

Efecto del subsoleo y tres niveles de fertilización en la producción del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en Monteredondo, Zamorano, Honduras

Angela Paulina Calderón Quizhpe

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2007

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Efecto del subsoleo y tres niveles de
fertilización en la producción del pasto
estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en
Monteredondo, Zamorano, Honduras**

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

Presentado por:

Angela Paulina Calderón Quizhpe

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2007

La autora concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Angela Paulina Calderón Quizhpe

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2007

Página de firmas

**Evaluación del efecto del subsoleo y tres niveles de fertilización
en la producción del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en
Monterredondo, Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Angela Paulina Calderón Quizhpe

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesora principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director de Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Miguel Vélez, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Alfredo Rueda, Ph.D.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador de Fitotecnia

DEDICATORIA

A Dios que está siempre conmigo en cada paso que doy.

A mis padres y hermanos, por su apoyo y cariño.

A Nippon Foundation, que hizo realidad este sueño académico.

A James Robert Frasher, por brindarme su amor y amistad sincera.

A mis profesores y amigos, que me han acompañado a lo largo de toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre conmigo, ser la luz que guía mi camino y permitir que mi persona tenga cada día el valor, salud y fuerza de seguir adelante con los objetivos que me ha planteado.

A mis padres: María Angelita Quizhpe y Máximo Eduardo Calderón y hermanos, por su ejemplo de respeto, coraje, sabiduría, humildad y apoyo incondicional.

A James Robert Frasher, que con su amor puro, sincero y su gran nobleza me ha apoyado en la culminación de mi carrera.

A Nippon Foundation, que hizo realidad este sueño académico por medio de una beca gratuita de estudios superiores.

A la Ing. Gloria Arévalo de Gauggel y Dr. Carlos Gauggel, personas que me abrieron las puertas de su casa a través de su amistad sincera y respeto, como también por su enseñanza en el área de suelos a través de sus clases y de la tesis aquí expuesta.

Al Dr. Alfredo Rueda y Dr. Miguel Vélez que ayudaron a la realización de la misma.

Al Ing. Moisés Castellanos, y todo el personal que labora en el departamento de suelos del año en curso, que apoyaron de una u otra manera con la realización de la misma.

Al Ing. Ulises Barahona, Ing. Samuel Zapata, Cruz y Anita, que laboran en hortalizas por su amistad y apoyo en proporcionarme las herramientas para llevar a cabo el trabajo de campo.

Al Ing. Francisco Álvarez, Ing. Santos Damas, personal de maquinaria agrícola y riegos y Gerardo Benavides (Jerry), por su ayuda y amistad.

A todos y cada uno de los profesores, y paisanos que laboran en la E.A.P. por su ejemplo de responsabilidad y dedicación.

RESUMEN

Calderón, A. 2007. Efecto del subsoleo y tres niveles de fertilización en la producción del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en Monteredondo, Zamorano, Honduras. 20 p.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del subsoleo en la producción de pasto estrella usando tres niveles de fertilización. Se llevó a cabo en los potreros cuatro y cinco de Monteredondo de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con seis tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La mitad del área fue subsolada en 2005 con subsolador de 50 cm de profundidad espaciado a 100 cm con un pase perpendicular a la pendiente y otro en 45°, con respecto al primero. El área subsolada fue sembrada en mayo de 2006 con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Se compararon tres ciclos de producción en esta área y en una segunda área anexa de similar suelo y estructura que no fue subsolada y que presentaba una masificación del suelo a partir de 10 cm de profundidad. En cada una se probaron tres niveles de fertilización, el más alto equivalente a: N-326, P₂O₅-83, K₂O-230 y MgO-80.6 kg/ha/año, respectivamente, nivel medio aplicado como la mitad de esta dosis y el más bajo equivalente a la cuarta parte. Se encontró (P<0.05) mayor producción de materia seca en suelo subsolado (25.5 t/ha/año) en comparación con el no subsolado (17.5 t/ha/año) y un efecto del subsoleo en mejoramiento de la densidad aparente del suelo. Hubo mayor producción con la dosis alta y media de fertilización, respecto a la baja. No se encontró diferencia (P<0.05) entre los niveles de fertilización sobre el volumen de raíces ni humedad del suelo subsolado y no subsolado. El análisis económico mostró una recuperación de la inversión de subsolar en el primer año y un margen de ganancia de \$ 1908/año con 13 ciclos de producción al año de 20 días cada uno. La tasa de retorno marginal mostró que por cada dólar invertido pasar de no subsolar a subsolar con fertilización baja se obtiene una ganancia de \$ 12.0 y de no subsolar a subsolar con fertilización alta adicionalmente se gana \$ 10.4.

Palabras claves: Fertilización, ganancia marginal, producción de materia seca.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría.....	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen	vi
Contenido	vii
Índice de cuadros.....	viii
Índice de anexos	ix
Índice de figuras	x
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONCLUSIONES	13
RECOMENDACIONES.....	14
BIBLIOGRAFÍA	15
ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Condición química del suelo del área subsolada y no subsolada, Monteredondo, E.A.P., Zamorano, Honduras, 2007.....	4
2. Fertilizante aplicado para la producción de pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) en suelo no subsolado y subsolado, Monteredondo, E.A.P., Zamorano, Honduras, 2007.....	5
3. Producción de materia seca (t/ha/año), en suelo subsolado y no subsolada, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	7
4. Densidad aparente de los suelos subsolados y no subsolados y tres niveles de fertilización, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	8
5. Volumen de raíces en suelo subsolado y no subsolado con tres niveles de fertilización, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	9
6. Niveles de nutrientes en el segundo ciclo de corte del pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>), Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	9
7. Análisis de retorno marginal de la producción de materia seca en área subsolada de Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	11

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Coordenadas (UTM) del lote no subsolado, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	16
2. Distribución de los lotes experimentales con sus respectivas coordenadas del área no subsolada, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	17
3. Coordenadas (UTM) del lote subsolado, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	18
4. Distribución de los lotes experimentales con sus respectivas coordenadas del área subsolada, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	19
5. Características físicas de los perfiles del suelo subsolado y no subsolado en Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.....	20

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Análisis de retorno marginal de la producción de materia seca en área subsolada y no subsolada de Monteredondo, Zamorano, Honduras	12

INTRODUCCIÓN

El uso continuo de los suelos causa el deterioro y degradación de los mismos, si no se usa prácticas agrícolas de conservación y mejoramiento. El desarrollo vegetal es afectado por la degradación de la estructura del suelo, que influye en la relación aire-suelo-agua, influenciado a su vez por las condiciones físicas, es decir por el grado de compactación. Una consolidación antropogénica es producida por el tráfico, pisoteo y laboreo inoportuno del suelo. La magnitud de esta consolidación depende de la intensidad, oportunidad y frecuencia de carga que soporta el suelo (Sánchez 1981).

Tratamientos mecánicos como el subsoleo pueden facilitar la recuperación de estos suelos, y de esa manera aumentar la producción de los mismos. El subsoleo, también conocido como rasgado o cincelado profundo, implica introducir una barra pesada equipada con una punta ascendente, a través del suelo (Hanselka 2002). El subsoleo aumenta la porosidad del suelo y el índice de infiltración, produce un levantamiento del suelo (el cual crea resistencia a la escorrentía superficial) y deja un surco en el centro del levantamiento que ayuda a retener el agua.

La importancia que ejercen los pastos sobre el suelo, radica en efectos como la conservación de humedad, disminución de la erosión, mantenimiento de estructura y porosidad del mismo.

El *Cynodon nlemfuensis*, conocido como pasto estrella, es originario del este y centro de África. Es perenne, estolonífero y carente de rizomas; los estolones son duros y crecen a nivel del suelo, emiten tallos de 30 a 80 cm de alto. Sus hojas son planas, de 5 a 16 cm de largo, y 2 a 6 mm de ancho. Crece entre 0 y 1000 msnm, con precipitaciones de 800 mm, soportando sequías de 4 a 8 meses, es poco tolerante a la sombra. Se desarrolla mejor en suelos de mediana a alta fertilidad, pH superior a 4.5, con buen drenaje, tolerando altos niveles de salinidad. La producción anual es de 10 a 45 t de MS/ha/año, con 50 a 62% de digestibilidad y de 5 a 16% de proteína cruda, con períodos de descanso menores de 42 días. Cuando el pasto estrella es pastoreado de 18 a 24 días de rebrote, su palatabilidad es buena a muy buena (Vélez *et al.* 2002).

El pasto estrella se usa mayormente para pastoreo y producción de heno. En la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, hay alrededor de 20 ha de pasto estrella, con una producción de forraje promedio de 28 t de MS /ha/año.

Fernández (2003), reporta que los suelos donde está sembrado este pasto tienen una textura variable: franco, franco arenoso, franco arcillo arenoso o arcilloso, con un horizonte compactado (pie de arado), sin estructura cerca de la superficie. El contenido de materia orgánica es medio (1.8 a 5.1%), el pH del suelo fluctúa entre 4.87 (ácido) y 6.53 (neutro) cerca de la superficie.

Un estudio previo realizado en las áreas de Zorrales, Zona II y San Nicolás, encontró que el subsoleo mejoró la estructura del suelo, la profundidad efectiva y el drenaje interno, reduce la densidad aparente, mejora la penetración de las raíces, el pH y la concentración de N, P, K, Ca y Mg. También mejoró la producción de maíz, por incremento en el peso de la mazorca y la altura del follaje fue mayor y la producción de forraje (Pantoja 2005).

En el año 2005, se realizó subsoleo en 12 ha de Monte Redondo con subsolador de 50 cm de profundidad con 100 cm de espaciamiento entre los brazos y un pase en dirección perpendicular a la pendiente y un segundo pase a 45° con respecto al primero y sembrado con pasto estrella en 2006. Los lotes vecinos no fueron subsolados y a la fecha mantienen las condiciones descritas por Fernández (2003).

El objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto del subsoleo en la producción de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) usando tres niveles de fertilización en suelo subsolado y no subsolado de Monteredondo, Zamorano, Honduras. Como objetivos específicos se tuvieron: determinar el efecto del subsoleo sobre las características físicas del suelo y la producción de pasto estrella y determinar el efecto de la fertilización en la producción de pasto estrella.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los terrenos de Monteredondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, a 30 km al este de Tegucigalpa. Con una temperatura anual de 25°C, altura de 800 msnm y precipitación de 1100 mm anuales, siendo mayo a octubre los meses de temporada lluviosa y noviembre a abril la temporada seca.

Se ubicó el área subsolada y no subsolada en un área de 3600 m², ubicado en el sector norte de los potreros cuatro y cinco de ganado de leche. Se hicieron barrenaciones en cuadrícula de 10 × 15 m en cada área. En cada barrenación se determinó el grosor de cada horizonte, la textura y color, lo cual sirvió para seleccionar área uniforme donde ubicar las parcelas experimentales (Anexo 1 y 2).

Se procedió a describir el suelo a través de calicatas del área subsolada (13°59'55"N y 86°59'29"W) y no subsolada (13°59'55"N y 86°59'32"W) respectivamente. En la calicata se definió: número de horizontes, grosor, color, textura, estructura, porosidad, consistencia, resistencia a la penetración de cada uno de ellos y límite entre horizontes.

Se tomaron muestras de suelo del primer horizonte de cada calicata para determinar el estado químico del mismo y a partir de ellos establecer las dosis de fertilizante. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Se determinó el contenido de materia orgánica (método de Walkley y Black), nitrógeno (5% de la materia orgánica) y pH o reacción del suelo en solución del suelo y agua en una proporción de 1:1 medida con el potenciómetro; fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc fueron extraídos con la solución de Melich 3 y determinados con absorción atómica excepto el fósforo que fue determinado por colorimetría. La CICE (Capacidad de intercambio catiónico efectiva) fue calculada por la sumatoria de bases y la acidez intercambiable, esta última fue estimada a partir del pH como 2.5 cmol/kg¹ (Cuadro 1).

Basado en los resultados del análisis del suelo y la demanda de nutrientes del cultivo se recomendó una fertilización con 326 kg/ha de N, 83 kg/ha de P₂O₅, 230 kg/ha de K₂O y 80.6 kg/ha de MgO.

¹ Arevalo, G. Notas de clase del curso de manejo de suelos y nutrición vegetal. E.A.P., Zamorano, 2006

Cuadro 1. Condición química del suelo del área subsolada y no subsolada, Monteredondo, E.A.P., Zamorano, Honduras, 2007.

Muestra	pH (H ₂ O)	%	%	mg/kg (Extractable)									cmol/kg de suelo
				P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C.I.Ce [‡]
Subsolado	5.3	2.3	0.1	13	262	1590	240	225	2.8	311	116	1	13
No subsolado	5.7	2.2	0.1	14	284	1660	230	213	2.8	289	93	1	12

[‡] **CICE:** Capacidad de intercambio catiónico efectiva.

A partir del programa nutricional, se establecieron tres niveles de fertilización: nivel alto (100%) de la recomendación, medio (50%) y bajo (25%). Los fertilizantes usados fueron: urea, DAP, KCl y K-MAG (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilizante aplicado para la producción de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en suelo no subsolado y subsolado, Monteredondo, E.A.P., Zamorano, Honduras, 2007.

Tipo fertilizante	Nivel de fertilización (kg/ha)		
	Alto (100%)	Medio (50%)	Bajo (25%)
Urea	640	320	160
DAP	180	90	45
KCl	273	137	68
K-MAG	367	184	92

Para homogenizar la condición del pasto se hizo un corte el 1 de julio de 2007, a partir del cual se inició el experimento. Se realizaron tres cortes de pasto estrella cada 20 días. En cada unidad experimental se tomó en cuatro lugares al azar la biomasa de 1m², la cual se pesó y secó, la información se extrapola a 1 ha. La producción de MS/año se obtuvo de los tres periodos analizados multiplicado por 13.75 ciclos al año de 20 días cada uno, seguidamente se cortó el pasto del área experimental. Se determinó volumen de raíces de un pilón de suelo de 3000 cm³ y con agua se lavó el suelo dejando libre las raíces, se sumergieron en un recipiente de volumen conocido y por el principio de Arquímedes (Pérez, 2001), se determinó el volumen desplazado, que luego se extrapola al volumen de raíz en una hectárea.

Se determinó la densidad aparente del suelo de los primeros 30 cm de profundidad de cada parcela, tres muestras de suelo cada 10 cm de profundidad, por medio del densímetro, repetidas tres veces cada una, pesadas en húmedo y seco. En el segundo corte se hizo un análisis de tejido y se determinó cantidad de nitrógeno por el método Kjeldahl, magnesio, calcio y potasio extraídos por el método de digestión húmeda y determinados por absorción atómica, fósforo extraídos de la misma forma y determinado por colorimetría. Los nutrientes extraídos se calcularon multiplicando el peso de la materia seca producida por la concentración de cada nutriente en la hoja.

El diseño experimental fue de parcelas divididas con seis tratamientos y cuatro repeticiones para 24 unidades experimentales, aplicándoles en forma aleatoria tres niveles de fertilización aplicados en un área de 0.015 ha cada parcela. Se hizo un análisis estadístico por medio del programa MINITABTM, análisis de varianza, y separación de medias (prueba Tukey), para determinar diferencias.

El costo de mecanización fue de 314 \$/ha que incluyó dos pases de subsolador, un pase de rastra liviana y uno de rastra pesada. Para el análisis económico se consideró que una paca de heno de 15.91 kg se venden a \$ 1.58. Se aplicó la metodología del CIMMYT (1988), de presupuestos parciales, que consiste en analizar la tasa de retorno marginal y el

incremento porcentual en beneficio neto, en el cual se determinó el presupuesto parcial y estimación de la tasa de retorno marginal mínima (TRM) para cinco años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de Materia Seca

En el área no subsolada se obtuvo menor ($P < 0.05$) producción (17.45 t/ha/año) que el área subsolada (25.49 t/ha/año). Aplicando el nivel más alto en fertilización la producción fue mayor ($P < 0.05$) en comparación con el nivel bajo, pero no se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre el nivel de fertilización alto y medio. El efecto del subsolado se mantuvo ya que con todos los niveles de fertilización aumentó la producción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de materia seca (t/ha/año), en suelo subsolado y no subsolado, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Laboreo	Ciclo de corte	Producción de materia seca (t/ha/año)			Promedio	
		Nivel de fertilización				
		Alto	Medio	Bajo		
No subsolado	1	25.26 ^a	20.73 ^a	18.38 ^a	21.46 ^a	
	2	9.88 ^{ab}	10.03 ^{ab}	6.14 ^{ab}	8.68 ^{ab}	17.45 ^a
	3	27.36 ^b	26.02 ^b	13.26 ^b	22.21 ^b	
Subsolado	1	35.14 ^c	32.95 ^c	29.52 ^c	32.54 ^c	
	2	14.33 ^{cd}	14.10 ^{cd}	7.56 ^{cd}	11.99 ^{cd}	25.49 ^d
	3	32.65 ^d	38.74 ^d	24.47 ^d	31.95 ^d	
Promedio No subsolado		20.83 ^a	18.93 ^{ab}	12.59 ^b		
Promedio Subsolado		27.37 ^c	28.60 ^{cd}	20.52 ^d		

^{abcd} Valores con la misma letra en la misma fila no difieren entre si ($P > 0.05$).

Densidad del suelo

La densidad aparente del suelo no subsolado (1.33 t/m³) fue mayor y diferente que la de suelo subsolado (1.18 t/m³). A medida que aumentó la profundidad de 10 a 30 cm, la densidad aparente del suelo también aumentó (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad aparente de los suelos subsolados y no subsolados y tres niveles de fertilización, Monterredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Ciclo de corte (días)	Nivel de fertilización	Profundidad (cm)	Densidad del suelo (t/m ³)			
			Laboreo del suelo		Promedio	
			No subsolado	Subsolado	No subsolado	Subsolado
1	alto	0 - 10	1.32 ^a	1.09 ^c	1.31 ^a	1.07 ^c
	medio		1.30 ^a	1.09 ^c		
	bajo		1.31 ^a	1.04 ^c		
2	alto	10 - 20	1.33 ^{ab}	1.21 ^{cd}	1.34 ^{ab}	1.19 ^{cd}
	medio		1.34 ^{ab}	1.13 ^{cd}		
	bajo		1.36 ^{ab}	1.21 ^{cd}		
3	alto	20 - 30	1.30 ^b	1.28 ^d	1.32 ^b	1.28 ^d
	medio		1.33 ^b	1.26 ^d		
	bajo		1.35 ^b	1.29 ^d		
Promedio			1.33 ^a	1.18 ^d		

^{abcd} Valores con la misma letra en la misma columna no difieren entre si ($P>0.05$).

Volumen de raíces

El subsolado no influyó ($P>0.05$) en el volumen de raíz del pasto estrella. En campo se encontró que en los primeros 20 cm de profundidad las raíces en el suelo no subsolado eran: medianas y finas, escasas; y en el suelo subsolado las raíces eran gruesas, medianas, abundantes y frecuentes (Cuadro 5). Esto se debe a que en el segundo caso era un cultivo recientemente establecido en relación al primero que tiene varios años y ha sido usado como potrero para ganado vacuno.

Cuadro 5. Volumen de raíces en suelo subsolado y no subsolado con tres niveles de fertilización, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Laboreo	Ciclo de corte	Volumen de raíz (m ³ /ha)			Promedio	
		Nivel de fertilización				
		Alto	Medio	Bajo		
No subsolado	1	3.52 ^a	3.30 ^a	4.08 ^a	3.63 ^a	
	2	3.45 ^a	3.82 ^a	3.45 ^a	3.58 ^a	3.50 ^a
	3	2.87 ^a	3.45 ^a	3.55 ^a	3.29 ^a	
Subsolado	1	3.20 ^a	3.18 ^a	3.90 ^a	3.42 ^a	
	2	3.02 ^a	2.58 ^a	3.20 ^a	2.93 ^a	3.15 ^a
	3	2.42 ^a	2.75 ^a	4.10 ^a	3.09 ^a	
Promedio no subsolado		3.28 ^a	3.52 ^a	3.69 ^a		
Promedio subsolado		2.88 ^a	2.83 ^a	3.73 ^a		

^a Valores con la misma letra en la misma fila y columna no difieren entre sí (P>0.05).

Análisis Foliar

Los niveles de macronutrientes en las hojas del pasto estrella no estuvieron (P>0.05) influenciados por los niveles de fertilización tanto en el área subsolada como no subsolada (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de nutrientes en el segundo ciclo de corte del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Laboreo	Nivel de fertilización	Nutriente (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
No subsoleo	Alto	3.03 ^a	0.33 ^b	3.11 ^c	0.34 ^d	0.19 ^e
	Medio	2.70 ^a	0.35 ^b	2.99 ^c	0.32 ^d	0.19 ^e
	Bajo	1.71 ^a	0.32 ^b	1.96 ^c	0.25 ^d	0.12 ^e
Subsoleo	Alto	2.64 ^a	0.29 ^b	2.81 ^c	0.34 ^d	0.22 ^e
	Medio	3.06 ^a	0.33 ^b	3.33 ^c	0.27 ^d	0.29 ^e
	Bajo	2.44 ^a	0.31 ^b	2.79 ^c	0.33 ^d	0.25 ^e
Promedio no subsolado		2.40 ^a	0.30 ^b	2.70 ^c	0.30 ^d	0.20 ^e
Promedio subsolado		2.70 ^a	0.30 ^b	2.90 ^c	0.30 ^d	0.20 ^e

^{abcde} Valores con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí (P>0.05).

No se encontró diferencia ($P>0.05$) en los nutrientes extraídos en la materia seca del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con nivel alto, medio o bajo en fertilización (Cuadro 7).

Cuadro 7. Nutrientes extraídos con la materia seca de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con diferentes niveles de fertilización, en Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Laboreo	Nivel de fertilización	Nutriente acumulado (kg/ha/año)				
		N	P	K	Ca	Mg
No subsoleo	Alto	630 ^a	70 ^b	650 ^c	70 ^d	40 ^e
	Medio	510 ^a	70 ^b	570 ^c	60 ^d	30 ^e
	Bajo	210 ^a	40 ^b	250 ^c	30 ^d	20 ^e
Subsoleo	Alto	720 ^a	80 ^b	770 ^c	90 ^d	60 ^e
	Medio	870 ^a	90 ^b	950 ^c	80 ^d	80 ^e
	Bajo	500 ^a	60 ^b	570 ^c	70 ^d	50 ^e

^{abcde} Valores con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí ($P>0.05$).

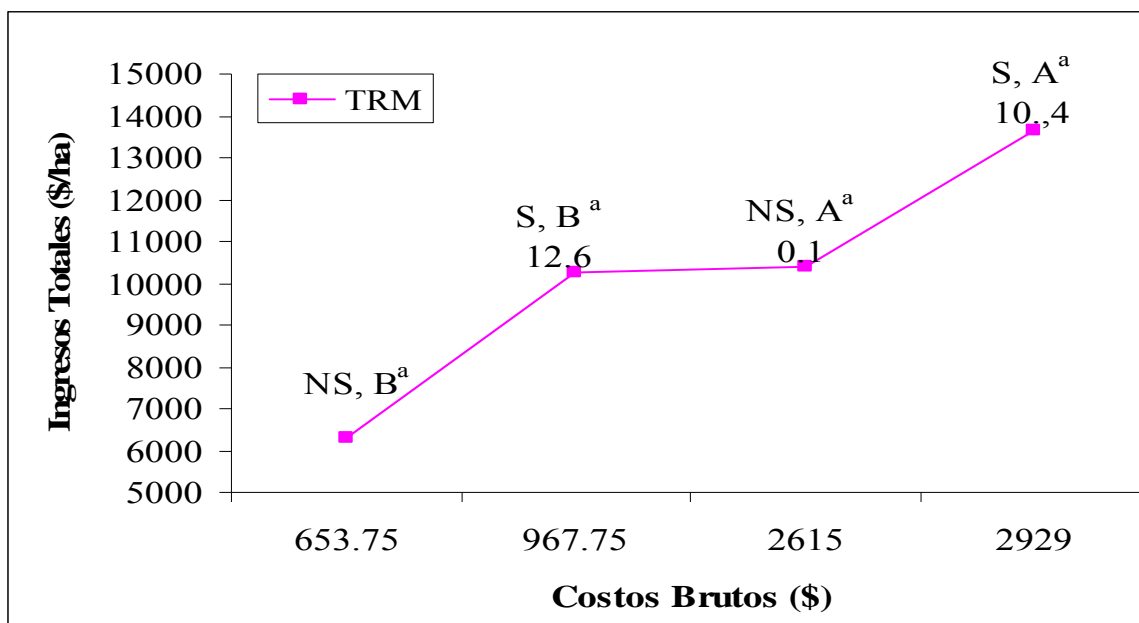
Análisis Económico

Asumiendo un efecto de cinco años, el costo de subsolar un suelo es de 314 \$/ha. Según el análisis de retorno marginal, por cada dólar invertido en subsolar con fertilización baja se obtiene una ganancia de \$ 12.0 y con fertilización alta se gana \$ 22.4 (Cuadro 9 y Figura 1).

Cuadro 8. Análisis de retorno marginal de la producción de materia seca en área subsolada de Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Laboreo	Nivel de Fertilización	Costo (\$/ha)			Producción (t/ha)		Ingreso (\$/ha/5 años)			TRM [©]		
		Preparación (\$/ha)	Fertilizante	Total	1 año	5 años	Bruto	Incremental	Ingreso	%	\$/invertido	
No subsolado	Bajo	0	653.75	653.75	12.59	62.95	6,283.04					
Subsolado	Bajo	314	653.75	967.75	20.52	102.60	10,240.51	314.00	3,957.47	1,260.34	12.60	
No subsolado	Alto	0	2,615.00	2,615.00	20.83	104.15	10,395.21	1,647.25	154.71	939.00	0.10	
Subsolado	Alto	314	2,615.00	2,929.00	27.37	136.85	13,659.00	314.00	3,263.79	1,039.42	10.40	

[©] tasa de retorno marginal.



^a NS: no subsolado, S: subsolado, B: nivel bajo de fertilización, A: nivel alto de fertilización

Figura 1. Análisis de retorno marginal de la producción de materia seca en área subsolada y no subsolada de Monteredondo, Zamorano, Honduras

CONCLUSIONES

- El subsoleo tuvo un efecto positivo en la producción de pasto estrella.
- El subsoleo mejoró la densidad aparente del suelo.
- La producción de materia seca fue mayor con el nivel alto y medio de fertilización.
- La práctica de subsoleo es rentable, ya que en cinco años genera una ganancia de \$ 10 a 22 por dólar invertido, dependiendo del nivel de fertilización.

RECOMENDACIONES

- Subsolar terrenos compactados bajo pastura.
- Evaluar el efecto del subsoleo sobre la producción del cultivo pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a lo largo de todo un año y por tres años consecutivos bajo pastoreo.

BIBLIOGRAFÍA

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., México. Cimmyt. 79p.
- Fernández, J. 2003. Caracterización detallada de los sectores de Zorrales y Monte Redondo de Zamorano, Honduras para el establecimientos y renovación de pasturas. Tesis Ing. Agr. El Zamorano. Honduras. 55p.
- Hanselka, W. 2002. Subsoleo; Efectiva forma de sanar los agostaderos. Disponible en: <http://patrocines.uson.mx/revistaranchodiciembre2002/subsoleo.htm>.
- Minitab™ Estadistical Software. 2007. Meet Minitab Release 15 for Windows. USA.
- Pantoja, J. 2005. Efecto del subsoleo en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el rendimiento de cuatro cultivos en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 81p.
- Pérez, H. 2001. Física general. México. Publicación Cultural. 275p.
- Sánchez, P. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Trad Camacho. San José, CR. IICA. 634 p.
- Vélez, M., Hincapié, J., Matamoros, I., Santillán. 2002. Producción de Ganado lechero en el trópico. 4ta Edición. Zamorano Academia Press, Zamorano, Honduras. 326p.

ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas (UTM) del lote no subsolado, Monterredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

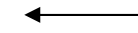
Punto	Coordenadas de lotes experimentales (UTM)	
	X	Y
1	500906	1547631
2	501074	1547594
3	501074	1557585
4	500900	1547573
5	500900	1547554
6	500897	1547554
7	500893	1547534
8	500891	1547603
9	500891	1547594
10	500888	1547582
11	500885	1547573
12	500885	1547564
13	500885	1547551
14	500879	1547533
15	500876	1547600
16	500876	1547591
17	500873	1547582
18	500873	1547573
19	500870	1547560
20	500867	1547551
21	500862	1547532

Anexo 2. Distribución de los lotes experimentales con sus respectivas coordenadas del área no subsolada, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

500906 1547631 1 ^a	501074 1547594	501074 1557585 2 ^a	500900 1547573 3 ^a	500900 1547554 4 ^a	500897 1547554 5 ^a	500893 1547534 6 ^a
500891 1547603	500891 1547594	500888 1547582	500885 1547573	500885 1547564	500885 1547551	500879 1547533
7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a	
500876 1547600	500876 1547591	500873 1547582	500873 1547573	500870 1547560	500867 1547551	500862 1547532

^a lotes experimentales





Anexo 3. Coordenadas (UTM) del lote subsolado, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

Punto	Coordenadas de lotes experimentales (UTM)	
	X	Y
22	500826	1547557
23	500819	1547607
24	500798	1547560
25	500789	1547564
26	500777	1547564
27	500768	1547564
28	500759	1547567
29	500818	1547565
30	500819	1547573
31	500810	1547576
32	500801	1547576
33	500792	1547576
34	500783	1547579
35	500771	1547579
36	500762	1547582
37	500822	1547588
38	500813	1547591
39	500804	1547591
40	500795	1547591
41	500786	1547591
42	500774	1547594
43	500765	1547594

Anexo 4. Distribución de los lotes experimentales con sus respectivas coordenadas del área subsolada, Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

			500826 1547557
			500819 1547607
500813 1547591	24 ^o	500810 1547576	500819 1547607
500804 1547591		500801 1547576	500798 1547560
500804 1547591	23 ^o	500801 1547576	500798 1547560
500795 1547591		500792 1547576	500789 1547564
500795 1547591	22 ^o	500792 1547576	500789 1547564
500786 1547591		500783 1547579	500777 1547564
500786 1547591	21 ^o	500783 1547579	500777 1547564
500774 1547594		500771 1547579	500768 1547564
500774 1547594	20 ^o	500771 1547579	500768 1547564
500765 1547594		500762 1547582	500759 1547567
		500762 1547582	500759 1547567
		500822 1547588	500818 1547565

^o lotes experimentales



Anexo 5. Características físicas de los perfiles del suelo subsolado y no subsolado en Monteredondo, Zamorano, Honduras, 2007.

LABOREO	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura	Límites	Porosidad	Raíces	Consistencia en húmedo	Resistencia a la penetración
Subsolado	0 - 8	7.5 YR 3/2	FAr A	bsa f d g m	p c	f t p	p tt	fr	2.3
	8 - 20	7.5 YR 3/2	FAr	bsa f d m	p d	tt t f	p f	fr	4.5
	20 - 28	10 YR 3/2	FAr	ba d m	p c	m f v t p f	p f g	mfr	4.5
	28- 70x	2.5YR 3/2	FAr	p f m g	No hay	tt t p m	p mf	f	4.5
No	0-13	10 YR3/2	FA	ba d m	p d	f m t v f p	f tt	fr	4.25
Subsolado	13 - 23	10 YR 3/2	FA	bsa d m	p c	f t p m	f tt	fr	4.13
	23 - 30	7.5 YR 3/2	FA	bsa d f	p c	f mf t f	mf p	mfr	3.9
	30 -72x	10 YR 4/1	FA	p m g f	No hay	mf v t p f	p mf	mf	4.5

Textura: F: franco, FA: franco arenoso, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso. Estructura: 1) Tipo: ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas. 2) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. 3) Clase: m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, tt: todos tamaños. Límite: 1) Topografía: p: plano, o: ondulado, q: quebrado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, g: gradual, a: abrupto. f: finos, a: ausente. Poros: 1) Tamaño: mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular, r: reticular. 3) Cantidad: p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. Raíces: 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. Consistencia en húmedo: mfr: muy friable, fr: friable, f: firme, mf: muy firme.