a excepción de la textura (Lovo Silva *et al.* 2013). Corrigiendo estas características la aptitud del suelo pasaría de V (suelos de muy baja calidad) a III subclase (Cuadro 20).



Figura 22. Lote Colindres, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Colindres.

Área: 53.38 ha.

pH: 6.23

Uso actual: Caña.

Uso potencial: Hortalizas, maíz, frijol, frutales, maderables y cucurbitáceas.

Cuadro 20. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Colindres de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [£]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
				d pe,t,	pe, t	Textura Arcillosa en todos los horizontes. Baja conductividad hidráulica. Estructura masificada en todos los horizontes. Profundidad efectiva de 5 cm.	Subsolar a los 90 cm de profundidad. Hacer drenajes.
13	20	7	20	V	III		

£: ICA: Índice de Calidad Actual. ICP: Índice de Calidad Potencial. CAA: Clase por Aptitud Actual, CAP: Clase por Aptitud Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2 **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase III.** Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.. **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

Los Mingos. En el lote Los Mingos (Figura 23) se encontró un ICA de 16 y un ICP de 17, un incremento potencial de 3%. La característica más limitante es profundidad efectiva. Para mejorar esta característica es necesario subsolar a 40 cm de profundidad para fracturar el horizonte compactado (Cuadro 21).

El lote los Mingos a pesar de no tener un incremento tan notable en su ICP, aumenta su Clase de Aptitud a II. Esto se debe a que la profundidad efectiva potencial del lote es de 105 cm. El poco incremento en el ICP se debe a la alta densidad aparente del suelo, esta característica se puede mejorar con una buena mecanización del suelo que incremente el espacio poroso (Galarza Brito 2011). La Clase de Aptitud Potencial hubiera sido mayor si la textura no fuera una limitante en el suelo ya que esta no se puede mejorar (Escoto Durón 2009).



Figura 23. Lote Los Mingos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Los Mingos.

Área: 2.11 ha.

pH: 6.38.

Uso actual: Frijol.

Uso potencial: Depende de las condiciones socioeconómicas y no de las limitantes del suelo.

Cuadro 21. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de Los Mingos de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [£]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
16	17	1	3	IV	II	Profundidad efectiva Textura Densidad aparente	Subsoleo a los 40cm

£: ICA: Índice de Calidad Actual. ICP: Índice de Calidad Potencial. CAA: Clase por Aptitud Actual, CAP: Clase por Aptitud Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. **Clase V:** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. **Clase II.** Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos., **pe:** profundidad efectiva, **d:** drenaje, **t:** textura, **e:** erosión, **p:** pedregosidad.

La Vega. ICA 13 e ICP 22, con un incremento porcentual de 27%. Actualmente la limitante más importante es la profundidad efectiva de 12 cm con un segundo horizonte totalmente compactado. Para mejorar esta característica es necesario subsolar hasta los 80 cm para reducir la resistencia a la penetración (Galarza Brito 2011). Es un lote que puede mejorar considerablemente la clase por aptitud ya que actualmente la limitante tiene solución y la textura sería su próxima limitante con menos impacto negativo ya que son suelos francos (Figura 24) (Cuadro 22).



Figura 24. Lote 7 de La Vega Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Nombre: Lote 7 de La Vega Monte Redondo.

Área: 10.80 ha.

pH: 5.65.

Uso actual: Plátano.

Uso potencial: depende de las condiciones socioeconómicas y no de las limitantes del suelo.

Cuadro 22. Índices de Calidad Actual y Potencial, Clases de Aptitud Actual y Potencial de los suelos de 7 de La Vega Monte Redondo de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

ICA [£]	ICP	Incremento	Porcentaje	CAA	CAP	Límites	Recomendación
13	22	9	27	V	II	d,pe,t t 12 cm profundidad efectiva segundo horizonte compactado texturas pesadas	Subsolar a los 80 cm

£: ICA: Índice de Calidad Actual. ICP: Índice de Calidad Potencial. CAA: Clase por Aptitud Actual, CAP: Clase por Aptitud Potencial. Incremento %: incremento potencial en el suelo con respecto al Índice de Calidad máximo posible de 33.2. Clase V: Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, o bosque, por lo cual, su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. Clase II. Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos. pe: profundidad efectiva, d: drenaje, t: textura, e: erosión, p: pedregosidad.

Subsoleo. La profundidad efectiva de Colindres es 5 cm. Los Mingos presenta una profundidad efectiva de 33 cm. La profundidad efectiva del lote 7 de La Vega Monte Redondo es 12 cm. Con el subsoleo se puede mejorar la profundidad efectiva del suelo permitiendo que las raíces aumenten su área de exploración. En el Cuadro 17 se muestran los costos de la práctica de subsoleo para cada lote con un tractor D8, haciendo un pase en dirección a la pendiente del suelo y un segundo pase a 45 grados con respecto al primero que también favorece el drenaje interno del suelo (Galarza Brito 2010) (Cuadro 23) (Figura 25).

Cuadro 23. Costos de subsoleo en 66.29 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)a	Costo US \$/ha	Total US \$
Colindres	53.38	600	32,028
Los Mingos	2.11	600	1,266
Lote 7 de La Vega Monte Redondo	10.80	600	6,480
Total	66.29		39,774

Fuente. Lovo Silva *et al.* 2013.



Figura 25. Lotes con necesidad de subsileo en los terrenos Los Mingos, Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Encalamiento. Se debe realizar para evitar problemas de acidificación con la aplicación de fertilizantes (Cuadro 24) (Figura 26).

Cuadro 24. Costo del encalamiento en 10.80 ha de uso agrícola y pecuario, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	pH	Textura	t/ha	t/terreno	Costos US \$/ha Cal	Costo total US \$
Colindres	53.38	6.30	F [£]	0.00	0	\$ -	\$ -
Los Mingos	2.11				0	\$ -	\$ -
Lote 7 de La Vega							
Monte Redondo	10.80	5.65	FA	2.90	31.32	\$ 1,160.00	\$ 12,528.00
Total	66.29						\$ 12,528.00

£: F: franco, FA: franco arenoso.



Figura 26. Lotes con necesidad de encalamiento del lote La Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Drenaje. Colindres a pesar de que tiene un sistema de drenaje presenta anegamiento. El lote La Vega 7 de Monte Redondo tiene compactación a los 27 cm y un horizonte pesado a los 110 cm. Al realizar drenajes se mejoraría el flujo de agua a través de los horizontes evitando el anegamiento. En el Cuadro 25 se muestran los costos totales de realizar drenajes en los lotes de la segunda parte del estudio (Figura 27).

Cuadro 25 Costos de la construcción de drenajes en 64.18 ha de uso agrícola y pecuario de la segunda parte del estudio, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Lotes	Área (ha)	Costo (US \$/ha)	Total (US \$)
Colindres	53.38	400	21,352
Los Mingos	2.11		
Lote 7 de La Vega Monte Redondo	10.80	400	4,080
Total	66.29		21,352

Fuente. Lovo Silva *et al.* 2013.



Figura 27. Lotes con necesidad de construcción de drenajes en los lotes Colindres y Vega 7 de Monte Redondo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Cuadro 26. Costo total de las enmiendas recomendadas en 66.29 ha de uso agrícola y pecuario Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Terrenos	Área (ha)	Subsoleo (US \$)	Encalamiento (US \$)	Drenaje (US \$)	Total (US \$)
Los Mingos	2.11	1,266	-	-	1,266
Colindres	53.38	32,028	-	21,352	53,380
La Vega 7 de Monte Redondo	10.80	6,480	12,528	4,320	23,328
Total	66.29	39,774	12,528	25,672	77,974

Determinación del efecto de subsoleo en las características físicas antes, cinco, 13 y 60 meses después en suelos franco arcillosos en el lote Zorrales 7

Densidad aparente. La densidad aparente se mantuvo constante en el primer horizonte antes, cinco meses y 13 meses después del subsoleo y tuvo una diferencia significativa 60 meses después. La primera tendencia corresponde con los resultados de Guerra y Mendieta (2011) que concluyeron que se podía deber al efecto de la materia orgánica y la exploración de las raíces en el primer horizonte. La diferencia a los 60 meses después del subsoleo es posible que sean el resultado del pisoteo de las vacas. En el segundo y tercer horizonte se encontraron diferencias significativas a los 60 meses con una reducción en la densidad aparente que se debe al reordenamiento natural de las características de los horizontes ⁴ (Cuadro 27).

Cuadro 27. Densidad aparente de los primeros tres horizontes, antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Tratamientos	Horizontes		
	1 (0-13 cm)	2 (13-30 cm)	3 (30-45 cm)
Antes del subsoleo (Mar-10)	1.14 a [£]	1.44 a	1.46 a
Cinco meses después del subsoleo (Ago-10)	1.14 a	1.43 a	d p ^{££}
Trece meses después del subsoleo (Abr-11)	1.16 a	1.42 a	1.44 a
60 meses después del subsoleo (Sept-15)	1.31 b	1.32 b	1.22 b
CV	6.19	4.83	3.54
R ²	0.67	0.5	0.9
α	**	**	***

£: medias seguidas de la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa.

££:dp: datos perdidos.

** : significativo. ***: altamente significativo

Densidad real. La densidad real no presentó diferencias significativas a través del tiempo concordando con los resultados de Guerra y Mendieta (2011). Este resultado es el esperado ya que la densidad real no es influenciada por las prácticas de adecuación o por el tiempo (Cuadro 28).

⁴ Arevalo, G. (Octubre 2015). Discusión de resultados del efecto del subsoleo a través del tiempo, entrevista. (Ronny Dario Quijia, entrevistador).

Cuadro 28. Densidad real de los primeros tres horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Tratamientos	Horizontes		
	1	2	3
	(0-13 cm)	(13-30 cm)	(30-45 cm)
Antes del subsoleo (Mar-10)	2.26 a [£]	2.31 a	2.34 a
Cinco meses después del subsoleo (Ago-10)	2.35 a	2.36 a	dp ^{££}
Trece meses después del subsoleo (Abr-11)	2.35 a	2.37 a	2.36 a
60 meses después del subsoleo (Sept-15)	2.24 a	2.29 a	2.32 a
CV	6.00	5.19	6.35
R ²	0.36	0.24	0.34
α	ns	ns	ns

£: medias seguidas de la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa.

££: dp: datos perdidos.

ns: no significancia

Espacio poroso. No se encontraron diferencias significativas antes, cinco meses y 13 meses después del subsoleo. A los 60 meses después de la práctica se redujo el espacio poroso, esto puede ser por el pisoteo de las vacas que elevó la densidad aparente y a mayor densidad aparente en el suelo se tiene menor espacio poroso. En el segundo horizonte no se encontraron diferencias significativas a través del tiempo. En el tercer horizonte, antes y 13 meses después del subsoleo no se encontraron diferencias significativas pero 60 meses después el espacio poroso se elevó a 46% (Cuadro 29).

Cuadro 29. Efecto del subsoleo en el porcentaje de espacio poroso de los tres primeros horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Tratamientos	Horizontes		
	1	2	3
	(0-13 cm)	(13-30 cm)	(30-45 cm)
Antes del subsoleo (Mar-10)	49.7 a [£]	37.4 a	37.6 a
Cinco meses después del subsoleo (Ago-10)	51.4 a	36.9 a	dp ^{££}
Trece meses después del subsoleo (Abr-11)	50.9 a	40.1 a	39.3 a
60 meses después del subsoleo (Sept-15)	40.8 b	40.8 a	46.2 b
CV	9.23	13.46	11.19
R2	0.66	0.25	0.64
α	**	ns	**

£: medias seguidas de la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa.

££: dp: datos perdidos.

** : significativo. ns: no significancia

Resistencia a la penetración (R.P.). Antes y 13 meses después del subsoleo no se encontraron diferencias significativas en R.P. en el primero horizonte, valores bajos. A los 60 meses se elevó significativamente la R.P. en el suelo, esto posiblemente se debe al efecto que tiene el pisoteo de las vacas en la compactación del suelo. Para el segundo horizonte se encontraron diferencias significativas a los 13 meses después del subsoleo que se redujo la RP y a los 60 meses se elevó. En el tercer horizonte no hubo variaciones con el tiempo (Cuadro 30).

Cuadro 30. Resistencia a la penetración (kg/cm²) de los primeros tres horizontes antes y después del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Tratamientos	Horizontes		
	1	2	3
	(0-13 cm)	(13-30 cm)	(30-45 cm)
Antes del subsoleo (Mar-10)	2.77 a	4.46 b	4.46 b
Cinco meses después del subsoleo (Ago-10)	dp ^{££}	dp	dp
Trece meses después del subsoleo (Abr-11)	2.80 a	4.21 a	4.31 a
60 meses después del subsoleo (Sept-15)	4.50 b	4.50 b	4.50 b
CV	10.47	5.56	2.72
r2	0.91	0.46	0.62
α	***	**	**

£: medias seguidas de la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa.

££: dp: datos perdidos.

** : significativo. ***: altamente significativo.

Índice de Calidad Actual y Potencial y el incremento porcentual. Se encontraron diferencias significativas en el ICA antes y después del subsoleo, esto indica que el subsoleo tuvo un efecto después de los 60 meses en las características evaluadas en el ICA coincidiendo con las conclusiones de Guerra y Mendieta (2011), Galarza Brito (2010) y Lovo Silva *et al.* (2013) que concluyeron que el subsoleo tiene un efecto significativo en estas características. Se encontraron diferencias significativas en el incremento potencial del suelo con respecto a la calificación máxima posible, siendo menor el incremento potencial a los 60 meses después del subsoleo. Esto se debe a que el suelo antes del subsoleo tenía un ICA más bajo y por lo tanto su potencial de mejoramiento era mayor (Cuadro 31).

Cuadro 31. . Efecto del subsoleo en los Índices de Calidad y Clases de Aptitud del subsoleo en 10.94 ha de suelos franco arcillosos, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Tratamientos	ICA	ICP	Incremento
Antes del subsoleo (Mar-10)	13.7 b	22.4 a	26.9 a
60 meses después del subsoleo (Sept-15)	19.7 a	23.0 a	10.6 b
CV	11.17	4.07	23.88
R2	0.87	0.74	0.91
α	***	ns	***

£: medias seguidas de la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa.

ICA: Índice de Calidad Actual, ICP: Índice de Calidad Potencial.

** : significativo. ***: altamente significativo. ns: no significancia



Figura 28. Índices de Calidad Actual de las 10.94 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Figura 29. Índices de Calidad Potencial de las 10.94 ha, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Retorno a la inversión. Se realizó el estudio económico de la inversión total para el mejoramiento y adecuación en los terrenos de uso agrícola y pecuario (Cuadro 32).

Cuadro 32. Tabla de amortización de las prácticas de mejoramiento de suelos en terrenos agrícolas y pecuarios de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Terrenos	Área (ha)	Subsoleo (US \$)	Encalamiento (US \$)	Drenajes (US \$)	Total (US \$)	Costo (US \$/ha)	Año 0 (US \$)	Año 1 (US \$)	Año 2 (US \$)	Año 3 (US \$)	Año 4 (US \$)	Año 5 (US \$)
Ex Establo Vaquillas	3.00	1,800	3,480		5,280	1,760	1,760	-488	-488	-488	-488	-488
Zorrales 7	13.50	-		5,400	5,400	400	400	-111	-111	-111	-111	-111
Santa Inés	11.28	6,768	28,425	4,512	39,705	3,520	3,520	-976	-976	-976	-976	-976
Club Hípico	2.50	1,500	2,000	1,000	4,500	1,800	1,800	-499	-499	-499	-499	-499
La Vega 7 de Monte Redondo	10.80	6,480	12,528		19,008	1,760	1,760	-488	-488	-488	-488	-488
Florencia 2	43.75	26,250	70,000		96,250	2,200	2,200	-610	-610	-610	-610	-610
Los Mingos	2.11	1,266	-		1,266	600	600	-166	-166	-166	-166	-166
Colindres	53.38	32,028	-	21,352	53,380	1,000	1,000	-277	-277	-277	-277	-277
Total	140.32	76,092	116,433	32,264	224,789	13,040	13,040	3,617	3,617	3,617	3,617	3,617

4. CONCLUSIONES

Las 55.03 ha (74%) restantes de los terrenos evaluados son suelos con calidad extremadamente baja (V) con un potencial muy bajo (IV), las principales limitantes en estos suelos son la baja drenabilidad, pobre estructura, baja profundidad efectiva, pedregosidad y la textura. En 19 ha (26%) de las 74.03 ha evaluadas tienen suelos de muy baja calidad (IV) con un potencial de calidad bajo (III) y medio (II) siendo las principales limitantes para el desarrollo de cultivos la baja drenabilidad, pobre estructura y texturas extremas. El plan de manejo en las 74.03 ha evaluadas recomienda hacer subsoleo, enclamiento y drenajes. En 60.53 ha se debe realizar subsoleo y enclamiento debido a la baja profundidad efectiva, pobre estructura, compactación y acidez, el costo aproximado es de \$36,318 y \$103,905 respectivamente. En 71.03 ha es necesario construir drenajes debido a la textura finas y baja drenabilidad, el costo de la construcción es de \$28,402.

Las 64.18 ha restantes (97%) son de calidad extremadamente baja con un potencial de mejoramiento bajo (III) y medio (II) siendo las principales limitantes las texturas extremas y baja profundidad efectiva. En 2.11 ha (3%) de las 66.29 ha evaluadas tienen suelos de muy baja calidad (IV) con potencial de mejoramiento de calidad media (II) siendo la principal limitante la baja profundidad efectiva y las texturas extremas. El plan de manejo 66.29 ha evaluadas incluye hacer subsoleo, enclamiento y drenajes. Debido a la baja profundidad efectiva, estructura y compactación, el costo aproximado es de \$39,774. En 10.80 ha de las 66.29 ha evaluadas es necesario hacer enclamiento, el costo de realizar práctica es de \$12,528 En 64.28 ha es necesario construir drenajes debido a las texturas finas y baja drenabilidad, el costo de la construcción es de \$21,352.

A los trece meses después del subsoleo ya se había perdido el efecto en la del suelo y había regresado a su estado inicial con una resistencia a la penetración de 2.80, a los cinco años después el suelo está más compactado que antes de que se realizara la práctica con la resistencia a la penetración >4.5 para los tres horizontes descritos. A los cinco años después de la práctica se observó un incremento significativo en los Índices de Calidad Actual de los suelos pasando de ser suelos de extremadamente baja calidad (IV) a suelos de muy baja calidad (IV). No realizar subsoleo en el lote Zorrales 7 ya que no se encontró efecto en las características que limitan el buen desarrollo y exploración de raíces en el cultivo pero es necesario realizar drenajes por el anegamiento.

5. RECOMENDACIONES

Realizar las prácticas recomendadas en este estudio para hacer un mejor aprovechamiento y adecuación de los suelos sin degradarlos y no proponer ningún plan de manejo que pretenda exceder el potencial del suelo.

Completar el plan de manejo propuesto por La Gerencia de Tierras y la Unidad de suelos con la finalidad de socializar la información con los encargados de producción de cada lote.

Actualizar los índices de calidad de todos los suelos dedicados al rubro agrícola y pecuario de Zamorano como parte de un programa de generación y actualización continua de la información.

6. LITERATURA CITADA

Arévalo, G. E., M. Castellanos. 2011. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 59 p.

Arévalo, G. E., C. A. Gauggel. 2014. Curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal Tercer año. Manual de prácticas. 94 p.

Conde, Á. C. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación (en línea). Consultado 8 de mayo del 2015. Disponible en <http://ibcperu.org/doc/isis/11658.pdf>

Cortés, A., D. Malagón. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá, Colombia. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 360 p.

Cubero Fernández, D. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO. San José, Costa Rica. 300 p.

De la Rosa, D. 2008. Evaluación agroecológica de los suelos. 128 p.

Ericksen, P. 1999. An evaluation of sustainability of land management in a hillside agrosystem in central Honduras. Madison, Wisconsin, U.S.A. p.219.

Espinoza Bejarano, R. 2001. Caracterización de indicadores de calidad de suelos en dos sistemas de producción de café y tres pendientes. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 40 p.

Esquivel Palma, C. J., C. Q. Mendoza Barzola. 2011. Plan de manejo y conservación de suelos para la producción de sandía y forraje en Zona 1, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 49 p.

FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Trad. Vargas, R. Cuarta Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 111 p.

FAO. 2000. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos. Consultado 8 de mayo del 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>. 234 p.

Galarza Brito P. 2011. Efecto del subsoleo y cultivo de cobertura (Dolichos lablab) en las propiedades físicas del suelo y producción de maíz cv. 30F32WHR, Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 32p

Gauggel, C. A., G. E. Arévalo, R. Barahona. 2009. Índices de calidad de suelos para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. Publicado en: Memorias del XVIII congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y VI Congreso Nacional de Suelos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 52 p

Gauggel, C. A., E. Gurdián, D. Morán, R. Castro, F. Cueva, J. Fernández, J. López, S. Orellana, C. Terrones. 2003. Mapa detallado de la calidad actual de los suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Guerra Serrano A., J. Mendieta Servellón. 2011. Subsoleo en suelos arcillosos masivos y fertilización con magnesio en el cultivo de pasto Tobiatá (*Panicum maximum*). Proyecto especial de graduación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 27 p.

Klingebiel, A. A., P. H. Montgomery. 1961. Land capability classification. Agricultural Handbook 210. Washington D.C. Soil Conservation Service. U.S.D.A. 21 p.

Landon, J. R. 1991. Booker Tropical Soil Manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. 4^a Edición. New York, Estados Unidos. 446 p.

Lovo Silva, J., J. Saavedra Alvarado, R. Saravia Chávez. 2013. Calidad de los suelos y plan de adecuación para los terrenos de uso agrícola y pecuario de Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 60 p.

Rodríguez Mata, P. 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. Proyecto especial de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. EAP Zamorano. 55 p.

Ruíz Díaz, O. 2000. Cuantificación de indicadores locales de calidad de suelo en la microcuenca de Luquique, Yoro, Honduras. Proyecto especial de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. EAP Zamorano p. 64.

Singer, M. J., S. Ewing. 2000. Soil quality. In: Sumner, M. E. Handbook of Soil Science. University of California, Davis, California. 750 p.

Skopp, J., M. 2000. Handbook of Soil Science. p.13.

Smith Miller, A. 2012. Diseño de un Sistema de evacuación de agua superficial para Zarrales, Zamorano, Honduras. Proyecto especial de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. EAP Zamorano. 32 p.

USDA. 1978. Soil Potential Ratings. National Soils Handbook Notice N. °31. Washington. Consultado el 04 de agosto del 2015. Disponible en http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1047455.pdf.

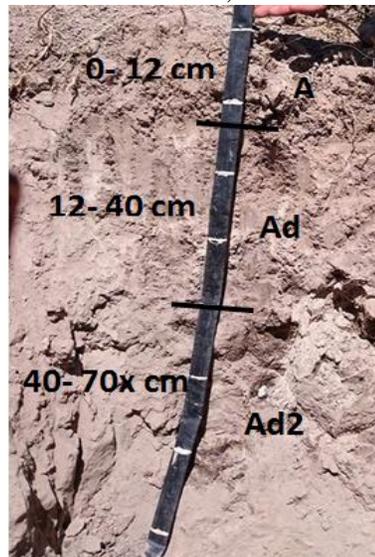
Wischmeier, W. H., D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USA, U.S. Department of Agriculture. 69 p

7. ANEXOS

Anexo 1. Barrenación con aptitud actual III en el Lote Santa Inés, Zamorano, Honduras.



Anexo 2. Calicata con clase de aptitud actual y potencial extremadamente baja (V) en el Lote Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



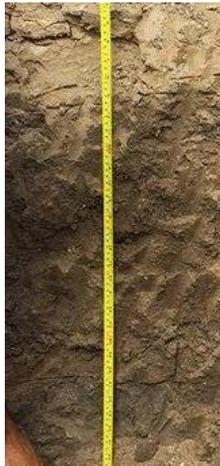
Anexo 3. Calicata con clase de aptitud actual y potencial extremadamente baja (V) en el Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 4. Calicata con clase de aptitud actual extremadamente baja (V) y potencial medio (II) en el Lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 5. Calicata con clase de aptitud actual extremadamente baja (V) y potencial bajo (III) en el Lote Colindres, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 6. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote fracción en producción de pasturas de Zorrales, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 7. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote fracción en producción de pasturas de Zorralles, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 8. Calicata con clase de aptitud actual muy baja (IV) y potencial medio (II) en el Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 9. Estructuras laminares en el Lote Club Hípico, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.



Anexo 10. Coordenadas (UTM) de las ubicaciones de las calicatas en Zorrales 7. E.A.P., Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Calicatas	x	y
1	500724	1548032
2	500711	1547932
3	500692	1547835
4	500630	1548056
5	500950	1547950
6	500587	1547849
7	500526	1548093
8	500512	1547972
9	500510	1547911

Anexo 11. Calicatas descritas en los lotes Fracción de pastura en producción en Zorrales, Los Mingos, Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Fracción en producción de pasturas de Zorrales

Calicata	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia			R P	Porosidad			Raíces		Límites	
				Tip o	Gra do	Clase	Sec o	Húme do	Moja do		Tama ño	For ma	Cantid ad	Tama ño	Cantid ad	Topogr afía	Nitidez
1	0-25	10 YR 2/2	ArA	bsa	d	m	-	fi	np, npg	>4.5	t	tc	a	t	a	p	d
	25-44	10 YR 4/4	ArA	bsa	m	m	-	mf	pg, lp	>4.5	f	tc	f	f	a	p	d
	44-55	10 YR 3/2	ArA	bsa	d	f	-	mf	pg, p	>4.5	f	tc	f	f	f	p	a
	55-90x	10 YR 3/3	Ar	bsa	m	m	-	mfi	pg, np	>4.5	f	tc	p	mf	p	-	-
2	0-34	10 YR 3/2	FAr	bsa	d	f	-	fi	lpg, lp	>4.5	t	tc	f	t	a	p	d
	34-55	10 YR 5/2	FL	bsa	f	f	ed	fi	np, pg	>4.5	f	tc	f	mf	p	p	d
	55-85x	10 YR 5/4	ArA	ba	d	-	-	fi	pg	>4.5	f	tc	pf	mf	p	-	-
3	0-23/30	2.5 YR 3/2	FAr	bsa	d	m	-	fi	p, npg	2.2	f	tc	f	t	a	p	d
	23	5 YR 4/2	Ar	bsa	m	m	-	fi	pg, lp	3	f	tc	f	f	a	p	d

Los Mingos

Calicata	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia			R P	Porosidad			Raíces		Límites	
				Tip o	Gra do	Clase	Sec o	Húme do	Moja do		Tama ño	For ma	Cantid ad	Tama ño	Cantid ad	Topogr afía	Nitidez
1	0-7	7.5 YR 2.5/2	AF	ba	m	m	s	f	lpg	1.2	t	tc	f	mf	f	p	d
	7-33 cm	10 YR 3/1	AF	bsa	m	f	ld	f	lpg	3.5	m	tc	f	mf	p	o	d
		2.5 YR 3/2	AF	bsa	d	m	s	f	lpg	3	m	tc	f	-	a	o	d
	45-60	10 YR 2/1	AF	bsa	d	m	s	f	lpg	1	m	tc	f	-	a	o	d
	60-87	2.5 YR 3/3	FA	bsa	d	f	b	f	lpg	3	m	tc	f	-	a	p	a
	87-108x	10 YR 4/6	A	mi	d	f	s	s	np	2	t	tc	m	-	a	p	-

Santa Inés

Calicata	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia			R P	Porosidad			Raíces		Límites	
				Tip o	Gra do	Clase	Sec o	Húme do	Moja do		Tama ño	For ma	Cantid ad	Tama ño	Cantid ad	Topogr afía	Nitidez
1	0-12	5 Y 7/1	FArL	bsa	m	d	s	f	npl, lp	1.2	t	tc	m	t	f	p	a
	12-40 cm	10 YR 2/1	ArA	bsa	f	m	ed	mf	p, lp	>4.5	-	-	a	-	a	p	d
		10 YR 3/2	Ar	m	-	-	ed	mfi	p, np	>4.5	-	-	a	-	a	-	-
	40-70x	10 YR 4/4	FA	bsa	d	f	s	f	lpg, np	4.3	t	tc	a	t	f	p	d
2	0-13	10 YR 4/3	FA	bsa	d	m	s	f	lpg, np	>4.5	t	tc	f	f	p	p	d
	34-63	10 YR 4/3	AF	bsa	d	m	s	mf	npg, np	>4.5	t	t	a	mf	p	p	d
	63-90	2.5 Y 5/2	AF	bsa	d	m	-	mf	npg, np	3.3	t	t	a	mf	p	p	d
	90-109	10 YR 4/4	AF	bsa	d	mf	-	mf	npg, np	2.9	t	t	a	-	a	p	d
109-120x	2.5 Y 4/3	AF	ba	d	mg	-	f	npg, np	2.5	t	t	a	-	a	-	-	

Anexo continuación 11. Calicatas descritas en el lote Florencia 2, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Florencia 2																	
Calicata	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia			R P	Porosidad			Raíces		Límites	
				Tipo	Grado	Clase	Seco	Húmedo	Mojado		Tamaño	Forma	Cantidad	Tamaño	Cantidad	Topografía	Nitidez
1	0-15	10 YR 2/1	FArA	bsa	f	g	ed	mfi	npg, np	0	t	t	a	t	f	p	d
	15-30	10 YR 3/2	FAr	m	-	-	ed	mfi	-	>4.5	g	t	p	-	a	p	d
	30-50x	10 YR 3/3		m	-	-	ed	mfi	-	>4.5	g	t	p	-	a	-	-
2	0-15	10 YR 2/2	FAr	bsa	m	m	ld	f	lpg, np	1.2	mf	tc	p	f	f	p	a
	15-43	10 YR 2/1	FArA	bsa	m	g	ld	f	npg, np	>4.5	mf	v	f	mfi	p	p	a
	43-56	10 YR 2/2	FArL	bsa	d	g	s	mf	npg, np	2.3	mf	tc	f	-	a	p	a
	56-97	10 YR 2/1	FArL	ba	d	g	b	mf	npg, np	2.6	m	tc	p	-	a	p	a
	97-112	10 YR 4/3	FArL	bsa	d	m	b	f	lpg, np	2.2	mf	tc	p	-	a	i	d
	112-120x	10 YR 4/6	Ar	ba	ld	m	ld	f	pg, p	2.3	f	tc	a	-	a	-	-
3	0-10	10 yr 3/4	GR	gr	m	f	s	mfi	pg, p	2.1	t	t	mf	t	mf	p	a
		10 yr 3/3	FAr	bsa	d	m		f	lpg, np	3	mf	tc	f	f	f	i	a
	22-40	10 yr 3/6	Ar	gr						>4.5	t			f	p	i	d
	40-49	11 yr 3/6	FArL	bsa	d	g		f	npg, np	1.3	t	tc	f		a	i	d
	49-58	10 yr 3/2	FA	ba	d	m		mf	pg, np	2	mf	tc	f		a	p	a
	58-67	10 yr 3/4	A							3					a	p	a
	67-82	10 yr 3/4	Ar	ba	m	g		fi	pg, p	2.3	f	tc	p		a		
4	0-15	10 yr 3/2	ArA	bsa	d	m		fi	lpg, lp	0.7	f	tc	f	t	mf	p	a
	15-30	10 yr 2/1	Ar	bsa	d	mg		fi	pg, p	>4.5	m	v	p	mfi	p	p	a
	30-50	10 yr 3/3	Ar	bsa	d	g		f	lpg, lp	3.8	f	tc	mf	mfi	mp	p	a
	50-67	10 yr 3/3	Ar	bsa	d	g		f	npg, np	2.8	f	tnc	p			p	d
	67-80	10 yr 2/2	Ar	bsa	d	m			npg, lp	2.1	f	tnc	p			p	d
	80-100	10 yr 2/2	Ar	bsa	d	g				1.4	f	tc	p				
5	0-22	7.5 yr 3/1	Ar	bsa	m	m		f	pg	1.2	f	tc	mf	mfi	p	p	a
	22-44	5 yr 5/6	Ar	bsa	m	m		f	pg	3.5	f	tc	f	f	p	p	d
	44-60	2.5 yr 5/2	Ar	bsa	m	g		f	pg	3.4	f	tc	f	mfi	p	p	a
	60-67	7.5 yr 6/2	ArA	bsa	m	f		f	pg	3	f	tc	p			p	a
	67-78	7.5 yr 6/3	Ar	bsa	m	m		f	pg	4.4	f	tc	p			p	a
	78-85	7.5 yr 2.5/1	Ar	bsa	fi	m		f	p	>4.5	f	tc	p				
6	0-28	7.5 yr 2.5/2	Ar	ba	m	m		mf	pg	2	t	tc	mf	mfi	mf	p	a
	28-50	7.5 yr 3/1	Ar	bsa	m	m		mf	pg	3.2	f	tc	f	mfi	mf	p	d
	50-69	10 yr 4/2	Ar	bsa	m	m		mf	pg	4.3	f	c	p	mfi	mf	o	d
	69-100	5 yr 5/6	A	gr	s	p		mf	pg	4.5	f	tc	p				

Anexo 12. Inventario de estudios de suelos realizados en la clase de sueños de 3^{er} año y tesis de suelos, 2011 – 2013.

Unidad-Arrendado				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Colindres	2013	tesis suelos	57.30	Caña de azúcar
Colindres 1	2011	17	33.61	Caña de azúcar
Colindres 2	2012	23	21.27	Caña de azúcar
Colindres 5, 6 y 7	2011	18	21.00	Caña de azúcar
Colindres, caña tres valles	2012	18	24.92	Caña de azúcar
Zona 1	2011	5	35.00	Sandía
Zona 1	2012	12	8.62	Maíz
Zona 1	2013	tesis suelos	46.80	Sandía, pino, conservación de forrajes y ensilaje
Zona 1 (Estación climática)	2012	14	10.70	Maíz, sorgo forrajero
Zona 1 (No inventariado)	2011	4	-	-
Zona 1, lote 2.1, 2.1, 5	2012	11	7.34	Sorgo
Zona 1, Lotes 3 y 4	2012	6	12.01	Sorgo
Florencia	2013	tesis suelos	126.30	Sandía, pastos, maíz y sorgo
Florencia, Lote 1	2012	13	8.20	Sandía
Florencia, Lote 15	2012	15	21.00	Sandía
Florencia, Lote 2	2012	7	11.65	Maíz

Unidad-Hortalizas				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Zona 3 - atrás invernadero - arroz	2013	24	3.70	Dr. Pineda
Zona 3 - Granos y Semilla	2013	21	5.00	Dr. Ramírez
Zona 3 - Sanidad	2013	22	8.00	Dr. Ramírez
Zona 3	2013	tesis suelos	22.30	Producción de semillas, hortalizas y limón
Zona 3, Lote en frente de los invernaderos	2012	3	7.85	Maíz
Zona 3, Lotes 42 – 43, Lotes 40 – 41, Lotes 34 – 39.	2012	4	15.02	Sandía, maíz y cobertura vegetal

Anexo 13 continuación. Inventario de estudios de suelos realizados en la clase de sueños de 3^{er} año y Tesis de suelos, 2011 – 2013.

Unidad-Frutales				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Frutales	2012	19	5.48	Café, mango, maracuyá, papaya, guayaba y cítricos
Frutales	2012	16	5.63	Mango, plátano, piña
Frutales Café de los CB's	2013	tesis suelos	2.08	Café
Frutales AH, Parcela de 1er año	2013	tesis suelos	8.04	Guayaba, maracuyá, carambola, mangos y hortalizas
Frutales Colección de Mangos	2013	tesis suelos	4.05	Mangos
Vega cítricos	2012	17	5.91	Limón, naranja, mandarina
Vega 7	2011	14	10.97	Plátano
Vega cítricos	2011	13	5.92	Cítricos
Unidad-PIF				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
PIF Los Mingos	2013	Tesis Suelos	2.00	Frijol
Vega <i>Jatropha curcas</i>	2011	13	1.32	<i>Jatropha curcas</i>
Unidad-Orgánica				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Zona 2. Orgánica	2013	17	5	-
Zona 2. Orgánica y Zona 2 Lotes 7,8,11a,11b, 19,17	2011	3		-
Unidad-Suelos				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Vega de monte redondo, parcela conservación de suelos	2011	13	1.00	Hortalizas
Vega Parcela de conservación de suelos y lote de <i>Jatropha curcas</i>	2012	21	6.90	<i>Jatropha</i>

Anexo 12 continuación. Inventario de estudios de suelos realizados en la clase de sueños de 3^{er} año y Tesis de Suelos, 2011 – 2013.

Unidad-Cultivos Extensivos				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Zona 2	2013	Tesis Suelos	33.30	Hortalizas, mango y cultivos orgánicos
Zona 2 - lote centro	2013	11	6.30	-
Zona 2 - lote norte	2013	10	6.30	-
Zona 2 - lote sur	2013	12	6.30	-
Zona 2, estudio banano	2012	20	7.48	Banano
Zona 2, Lotes 19 - 20 - 23 - 24	2012	10	5.56	Hortalizas, caña, banano
Zona 2, Lotes: 0, 5, 9, 12, 15, 18 y 22	2012	9	4.00	Hortalizas, caña, banano
Zona 2 Lotes 0, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 15, 16	2011	1		
Zona 2, 18 al 27 (Archivo no válido)	2011	2	10.38	Agrícola
San Nicolás	2013	Tesis Suelos	106.80	Caña, leguminosas, Granos y Semillas.
San Nicolás # 4	2013	16	12.00	Caña. Ingenio Tres Valles- Ing. Arévalo
San Nicolás # 1	2013	13	12.00	Caña. Ingenio Tres Valles- Ing. Arévalo
San Nicolás # 2	2013	14	12.00	Caña. Ingenio Tres Valles- Ing. Arévalo
San Nicolás # 3	2013	15	12.00	Caña. Ingenio Tres Valles- Ing. Arévalo
San Nicolas atrás Terencio Reyes	2013	Tesis Suelos	15.90	Camote
San Nicolás atrás Elvin Santos	2013	Tesis Suelos	7.10	Camote
San Nicolás Ficensa	2013	Tesis Suelos	11.15	Caña de azúcar
San Nicolás Gallardo	2013	Tesis Suelos	20.70	Caña de azúcar
San Nicolás Terrazas de Monte Redondo	2013	Tesis Suelos	44.80	Caña de azúcar y pastos
Pivote Caoba, Lote "Casa Blanca"	2012	5	5.00	Arroz
Pivote caoba	2013	5	6.00	-
Pivote central NE# 2	2013	2	12.50	-
Pivote central NE	2012	1		No hay trabajo en digital
Pivote central SE cerca de caobas	2011	8	14.50	Maiz transgenico
Pivote central SE # 3	2013	3	12.50	-
Pivote central SE	2012	8	12.50	Maíz, frijol cawpea
Pivote central SE Tobiata	2012	24	12.50	Maíz
Pivote central lote 3	2011	9	12.50	Frijol
Pivote central NW cuadrante	2011	7	12.50	Maiz Bt
Pivote central NW # 4	2013	6	12.50	-
Pivote central NW Laguna N° 2	2012	2	10.97	Maíz Transgénico
Pivote Central SW # 1	2013	1	12.50	-
Pivote central SW laguna	2011	10	10.38	Maíz
Pivote La Chorrera	2011	6		
Vegas de Monte Redondo	2013	Tesis Suelos	26.80	Pastos, jatropha, hortalizas
Vega	2012	22	7.91	Maíz

Anexo 12 continuación. Inventario de estudios de suelos realizados en la clase de sueños de 3^{er} año y tesis de Suelos 2011 – 2013.

Unidad-Pastos y forrajes				
Lote	Año de estudio	Grupo	Área(ha)	Uso
Potrereros de ganado lechero	2013	tesis suelos	48.90	Pastos y sorgo
Cabras	2013	8	8.00	-
Cabras ex	2013	tesis suelos	2.35	Pasto
Zorrales ganado lechero	2011	15	20.00	Tanzania (<i>Panicum maximun</i>)
Zorrales ganado lechero # 1 - abajo Club hípico	2013	9	19.00	.
Vaquillas ganado de carne	2013	4	14.00	-
El Ciruelo	2013	tesis suelos	36.00	Pastos
El Ciruelo - carne	2013	19	19.00	-
El Ciruelo- frutales	2013	20	17.00	-
El Llano	2013	tesis suelos	240.00	Pastos y pino
El Rodeo	2013	tesis suelos	44.00	Pasto
Vaquillas	2013	23	14.00	Dra. Moncada
Vaquillas, detrás de AGI	2011	16	14.04	Pasto estrella
La pista	2013	tesis suelos	63.50	
Monte redondo avance frontal	2013	7	13.30	Pastos, Ing. Alvarez
Monte redondo avance frontal, ensilaje caña	2011	12	11.32	Ensilaje Caña
Monte redondo avance frontal pastos	2011	11	20.00	Pasto (estrella y estrella africana)
Monte redondo Ganado lechero # 2 pegado a avance frontal	2013	18	10.50	-