

Efecto de tres coberturas y dos sistemas de labranza sobre maíz y frijol bajo tres niveles de fertilización

Sayra Valinosca Lemus

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción agropecuaria
Diciembre, 2004

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Efecto de tres coberturas y dos sistemas de labranza sobre maíz y frijol bajo tres niveles de fertilización

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingeniera Agrónoma en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Sayra Valinosca Lemus

Honduras
Diciembre, 2004

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.

Sayra Valinosca Lemus

Honduras
Diciembre, 2004

Respuesta de dos cultivos con diferentes niveles de fertilización en suelos bajo tres coberturas y dos sistemas de labranza

Presentado por

Sayra Valinosca Lemus

Aprobado:

Pablo E. Paz, Ph.D.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M. B. A.
Coordinador de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Gloria A. De Gauggel, M.Sc.
Asesora

Aurelio Revilla, M. S. A.
Decano Académico Interino

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador De Área
Temática.

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

DEDICATORIA

Todos estos años de esfuerzo se los dedico a Dios porque fue él quien proveyó todo lo necesario y está conmigo en todo momento.

A mi madre Lucia Lemus (QDDG), cuyo sueño fue ver mi meta realizada, y por toda su comprensión, cariño, cuidado durante tanto tiempo y esa fortaleza ejemplar característica de su personalidad.

AGRADECIMIENTOS

Sobre todas las cosas, le agradezco a Dios por su gran amor y misericordia.

A mis padres por su apoyo incondicional especialmente a mi madre por la educación y formación de carácter que me dio.

A todos mis hermanos, en especial a Alexis por su apoyo y confianza en mí, a Caren por su cariño y apoyo, a Miguel por todo lo que hemos vivido juntos cuyas cosas me han llevado a la superación.

Al Doctor Pablo Paz por haber depositado su confianza en mi, y por apoyarme en todo momento para la realización de esta investigación.

A la ingeniera Gloria Arévalo por su colaboración en la realización de este estudio.

A mis amigos, Merilyn Barahona, Héctor Owen y su familia, David, Miguel Macay, Verónica Pozo, Rosa Alfaro, Maria Duran, Arturo Varela, Lud Martínez, Alejandro López, Jacqueline Moya y Liu Naosky, por todo el cariño brindado durante todo este tiempo y por estar conmigo en todas las circunstancias.

A toda la clase Genoma 04 por cada momento de aprendizaje y cada detalle que hizo de mi estadía en Zamorano, algo inolvidable.

A los ingenieros Julio López, Werner Melara y Octavio Ávila, por su gran apoyo y su enseñanza, los aprecio mucho.

Al doctor Alfredo Rueda, por su ayuda en la consecución de mi beca de estudios en Zamorano.

Al doctor Antonio Flores por su comprensión y apoyo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano por todo el apoyo económico prestado para realizar esta meta.

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras (SAG) por el financiamiento prestado durante los años de estudio en Zamorano.

Al Congreso Nacional de Honduras por su apoyo económico en el cuarto año.

A Alexis Otoniel Lemus, por su apoyo económico en todos mis años de formación académica

A la unidad de Granos y Semillas por haber brindado las terrazas utilizadas en este estudio.

RESUMEN

Lemus, S. 2004. Efecto de tres coberturas y dos sistemas de labranza sobre maíz y frijol bajo tres niveles de fertilización. Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 43 p.

Los suelos cubiertos por pastos obtienen ganancias de materia orgánica gracias a la renovación de estos y sus raíces. Mediante el crecimiento radicular, se reduce la compactación del suelo ocasionada por el uso de maquinaria, aumentando así la infiltración del agua y la absorción de nutrientes por la planta. La labranza convencional es conocida por sus efectos de degradación del carbono y nitrógeno orgánico, con consecuencias negativas para la calidad del suelo. La rotación de cultivos combinada con la labranza y fertilización nitrogenada afecta significativamente la mineralización del nitrógeno en el suelo. Este estudio evaluó en su segundo ciclo, el efecto de tres tipos de cobertura (Tobiatá, Transvala, cultivos extensivos), dos sistemas de labranza (convencional y mínima), tres niveles de fertilización (0, 50 y 100% de N P K según requerimientos) sobre la evolución de las características físicas y químicas del suelo, así como el efecto de estos factores sobre las variables fenológicas y de rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). El estudio se realizó en Zamorano, Honduras, en la época seca bajo riego por aspersión. Se realizaron análisis físicos y químicos de suelos para evaluar las condiciones del mismo. Se utilizó un diseño estadístico de parcelas sub sub divididas con cuatro repeticiones, la parcela grande fue el sistema de labranza, la sub parcela fue el cultivo y la sub sub parcela fue el nivel de fertilización. Para cada variable se realizó un ANDEVA y una separación de medias con SNK, con un nivel de significancia de $P \leq 0.10$. El sistema de labranza mínima no aceleró el proceso de evolución de las características físicas del suelo. Los mayores rendimientos de frijol se encontraron en la cobertura de pasto Transvala con un 100% de fertilización. Bajo la cobertura de Tobiatá los resultados de maíz fueron mejores en comparación con las demás coberturas. El uso de labranza convencional favoreció los rendimientos de ambos cultivos. La cobertura de pastos aumentó la fertilidad de los suelos, la que tuvo durabilidad durante los primeros dos años de estudio.

Palabras clave: Fertilidad natural, materia orgánica, rizodeposición, rotación de cultivos, suelo.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Contenido	viii
Índice de cuadros.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
Ubicación.....	4
Factores comparados y sus variables.....	4
Metodología.....	5
Manejo del cultivo	6
Variables tomadas por cada cultivo.....	6
Variables Fenológicas:	6
Rendimiento y sus componentes:	7
Análisis estadístico	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
ANÁLISIS DE SUELOS	8
Materia orgánica.....	8
Nitrógeno.....	8
Potasio	9
pH.....	9
FRIJOL	10
TOBIATÁ (TERRAZA 6)	10
Datos fenológicos	10
Efectos de labranza.....	10
Efectos de la fertilización.....	10
Rendimiento y sus componentes	10
Efectos de labranza.....	10
Semillas por vaina	10
Efectos de la fertilización.....	11
TRANSVALA (TERRAZA 7).....	12
Datos fenológicos.....	12
Efectos de la fertilización.....	12
Rendimiento y sus componentes	13
Efectos de labranza.....	13
Efectos de la fertilización.....	13
CULTIVOS EXTENSIVOS (TERRAZA 8)	14

Datos fenológicos	15
Efecto de labranza	15
Efecto de la fertilización.....	15
Rendimiento y sus componentes	15
Efecto de labranza	15
ANÁLISIS COMBINADO ENTRE COBERTURAS	17
Datos fenológicos	17
Efecto de la labranza	17
Efecto de la fertilización.....	17
Efecto de la interacción entre labranza y tipo de cobertura.....	17
Efecto de la interacción labranza con nivel de fertilización.....	17
Efecto de la cobertura.....	18
Efecto de labranza	18
Efecto de la fertilización.....	18
MAÍZ	22
TERRAZA 6 (TOBIATÁ)	22
Datos fenológicos	22
Efecto de labranza	22
Efecto de la fertilización.....	22
Efecto de la interacción entre nivel de fertilización y sistema de labranza	22
Días a madurez fisiológica	22
Rendimiento y sus componentes	22
TERRAZA 7 (TRANSVALA).....	24
Datos fenológicos	24
Efecto de labranza	24
Efecto de la fertilización.....	24
Días a madurez fisiológica	24
Rendimiento y sus componentes	25
Número de granos por kilogramo.....	25
TERRAZA 8 (CULTIVOS EXTENSIVOS)	27
Datos fenológicos	27
Efectos de labranza.....	27
Efectos de la fertilización	27
Efecto de las interacciones	27
Días a madurez fisiológica	27
Rendimiento y sus componentes	27
Efectos de labranza.....	27
Sistema de labranza	28
ANÁLISIS COMBINADO (ENTRE COBERTURAS)	29
Datos fenológicos	29
Efecto de la cobertura.....	29
Efecto de la interacción entre nivel de fertilización y sistema de labranza.....	29
Altura de la planta	29
Rendimiento y sus componentes	30
Efecto de la cobertura.....	30
Rendimiento	30
Efecto de la interacción entre tipo de cobertura y sistema de labranza.....	30
Porcentaje de desgrane	30
Número de granos por kilogramo.....	30
Mazorcas por planta	30

CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de maíz en cada cobertura (kg/ha/ciclo).....	6
2. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de frijol en cada cobertura (kg/ha/ciclo).....	6
3. Análisis químico edafológico para tres terrazas con tres tipos de coberturas, Zamorano, Honduras, 2004.....	8
4. Reacciones fenológicas de frijol en cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras 2004.....	11
5. Efecto de dos sistemas de labranza sobre los días a floración y días a madurez fisiológica después de la siembra de frijol en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	11
6. Rendimiento y componentes del cultivo de frijol (Cv TC-75) en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	12
7. Efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento (kg/ha) de frijol en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	12
8. Semillas por vaina de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	12
9. Reacciones fenológicas de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.....	13
10. Efecto del nivel de fertilización sobre los días a madurez fisiológica y la altura de la planta de frijol en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.....	14
11. Rendimiento y componentes del cultivo de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.....	14
12. Efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento, el número de semillas por vaina y el tamaño del grano en el cultivo de frijol, en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.....	14
13. Nivel de fertilización sobre rendimiento y el tamaño de grano de frijol en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.....	14

14. Variables fenológicas del cultivo de frijol en la cobertura de cultivos Extensivos, Zamorano, 2004.....	16
15. Efecto de tres niveles de fertilización sobre días a floración de frijol en la cobertura de Cultivos Extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	16
16. Efecto de dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en frijol en la cobertura de Cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.....	16
17. Rendimiento del cultivo de frijol con dos sistemas de labranza en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	17
18. Respuesta de las variables fenológicas del cultivo de frijol a tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización Zamorano, Honduras, 2004.	19
19. Días a floración de frijol con dos sistemas de labranza y tres tipos de cobertura, Zamorano, Honduras, 2004.	19
20. Interacción de tres niveles de fertilización con dos sistemas de labranza en días a floración del cultivo de frijol, Zamorano, Honduras, 2004.....	20
21. Interacción de sistema de labranza con tipo de cobertura sobre los días a madurez fisiológica del frijol, Zamorano; Honduras, 2004.	20
22. Rendimiento del cultivo de frijol en tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.	20
23. Efecto de tres tipos de cobertura sobre el rendimiento y el número de vainas por planta del frijol, Zamorano, Honduras, 2004.	21
24. Efecto de dos sistemas de labranza sobre el rendimiento, vainas por planta y semillas por vaina del cultivo de frijol, Zamorano, Honduras, 2004.	21
25. Rendimiento del cultivo de frijol con tres niveles de fertilización en interacción con tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza.	21
26. Reacciones fenológicas del cultivo de maíz (Cv Guayape) en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	23
27. Efecto de los sistemas de labranza sobre los días a floración masculina y la altura de la primera mazorca en el cultivo de maíz en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras,2004.	23
28. Días a floración masculina del maíz por efecto de los niveles de fertilización en la cobertura Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.....	23

29. Días a madurez fisiológica del maíz por efecto del sistema de labranza en combinación con el nivel de fertilización en la cobertura Tobiatá, Zamorano, Honduras, 2004.	23
30. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de Tobiatá, Zamorano, Honduras, 2004.	24
31. Variables fenológicas del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.	25
32. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la altura de la planta (m) y la altura de la primera mazorca (m) de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.	25
33. Reacciones fenológicas del maíz por efecto de tres niveles de fertilización en la terraza siete (Transvala), Zamorano, Honduras, 2004.	26
34. Efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización sobre los días a madurez fisiológica del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.	26
35. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.	26
36. Número de granos por kilogramo de maíz por efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.	26
37. Variables fenológicas del cultivo de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	28
38. Efecto del sistema de labranza sobre la altura de la planta (m) y la altura de la primera mazorca de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	28
39. Efecto de tres niveles de fertilización sobre variables fenológicas del maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	28
40. Días a madurez fisiológica del cultivo de maíz por efecto de la combinación entre tres niveles de fertilización y dos sistemas de labranza en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	28
41. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.	28
42. Efecto de tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización sobre las variables fenológicas del cultivo de maíz, (Cv Guayape), Zamorano, Honduras, 2004.	31

43. Efecto de tres tipos de coberturas sobre las variables fenológicas del cultivo de maíz, Zamorano, Honduras, 2004.	31
44. Días a madurez fisiológica del maíz por efecto de la interacción entre labranza y fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.....	32
45. Días a madurez fisiológica del maíz por efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.	32
46. Altura de la planta de maíz por efecto de tres tipos de cobertura y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.....	32
47. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz bajo tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.	33
48. Rendimiento del cultivo de maíz por efecto de tres tipos de cobertura, Zamorano, Honduras, 2004.	33
49. Efecto de la interacción de tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza sobre el porcentaje de desgrane del cultivo de maíz, Zamorano, Honduras, 2004.	33
50. Número de granos por kg de maíz por efecto de tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza.	34
51. Efecto de tres tipos de cobertura dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización sobre el número de mazorcas por planta en el cultivo de maíz, Zamorano, Honduras. 2004.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lectura de calicatas Cobertura Tobiata	39
Anexo 2. Lectura de calicatas Cobertura Transvala.....	41
Anexo 3. Lectura de calicatas cultivos extensivos.....	42
Anexo 4. Comparación de la características físicas del suelo durante los dos años de estudio en las tres coberturas.....	43

INTRODUCCIÓN

El suelo es una matriz de espacios porosos complementados con agua, aire y materia orgánica. Los organismos vivos y el material orgánico descompuesto, a pesar de formar solamente de 1-6% del suelo, son esenciales para el aporte de nutrientes para las plantas, el desarrollo de la estructura del suelo, almacenamiento de agua y medio de transformación de nutrientes. Los organismos vivos se encargan de la ruptura de enlaces complejos del material vegetal y animal para transformarlos en nutrientes aprovechables para las plantas. Mantener un adecuado ciclo de nutrientes en el suelo, depende esencialmente de la actividad y diversidad de los organismos del suelo, esto a su vez, va ligado a poblaciones adecuadas de raíces, especialmente leguminosas, ya que influyen directamente en la fijación de N por medio de bacterias asociadas a estas especies de plantas (Bellows 2001).

Los suelos desprotegidos sin forrajes o residuos son fácilmente compactados por el impacto de las gotas de agua, la compactación limita el crecimiento de las raíces, el movimiento del agua y aire y la disolución de nutrientes a través del suelo, al mismo tiempo, limita la infiltración de agua en el perfil. Esta compactación se reduce a través del crecimiento radicular, formación de agregados y desarrollo de microorganismos. Los suelos cubiertos por pastos, obtienen ganancias de materia orgánica mediante el crecimiento y muerte de los mismos debido al aprovechamiento de los residuos; esto debido al reciclaje de partes de las plantas, especialmente de las raíces que vuelven al suelo al terminar su actividad biológica como tal (Bellows 2001) y la protección que ofrece la cobertura del pasto a la formación de la materia orgánica, además del tráfico de maquinaria.

Amézquita *et al.* (2002) encontraron que el incremento de la intensidad de un sistema de producción en monocultivos, resulta en daños serios a la fertilidad del suelo, la cantidad de materia orgánica se reduce considerablemente con la intensificación de los cultivos. Solamente en los sistemas de producción agro pastoriles la materia orgánica y la actividad de la macrofauna fueron aumentadas. También encontraron que incrementando los niveles de fertilización, asociados con un incremento en la intensidad del sistema, generalmente resulta en un incremento relativo en la fertilidad del suelo bajo sistemas de rotación.

El impacto de las diferentes rotaciones de cultivos y sistemas pastoriles sobre algunas características físicas del suelo se observa específicamente en la conductividad hidráulica, de esta manera, después de dos años del uso de arado de cinceles a 30cm de profundidad en sistemas de rotación anual y monocultivos, causa un incremento en la conductividad hidráulica en los primeros 10-20 cm. El sistema radicular de algunas leguminosas (en sistemas de rotación), aparentemente, ayuda a mantener los efectos del cincelado mas que en sistemas de monocultivo (Kanda *et al.* 2002).

La rotación de cultivos no afecta el carbono y nitrógeno potencialmente mineralizable pero la adición de fertilizante puede incrementarlo significativamente hasta un 32%. La inclusión de leguminosas en la rotación, decrece la fracción estable y activa de carbono y nitrógeno orgánicos, los cambios en el suelo del carbono y nitrógeno, en respuesta a la rotación de cultivos y la adición de fertilizante fueron relacionados a la cantidad estimada de residuos de cosecha devueltos al suelo y a la textura (Carpenter *et al.* 2000). No se encontró referencias bibliográficas acerca del aporte de materia orgánica de los pastos utilizados en este ensayo.

“Según su naturaleza y su forma de ejecución , el laboreo del suelo puede, por sus efectos mecánicos, físicos e indirectamente biológicos, contribuir a mejorarle desde el punto de vista de su resistencia al ataque hídrico. Interviene en particular para aumentar la penetración del agua en los suelos compactos e impermeables” (Fournier 1975)

La cobertura vegetal del suelo, influye en la cantidad de residuos orgánicos y su descomposición, sumado al balance hídrico proporcionado por la cantidad de raíces presentes, mismas que mejoran la estructura del suelo a través de la presencia de poros que van abriendo durante su desarrollo (Fournier 1975).

Bell *et al.* (1996) Encontraron que las Poaceas producen condiciones más favorables para las propiedades hidráulicas del suelo, sobre todo en combinación con araduras profundas, se logra una mejor aireación de suelos compactados, a pesar de esto no se observo un aprovechamiento del agua almacenada ni una mayor extracción de nutrientes por parte de los cultivos, afectando directamente los rendimientos.

Uno de los mayores aportes de carbono a la materia orgánica del suelo, viene de la muerte y descomposición de las raíces de gramíneas. Cuando un cultivo anual esta en la etapa de desarrollo, la producción de raíces es mayor por lo que el aporte de biomasa al suelo aumenta conformando la fuente más importante de material orgánico. Después de esto se da el fenómeno de rizodeposición que consiste en todos los compuestos resultantes de los exudados y secreciones de las raíces durante la etapa de crecimiento. Los residuos anteriores al cultivo, se descomponen a medida avanza el crecimiento del cultivo actual, esto hace que disminuyan las concentraciones de materia orgánica. Las plantas aprovechan la mayoría de los nutrientes aportados hasta la floración, y se disminuye el aprovechamiento cuando han alcanzado la madurez fisiológica (Crawfor *et al.* 1996).

Carpenter *et al.* (2000) Realizaron un ensayo que consiste en un sistema continuo de cultivo de maíz, rotación maíz - soya, rotación maíz – soya – alfalfa – trigo, combinándolo con programas de fertilización con cero nitrógeno, bajos niveles de nitrógeno y altos niveles de nitrógeno; en el cual encontró que la rotación de cultivos combinada con la fertilización nitrogenada, afecta significativamente la mineralización del nitrógeno neto, especialmente en las rotaciones que incluyen las leguminosas, aun sin fertilización nitrogenada, se obtuvo un buen desempeño del suelo debido a la fijación de N por parte de la alfalfa. En general, mas nitrógeno neto fue mineralizado en parcelas con cero nitrógeno que en parcelas con un historial de aplicaciones de N.

La labranza es conocida por sus efectos de degradación del carbono y nitrógeno orgánico del suelo con consecuencias negativas para la calidad del mismo. Esta

disminución se debe a la exposición de la capa protegida de materia orgánica del suelo a la degradación microbiológica como consecuencia de la alteración de la estructura del suelo (Kristensen *et al* 2003).

Suelos bajo labranza cero y labranza mínima, retienen mas carbono del suelo en la forma orgánica, así como carbono y nitrógeno de la biomasa microbial del suelo, proveniente de los residuos de maíz, el carbono y el nitrógeno mineralizables son más comunes en los primeros 50 mm de suelo. Cantidades altas de residuos de cosecha en labranza mínima y no-labranza, pudieron haber proporcionado el sustrato para el mantenimiento del área más grande de la biomasa microbial del suelo y el mas alto para la mineralización del carbono y nitrógeno en los primeros 200mm de suelo durante la etapa de crecimiento del maíz. Los niveles mas altos de fertilización nitrogenada incrementaron el N y C mineralizables pero no afecta consistentemente el carbono orgánico del suelo y la biomasa microbial del suelo. La labranza reducida o mínima que promueve la acumulación de residuos en la superficie del suelo, provee una oportunidad para el secuestro de carbono y nutrientes dentro de la biomasa microbial del suelo (Salinas *et al.* 1997).

“Un sistema de cultivos positivo combinado con una fuente de N, resulta en 67% mas grano de maíz en policultivos bajo residuos que con fertilizante nitrogenado. Es decir, el maíz responde mejor a policultivos y residuos de leguminosas” (Reeves 1997).

El maíz en un sistema de monocultivo tiene efectos adversos drásticos sobre la calidad del suelo y por consiguiente sobre el rendimiento del cultivo, estos efectos dañinos fueron mas notables en sistemas basados en labranza convencional aun con cobertura, esto fue comparado con sistema de cero labranza aunado a una capa de residuos del cultivo anterior. Rendimientos satisfactorios en el cultivo de maíz en forma intensiva continua, es posible con el uso de fertilizantes químicos, aprovechamiento de residuos y un sistema de labranza mínima o cero labranza (Lal 1995).

Bajo las condiciones de Zamorano, se encontró que con una rotación de pastos combinada con un sistema de labranza convencional, los rendimientos fueron mayores en los cultivos de maíz y frijol debido a la incorporación de materia orgánica que al ser descompuesta por los organismos, provee nutrientes al cultivo a corto plazo (Mercado 2003).

Este estudio corresponde al segundo año de investigación cuyos objetivos fueron: Evaluar la evolución de las características físicas y químicas de suelo por efecto de la cobertura, sistema de labranza y nivel de fertilización. Medir el efecto de los cultivos de cobertura sobre las características físicas y químicas del suelo. Definir el efecto de los sistemas de labranza sobre el aprovechamiento idóneo de suelos restaurados através de rotación. Determinar las reacciones diferenciales de los cultivos a suelos en diferentes rotaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio corresponde al segundo año de trabajo como una continuación del trabajo realizado como tesis para optar al título de ingeniero agrónomo por Carlos Mercado en el año 2003 para estudiar la evolución del suelo en respuesta a los tratamientos utilizados.

Ubicación

Se realizó en la zona de San Nicolás, en la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, valle del Yeguaré, en el Departamento de Francisco Morazán sobre el kilómetro 30 de la carretera hacia Danlí, a una altura de 800msnm, temperatura media anual de 24°C y una precipitación promedio de 1150 mm al año.

Se escogieron tres terrazas dentro de las cuales se utilizó un área de 1300 m² cada una. Estas estuvieron bajo coberturas diferentes durante varios años y en el año 2003 se llevó a cabo el primer ensayo precedente a este con los mismos objetivos. A continuación se describen los antecedentes de las terrazas utilizadas:

- Terraza 6, cubierta con pasto Tobiatá (*Panicum maximum*) durante 8 años.
- Terraza 7, cubierta con pasto Transvala (*Digitaria decumbens*) durante 7 años.
- Terraza 8, en producción bajo sistemas de rotación con diversos cultivos incluyendo abono verde (*Dolichos*) y aplicaciones de enmiendas químicas (cal). Cuatro años atrás se dedicó a la producción exclusiva de material para ensilaje.

Factores comparados y sus variables

- 1) Cultivos
 - Maíz (*Zea mays*), Cv Guayape
 - Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Cv Tío Canela 75
- 2) Sistemas de labranza:
 - Convencional: Uso de arado de discos a una profundidad de 30 cm y dos pases de rastra.
 - Mínima: para este sistema se utilizó arado de cinceles a una profundidad de 30-35 cm y en ángulo de 45° en dirección de siembra y dos pases de rastra pulidora.
- 3) Fertilización:
 - 0 %: Fertilidad natural del suelo.
 - 50%: de la fertilización recomendada por el laboratorio de suelos de Zamorano.
 - 100%: consiste en el aporte de todos los requerimientos de cada cultivo según análisis químico y programa de fertilización del laboratorio de suelos de Zamorano

Unidades experimentales

Parcelas de tres metros de ancho y seis metros de longitud. Cuatro hileras a 0.75 m para maíz con distancia entre plantas de 0.2 m. Seis hileras de frijol a 0.5 m y 0.1 m entre plantas. El área útil fueron las dos hileras centrales recortadas a cinco metros.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en parcelas sub sub divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal fue el sistema de labranza, la subparcela fueron los cultivos y la sub sub parcela fueron los niveles de fertilización. Se realezaron las sub parcelas de cada cultivo, asimismo, los tratamientos de fertilización; ya que la ubicación de los sistemas de labranza se realizaron el año anterior (2003).

Metodología

El primer paso en el establecimiento del ensayo, fue remover el suelo del área de labranza convencional con arado de discos a una profundidad de 30 cm; en el área de labranza mínima, se hizo un pase de arado de cincel con un ángulo de 45° con relación a la dirección de siembra a una profundidad de 30-35 cm. Como siguiente paso, se utilizó una rastra liviana para la nivelación y mullido del suelo en ambos sistemas de labranza.

Al igual que en el primer ensayo, para conocer el estado actual de los suelos utilizados, se abrió un total de seis calicatas, dos en cada terraza a una distancia de 50 m entre ellas, al azar, de las que se tomaron datos físicos y químicos como concentración y disponibilidad de macronutrientes, textura, estructura, densidad, resistencia a la penetración, color, materia orgánica, presencia de poros y raíces.

Se tomaron muestras de cada perfil de suelo en cada calicata para determinar la densidad aparente, se midió su peso inicial con humedad de campo, después se secaron por 48 horas y se volvió a medir su peso. La masa de la muestra seca dividida entre el volumen del cilindro muestreador utilizado (90 cm³), determina la densidad aparente. La textura del suelo se determinó en el campo al tacto al igual que la consistencia, resistencia a la penetración y el color a través de la tabla Munsell

Para cuantificar el estado nutricional de suelo y definir los requerimientos de fertilización para cada cultivo, se realizó análisis químico, haciendo una combinación de este con las características físicas del suelo para cada una de las terrazas. Las necesidades de nutrientes fueron suplidas con los fertilizantes 18-46-0, Urea (46-0-0) y cloruro de potasio(0-0-60) según las recomendaciones brindadas por el laboratorio de suelos de Zamorano. A continuación se muestra la cantidad de fertilizante aplicado a cada cultivo en las diferentes terrazas:

Cuadro 1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de maíz en cada cobertura (kg/ha/ciclo.)

Nutriente	Tobiatá	Transvala	Cultivos extensivos
Nitrógeno	120	120	120
Fósforo	60	80	60
Potasio	30	30	30

Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de frijol en cada cobertura (kg/ha/ciclo).

Nutriente	Tobiatá	Transvala	Cultivos extensivos
Nitrógeno	80	80	80
Fósforo	20	30	30
Potasio	20	40	40

Una vez establecido esto, se marcaron las áreas experimentales de acuerdo a su respectivo tratamiento, realizándose seguidamente la siembra de las especies mencionadas.

Manejo del cultivo

La siembra de ambos cultivos se realizó manualmente. La fertilización con fósforo y potasio se hizo en una sola aplicación aproximadamente 15 días después de la siembra, en el caso de maíz cuando la planta tenía por lo menos 4 hojas. En el caso del frijol, se fertilizó cuando la planta tenía la primera hoja trifoliada. El nitrógeno se fraccionó en dos partes, una a los 15 días después de la siembra y la segunda 30 días después de la siembra. Las aplicaciones se hicieron en banda manualmente según requerimientos de la unidad experimental.

El control de malezas se realizó manualmente. Se controló el cogollero en maíz cuando este llegó a niveles críticos, se aplicó Lufenuron (Match[®] 50 EC) a razón de 30 ml/ ha; se aplicó Lorsban 48 EC para el control de *Diabrotica spp* y *Empoasca kraemeri* en ambos cultivos con una dosis de un litro por hectárea.

Este ensayo se realizó en época seca por lo que se aplicó una lámina de riego de 25 mm con una frecuencia de 6-7 días. La cosecha se realizó manualmente en ambos cultivos cuando llegaron a madurez fisiológica.

Variables tomadas por cada cultivo

Variables Fenológicas:

Frijol

- Días a floración: Se consideraron los días a floración cuando el 50% de la población en hileras centrales de cada tratamiento mostró por lo menos una flor abierta.
- Días a madurez fisiológica: Se consideró esta variable cuando el 50% de las vainas cambió de color verde a crema en las hileras centrales de cada tratamiento.

- Altura de la planta: Una vez cosechadas las hileras centrales de cada tratamiento, se tomaron 20 plantas al azar para cada uno de estos y se midió su altura en centímetros desde el cuello de la planta hasta el último nudo.

Maíz

- Días a floración: se tomaron seis plantas al azar en hileras centrales para determinar los días a floración masculina y femenina cuando por lo menos el 50% de la población mostró la flor masculina y por lo menos una flor femenina.
- Días a madurez fisiológica: Se consideró madurez fisiológica cuando el 50% de las mazorcas en hileras centrales cambiaron de color completamente y el grano mostraba el punto de abscisión.
- Altura de la planta: Se tomaron seis plantas al azar en hileras centrales desde la base de la planta a la base de la espiga.
- Altura de la primera mazorca: se consideraron seis plantas al azar en hileras centrales y se midió su altura desde la base del tallo hasta debajo de la primera mazorca.

Rendimiento y sus componentes:

Frijol

- Rendimiento(kg /ha).
- Número de vainas por planta: En 20 plantas tomadas al azar después de la cosecha.
- Número de semillas por vaina: En 20 vainas tomadas al azar después de la cosecha.
- Peso de 100 semillas: se pesaron dos lotes de 100 semillas y se calculó un promedio.

Maíz

- Kilogramos /ha: Después del desgrane
- Número de mazorcas por planta: Se contó el numero total de plantas así como el numero de mazorcas para cada planta en hileras centrales .
- Peso promedio de la mazorca: El peso del total de mazorcas dividido entre el numero de mazorcas del tratamiento.
- Porcentaje de desgrane: Relación entre el rendimiento total de grano y el peso total de las mazorcas.
- Número de granos por kg: Determina el tamaño del grano, se tomo una muestra de un kg y se contó el numero de semillas presentes en este.

Análisis estadístico

Se realizó análisis estadístico para cada experimento (terrace) y posteriormente se realizó un análisis combinado entre coberturas, midiendo así el efecto de las interacciones entre cobertura, el sistema de labranza y el nivel de fertilización sobre cada variable. La herramienta empleada para el análisis estadístico de los datos fue el programa “Statistical Analysis System” (SAS[®] V8). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias utilizando SNK con un nivel de significancia de 10%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta los resultados de los análisis de suelos de cada terraza. Posteriormente se presentan los resultados del estudio separados por cultivo y por terraza (cobertura) y un análisis combinado entre cada especie utilizada.

Análisis de suelos

Con la caracterización de los suelos de las tres terrazas, se encontró gran variabilidad física dentro de la misma área, esta variabilidad se dio con mayor frecuencia en la textura de suelo, así como la estructura, porosidad, presencia de raíces y profundidad efectiva (anexo x). Los análisis químicos mostraron diferencias importantes en cuanto a la cantidad y disponibilidad de los elementos en cada una de las terrazas (cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis químico edafológico para tres terrazas con tres tipos de coberturas, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	pH	(%)		ppm (Extractable)			
		M.O	N total	P	K	Ca	Mg
Tobiatá (terrazza 6)	5.7	3.3	0.17	9	190	1490	190
Transvala (terrazza 7)	5.5	3.3	0.17	2	228	1210	130
Cultivos extensivos (terrazza 8)	5.6	2.8	0.14	23	270	1370	150

Materia orgánica

Las terrazas con tobiatá y transvala presentaron niveles de materia orgánica iguales, pero mas altos que la terraza con cultivos extensivos, esto se debió al constante laboreo del suelo en la terraza ocho, lo cual acelera la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, asimismo, la devolución de materia orgánica en esta terraza fue mínima y con poca frecuencia. En comparación con el año anterior a este ensayo, el porcentaje de materia orgánica se redujo en la terraza 8, se mantuvo constante en las terrazas seis y siete lo que indica que la deposición de biomasa por parte de las pasturas puede tener mayor efecto a mediano plazo manteniendo los niveles de materia orgánica siempre y cuando se de un buen manejo a los suelos.

Nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno total se mantuvo igual para las terrazas con tobiatá y transvala, en la terraza de cultivos extensivos el valor fue mas bajo, debido a la constante extracción por parte de los cultivos y al laboreo del suelo, ya que con esto aumentan las pérdidas de nitrógeno por lixiviación debido a la alta movilidad de este

elemento, además no existe una capa de residuos que sirva como barrera contra este fenómeno. Se encontró que los niveles de este elemento bajaron en las terrazas seis y ocho en comparación con el año anterior (2003). En la terraza siete se encontró el mismo nivel de nitrógeno, lo que indica que el pasto transvala tiene un mayor aporte de material orgánico y una mayor rizo deposición por ser una especie estolonífera.

Fósforo

Este elemento se encontró en concentraciones altas en las terrazas seis y ocho, sin embargo, las concentraciones de calcio también son altas lo que indica que el fósforo en estas áreas no está disponible completamente para las plantas por una posible fijación por parte del calcio. En la terraza siete, la concentración de este elemento es muy baja, lo que aumenta los requerimientos en este suelo. En comparación con el año 2003, estas concentraciones son más bajas en las tres terrazas, lo que da una visión del uso de estos elementos por parte de los cultivos.

Potasio

En la terraza seis este elemento se encuentra en concentraciones medias. En las terrazas siete y ocho se encuentran cantidades altas; tomando en cuenta las concentraciones de calcio y magnesio, no existe una disponibilidad completa de este elemento por lo que fue necesario hacer aplicaciones de mantenimiento, para suplir la demanda del cultivo.

pH

Las variaciones en pH entre las tres terrazas no fueron significativas ya que los rangos son similares. En comparación con el año 2003, este rango fue más alto en la terraza con cultivos extensivos, se debió posiblemente a la modificación del terreno por la labranza mínima y la aplicación de fertilizante en cantidades adecuadas la cual se dio según los requerimientos del cultivo.

Los resultados de las características físicas encontradas en cada terraza a través de la lectura de calicatas se encuentran en los anexos del uno al cuatro.

FRIJOL

TOBIATÁ (TERRAZA 6)

Datos fenológicos

El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($P < 0.10$) entre los días a floración y días a madurez fisiológica por efecto del sistema de labranza. También se encontraron diferencias significativas entre los días a madurez fisiológica como efecto del nivel de fertilización (Cuadro 4).

Efectos de labranza

Con sistema de labranza mínima hubo menos días a floración y madurez fisiológica. Las diferencias se deben aparentemente a una menor aireación del suelo con labranza mínima, lo que provoca mayor estrés en la planta, acelerando los procesos de reproducción (Cuadro 5).

Efectos de la fertilización

Los días a madurez fisiológica fueron afectados por el nivel de fertilización aplicado. Con una aplicación del 100% de los requerimientos, se obtuvo menor tiempo para llegar a madurez fisiológica que con niveles de 0 y 50% de fertilizante los cuales fueron estadísticamente iguales. Esto se debe probablemente a que la fertilidad del suelo fue básicamente la misma en las parcelas con ambos niveles de fertilización y con esto la planta tiene suficientes nutrientes para completar su ciclo biológico

Rendimiento y sus componentes

El análisis de estos datos detectó diferencias significativas entre los rendimientos por efecto de los sistemas de labranza solamente. En cuanto a los componentes de rendimiento, se detectaron diferencias estadísticas en el número de vainas por planta y semillas por vaina por efecto del sistema de labranza. La fertilización tuvo efecto solamente en el peso de 100 semillas. Se detectaron diferencias significativas por efecto de la interacción de labranza y fertilización sobre el número de semillas por vaina (Cuadro 6).

Efectos de labranza

Se obtuvieron mejores rendimientos y mayor número de vainas con labranza convencional ya que esta influyó directamente sobre la infiltración de agua y disponibilidad de nutrientes por la mayor cantidad de poros creados en el primer horizonte del suelo (Cuadro 7).

Semillas por vaina

El efecto del sistema de labranza convencional en combinación con el 100% de fertilización, presentó un mayor número de semillas por vaina debido a la mayor aireación y actividad biológica causada por el movimiento del suelo, lo que provoca mayor disponibilidad de fertilizante y mayor facilidad de absorción para la planta. En

labranza mínima, los niveles de 0 y 50% de fertilización presentaron medias iguales, esto indica que con la fertilidad natural del suelo es suficiente para alcanzar un número de granos igual que aplicando el 50% de la fertilización. Sin embargo, con el 100% de fertilización en este sistema se obtuvo una media más baja debido probablemente a los efectos ambientales o factores de suelo como estructura y compactación (Cuadro 8).

Efectos de la fertilización

Se encontró que con 100% de la fertilización el peso de los granos es mayor, debido probablemente a la presencia de los nutrientes necesarios en las etapas más críticas del cultivo lo que favoreció el llenado del grano. No se encontró diferencia significativa entre los niveles de 0 y 50% de fertilización debido posiblemente a que en esta terraza, existe una buena disponibilidad de nutrientes por efecto del tipo de cobertura, lo que indica aparentemente que el suelo aporta en este caso el equivalente al 50% de la fertilización; este peso adicional de las semillas ayudó a aumentar los rendimientos a pesar del menor número de granos por vaina con fertilización del 100 %.

Cuadro 4. Reacciones fenológicas de frijol en cobertura de Tobiatá, Zamorano, Honduras 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Df ^c	Dmf	Ap (cm)
Convencional	0	38	76	25
	50	41	74	28
	100	40	71	27
Mínima	0	38	75	23
	50	38	74	24
	100	37	72	26
L		**	**	
F			***	
C V %		1,71	1,85	14,6
R ²		0,45	0,94	0,43

ANDEVA Pr<F **≤0.05.

^cDf días a floración; Dmf días a madurez fisiológica; Ap altura de la planta.

Cuadro 5. Efecto de dos sistemas de labranza sobre los días a floración y días a madurez fisiológica después de la siembra de frijol en la cobertura de Tobiatá, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Días a floración	Días a madurez fisiológica
Convencional	40 a ^b	75 a ^b
Mínima	35 b	73 b

^bMedias con letras distintas no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

Cuadro 6. Rendimiento y componentes del cultivo de frijol (Cv TC-75) en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Vainas por planta	Semillas por vaina	Tamaño (g/100)
Convencional	0	4571	12	5,2	22,9
	50	5056	13	5,3	22,7
	100	5522	13	5,7	24,0
Mínima	0	2777	10	4,8	21,4
	50	2923	10	4,9	22,3
	100	4087	10	4,1	25
L		***	***	***	
F					**
L × F				***	
C.V%		30,5	23,5	11,7	7,9
R ²		0,57	0,55	0,62	0,57

ANDEVA Pr>F **≤0.05, ***≤0.01.

Cuadro 7. Efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento (kg/ha) de frijol en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Rendimiento	Vainas por planta
Convencional	5049 a ^β	13 a ^β
Mínima	3262 b	10 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.**Cuadro 8.** Semillas por vaina de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	5 a ^β	5 a
50	5 a	5 a
100	6 b	4 c

^βMedias con letras iguales en la misma columna no son distintas entre sí, prueba SNK α 0.1.**TRANSVALA (TERRAZA 7)****Datos fenológicos**

El análisis estadístico detectó diferencias significativas causadas por el sistema de labranza sobre la altura de la planta, así como efecto de la fertilización sobre los días a madurez fisiológica (Cuadro 9).

Efectos de la fertilización

Se encontró que al cumplir los requerimientos de fertilización a un 100% se acorta el tiempo a maduración debido a un adecuado suplemento de los nutrientes con lo que la

planta realiza sus procesos normales, contrario a niveles bajos de fertilizante o de cero fertilización en los que las plantas sufrieron estrés y alargaron su ciclo de vida. Se encontró que con 50% de fertilización, la altura de la planta es mayor lo que indica que este nivel es suficiente para el desarrollo de la planta en esta terraza. El efecto negativo del 100% al igual que cero fertilización, probablemente se debió a las características del suelo y cuanto estas le permiten a los elementos estar disponibles a la planta (Cuadro 10).

Rendimiento y sus componentes

Se encontraron diferencias significativas entre los rendimientos, semillas por vaina y peso de 100 semillas por efecto de los sistemas de labranza. A la vez, se observa el efecto de la fertilización sobre el rendimiento y el peso de 100 semillas (cuadro 11).

Efectos de labranza

El efecto del sistema de labranza convencional sobre los tres parámetros encontrados, fue mejor en comparación con labranza mínima, debido probablemente a las mejores condiciones de suelo proporcionadas a corto plazo por esta labranza que ayudaron a la absorción de nutrientes y agua por parte del cultivo (Cuadro 12).

Efectos de la fertilización

Igualmente se detectaron diferencias significativas en rendimiento y el peso de 100 semillas por efecto de los niveles de fertilización. Resultaron mejores rendimientos con el 100% de fertilización. De igual forma, se obtuvo mayor tamaño de semilla, esto debido a la adecuada nutrición del cultivo en sus estados críticos como llenado de grano. El aporte de cero y 50% de fertilizante tuvieron efectos estadísticamente similares, lo cual indica que la fertilidad natural de este suelo puede alcanzar los mismos rendimientos y tamaño de granos, que con una aplicación del 50% de lo recomendado en el análisis de suelos (Cuadro 13).

Cuadro 9. Reacciones fenológicas de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Df ^ε	Dmf	Ap (cm)
Convencional	0	39	74	23
	50	38	72	26
	100	38	70	25
Mínima	0	39	74	28
	50	38	72	31
	100	38	70	28
L ^λ				**
F			***	
C.V (%)		1,71	1,4	9,2
R ²		0,45	0,89	0,9

ANDEVA Pr<F **≤0.05, ***≤0.01

^εDf días a floración ; Dmf días a madurez fisiológica; Ap altura de la planta

^λL Labranza, F fertilización

Cuadro 10. Efecto del nivel de fertilización sobre los días a madurez fisiológica y la altura de la planta de frijol en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Dmf ^τ	Ap (cm)
0	74 a ^β	26 a
50	72 b	29 b
100	70 c	26 a

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

^τDmf días a madurez fisiológica; Ap altura de la planta

Cuadro 11. Rendimiento y componentes del cultivo de frijol con dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Vainas por planta	Semillas por vaina	Tamaño (g/100)
Convencional	0	5037	15	5,2	23,6
	50	5946	18	5,4	23,4
	100	6977	15	4,9	24,8
Mínima	0	3528	15	4,9	22,1
	50	3995	15	4,6	22,0
	100	4908	16	4,7	24,2
L ^λ		***		**	*
F		***			**
C.V%		17,4	13,9	8,7	7
R ²		0,81	0,62	0,57	0,61

ANDEVA Pr>F *≤0.1 **≤0.05, ***≤0.01

^λL Labranza, F fertilización

Cuadro 12. Efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento, el número de semillas por vaina y el tamaño del grano en el cultivo de frijol, en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	kg/ha	Semillas / vaina	Tamaño (g/100)
Convencional	5986 a ^β	5,2 a	23,9 a
Mínima	4144 b	4,7 b	22,7 b

^βMedias con letras distintas en la misma no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

Cuadro 13. Nivel de fertilización sobre rendimiento y el tamaño de grano de frijol en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	(kg/ha)	Tamaño (g/100)
0	4282 a ^β	22,8 a
50	4970 a	22,7 a
100	5442 b	24,5 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

CULTIVOS EXTENSIVOS (TERRAZA 8)

Datos fenológicos

Se detectaron diferencias significativas entre días a floración por efecto de los niveles de fertilización y entre los días a madurez fisiológica por efecto de la labranza y la fertilización (Cuadro 14).

Efecto de labranza

Se encontró evidencia científica del efecto de la labranza mínima la cual acortó los días a madurez fisiológica, probablemente debido a que las condiciones de suelo limitaron factores de absorción de nutrientes y agua, lo que ocasionó estrés en el desarrollo de las plantas induciéndolas a reaccionar de esta forma.

Efecto de la fertilización

Con un nivel de 50% de fertilización, se pueden obtener los mismos resultados que se obtienen aplicando el 100% de los requerimientos del cultivo. Con cero fertilización, las plantas se estresaron alargando su periodo biológico. Se encontró que aplicando el 100% de los requerimientos del cultivo de frijol, se obtuvieron menos días a madurez fisiológica que con la fertilidad propia del suelo, debido posiblemente a la extracción constante de nutrientes en este suelo por parte de los distintos cultivos y la poca devolución de materia orgánica que se ha hecho en esta terraza, sobre todo en los últimos años, ya que se ha dedicado exclusivamente a producción de forraje para ensilaje (Cuadro 15).

Rendimiento y sus componentes

Se encontraron únicamente diferencias significativas entre los rendimientos por efecto del sistema de labranza (Cuadro 16).

Efecto de labranza

El uso de labranza convencional favoreció el rendimiento de frijol debido a una mejor incorporación de la materia orgánica y una mayor descomposición aeróbica de la misma, lo que mejoró la disponibilidad de nutrientes y una menor relación C:N a corto plazo ocasionado por la poca presencia de residuos en el suelo (Cuadro 17).

Cuadro 14. Variables fenológicas del cultivo de frijol en la cobertura de cultivos Extensivos, Zamorano, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Df [†]	Dmf	Ap (cm)
Convencional	0	39	76	26
	50	36	74	29
	100	35	72	34
Mínima	0	37	72	25
	50	36	71	25
	100	35	70	26
L			***	
F		***	**	
CV%		2,91	2,84	24
R ²		0,62	0,63	0,71

ANDEVA Pr<F **≤0.05, ***≤0.01.

[†]Df días a floración, Dmf días a madurez fisiológica, Ap altura de la planta.**Cuadro 15.** Efecto de tres niveles de fertilización sobre días a floración de frijol en la cobertura de Cultivos Extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Df [†]	Dmf
0	38 a ^β	74 a ^β
50	36 b	72 a b
100	35 b	71 b

^β Medias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1[†]Df días a floración, Dmf días a madurez fisiológica;**Cuadro 16.** Efecto de dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en frijol en la cobertura de Cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)
Convencional	0	3440	10	5,1	23,9
	50	5494	12	4,9	24,9
	100	5487	13	4,8	24,8
Mínima	0	2152	9	4,5	22,4
	50	1874	8	4,1	23,9
	100	2436	10	4,7	24,6
L		**			
C.V%		59,6	36,3	16,9	24,1
R ²		0,71	0,64	0,74	0,6

ANDEVA P<F **≤0.05.

Cuadro 17. Rendimiento del cultivo de frijol con dos sistemas de labranza en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	kg/ha
Convencional	4807 a ^b
Mínima	2154 b

^bMedias con letras distintas no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

ANÁLISIS COMBINADO ENTRE COBERTURAS

Datos fenológicos

Se detectaron diferencias entre los días a floración y madurez fisiológica por efecto del sistema de labranza y nivel de fertilización, adicional a esto, se encontró que la altura de la planta fue afectada por el sistema de labranza. Los días a floración y madurez fisiológica respondieron a la interacción cobertura por labranza. La interacción cobertura por fertilización únicamente tuvo efecto sobre los días a floración (Cuadro 18).

Efecto de la labranza

Se encontró la mayor altura de planta en sistema de labranza convencional por las mejores condiciones de suelo que esta presentó, favoreciendo así el desarrollo y en especial la altura de la planta de frijol.

Efecto de la fertilización

Se encontró el efecto positivo del 100% de la fertilización sobre los días a madurez fisiológica. Con 100% de los requerimientos, los días a madurez fisiológica se acortan. Con 50% y 0% de fertilización, se obtuvieron resultados totalmente diferentes, tanto entre ellos mismos como con el 100%, por lo tanto el mejor nivel de fertilización fue el 100% de los requerimientos del cultivo. Esta variación de debió probablemente a la diferencia en la fertilidad del suelo entre cada terraza.

Efecto de la interacción entre labranza y tipo de cobertura

Se encontró diferencias significativas provocadas por la interacción de sistemas de labranza con tipo de cobertura sobre días a floración. Se encontró que la mejor combinación fue labranza convencional y labranza mínima en la cobertura de cultivos extensivos (Cuadro 20), debido a la rotación que esta terraza ha tenido con abono verde, cuyo aporte ha mejorado la características físicas y químicas del suelo, además de presentar una textura mas favorable al cultivo en comparación con las otras terrazas (anexos).

Efecto de la interacción labranza con nivel de fertilización

Sobre los días a floración no se encontró diferencia estadística entre los niveles de 50% y 100% en ambos sistemas de labranza, esto implica que no es necesaria una aplicación de 100% de fertilizante en estas terrazas, ya que el 50% cubre las

necesidades nutrimentales del cultivo, debido probablemente a las diferencias en textura de estos suelos, en las que algunos elementos están a mayor disponibilidad para las plantas (Cuadro 21).

Para los días a madurez fisiológica por efecto del tipo de cobertura y los sistemas de labranza, la mejor combinación fue labranza mínima con cobertura de cultivos extensivos. En la cobertura de transvala, la labranza convencional y la mínima no mostraron diferencias para esta variable debido probablemente al manejo uniforme que se le ha dado a este terreno. Se encontraron diferencias entre las coberturas Tobiata y Transvala, las que presentaron mayor número de días a madurez fisiológica del frijol en comparación con la cobertura de cultivos extensivos debido probablemente a que en la terraza 8 hubo mayor estrés debido a las características físicas de este suelo (Cuadro 22).

Efecto de la cobertura

La cobertura que presentó mejores rendimientos y mayor número de vainas por planta fue la de Transvala, debido a la alta deposición de materia orgánica por parte de este pasto, lo que aumentó la fertilidad propia del suelo, además, por ser una especie estolonífera, contribuyó a la porosidad de suelo, mejorando la conductividad eléctrica, absorción de nutrientes y agua, por otro lado, ayudó a la reducción de pérdidas de nitrógeno (cuadro 23).

Efecto de labranza

Se encontró evidencia estadística del efecto positivo de la labranza convencional en el rendimiento. De igual manera se encontraron diferencias significativas en el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina. El cultivo respondió mejor a labranza convencional, debido a las condiciones de suelo que esta ofrece favoreciendo así la nutrición y requerimientos hídricos. Debido a la mayor aireación que genera el mullido en el primer horizonte de suelo, donde se desarrolla la mayor parte de los pelos absorbentes de las raíces lo que genera una mejor nutrición de la planta, mejor intercambio de gases y agua (Cuadro 24).

Efecto de la fertilización

Los mejores rendimientos y tamaño de grano se obtuvieron con niveles de 50% y 100% de los que la media más alta se obtuvo con 50% en el caso del rendimiento, lo que significa que significa que el aporte de los suelos fue suficiente y no fue necesario aplicar en 100%, sin embargo, el mayor tamaño de grano se obtuvo con 100%. Esto se debe, probablemente, a la variabilidad en la textura y estructura de los suelos, así como a la diferencia en el aporte por tipo de cobertura (Cuadro 25).

Cuadro 18. Respuesta de las variables fenológicas del cultivo de frijol a tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	Fertilización (%)	Df [†]	Dmf	Ap (cm)
Tobiatá	Convencional	0	45	76	25
		50	48	74	28
		100	47	72	27
	Mínima	0	45	75	23
		50	45	74	24
		100	44	72	26
Transvala	Convencional	0	46	74	28
		50	45	72	31
		100	45	70	28
	Mínima	0	46	74	24
		50	45	72	26
		100	45	70	25
Cultivos Extensivos	Convencional	0	46	75	26
		50	42	74	30
		100	42	71	34
	Mínima	0	44	72	25
		50	43	71	25
		100	42	70	26
C ^λ					
L					***
F				***	
C × L			**	**	
L × F			***		
C. V%			2,7	2,6	17,8
R ²			0,7	0,67	0,34

ANDEVA Pr<F *≤0.1 **≤0.05, ***≤0.01.

[†]Df días a floración ; Dmf días a madurez fisiológica; Ap altura de la planta.

^λC cobertura, L Labranza, F Fertilización.

Cuadro 19. Días a floración de frijol con dos sistemas de labranza y tres tipos de cobertura, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	
	Convencional	Mínima
Tobiatá	40 a ^β	38 b
Transvala	38 b	38 b
Cultivos Extensivos	35 c	35 c

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 20. Interacción de tres niveles de fertilización con dos sistemas de labranza en días a floración del cultivo de frijol, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	38 a ^b	38 a
50	37 b	37 b
100	37 b	37 b

^bMedias con letras distintas en la misma fila no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 21. Interacción de sistema de labranza con tipo de cobertura sobre los días a madurez fisiológica del frijol, Zamorano; Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	
	Convencional	Mínima
Tobiatá	73 a ^b	73 a
Transvala	71 b	71 b
C. Extensivos	73 a	70 c

^bMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 22. Rendimiento del cultivo de frijol en tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	Fertilización (%)	(kg/ha)	Vainas/p lanta	Semillas/v aina	Peso de 100 semillas (g)
Tobiatá	Convencional	0	4570	12	5,2	22,8
		50	5055	13	5,2	22,7
		100	5522	13	5,7	23,8
	Mínima	0	2777	10	4,8	21,4
		50	2923	10	4,8	22,3
		100	4087	10	4,1	25,2
Transvala	Convencional	0	5057	15	5,2	23,6
		50	5946	18	5,4	23,4
		100	6977	15	4,9	24,8
	Mínima	0	3528	15	4,8	22,1
		50	3995	15	4,6	22,0
		100	4908	16	4,7	24,2
Cultivos Extensivos	Convencional	0	3440	10	5,1	23,9
		50	5494	12	4,8	24,9
		100	5487	13	4,8	24,8
	Mínima	0	2152	9	4,5	22,4
		50	1874	8	4,1	23,9
		100	2436	10	4,4	24,6
C ^λ			***	***		
L			***	***	***	
F			***			***
C. V %			30,6	23,4	13,56	8,62
R ²			0,58	0,58	0,64	0,36

ANDEVA P>F *** \leq 0.01.

^λC Cobertura, L Labranza, F Fertilización.

Cuadro 23. Efecto de tres tipos de cobertura sobre el rendimiento y el número de vainas por planta del frijol, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	kg/ha	Vainas por planta
Tobiatá	4156 a ^β	11 a ^β
Transvala	5065 b	16 b
Cultivos extensivos	3481 c	10 c

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

Cuadro 24. Efecto de dos sistemas de labranza sobre el rendimiento, vainas por planta y semillas por vaina del cultivo de frijol, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	kg/ha	Vainas por planta	Semillas por vaina
Convencional	5281 a ^β	14 a ^β	5.1 a ^β
Mínima	3187 b	12 b	4.6 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

Cuadro 25. Rendimiento del cultivo de frijol con tres niveles de fertilización en interacción con tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza.

Fertilización (%)	kg/ha	Tamaño (g /100)
0	3584 a ^β	22.7 a ^β
50	4215 b	23.2 b
100	4093 b	24.6 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

MAÍZ

TERRAZA 6 (TOBIATÁ)

Datos fenológicos

Se detectaron diferencias significativas entre los días a floración masculina por efecto de la labranza y el nivel de fertilización. Los días a floración femenina también presentaron diferencias por efecto del nivel de fertilización. Se encontraron diferencias entre los días a madurez fisiológica como efecto de la interacción entre sistema de labranza y nivel de fertilización. La altura de la primera mazorca se vio afectada solamente por el sistema de labranza (Cuadro 26).

Efecto de labranza

El menor tiempo a floración masculina se obtuvo con labranza convencional, debido a las mejores condiciones de suelo que esta ofrece, esto favoreció la velocidad de desarrollo del cultivo y acortó su ciclo. La altura de la primera mazorca fue mayor con labranza convencional debido a un mejor desarrollo del sistema radicular por el volteo del suelo, lo que favoreció el desarrollo del cultivo en esta terraza, así mismo, facilitó el aprovechamiento de la materia orgánica aportada por este tipo de cobertura (pasto Tobiata) (Cuadro 27).

Efecto de la fertilización

Igualmente se encontraron diferencias significativas en los días a floración masculina y femenina por efecto de los niveles de fertilización. Se obtuvo un menor número de días a floración con el 100% de fertilización, ya que el desarrollo del cultivo se dio más rápido al suplir todos los requerimientos, por lo tanto se acortó su ciclo biológico (Cuadro 28).

Efecto de la interacción entre nivel de fertilización y sistema de labranza / Días a madurez fisiológica

El mayor tiempo a madurez se encontró en la labranza convencional con cero fertilización, debido probablemente a un estrés provocado por la falta de nutrientes, con esto, se limitó el desarrollo de la planta y por lo tanto se alargó su ciclo biológico. Con los niveles de 50 y 100% de fertilización no se encontraron diferencias entre días a madurez en los dos tipos de labranza, esto indica que con 50% de fertilización es suficiente para obtener un ciclo normal del cultivo (Cuadro 29).

Rendimiento y sus componentes

No se encontraron diferencias significativas entre las variables de rendimiento, probablemente debido a un estrés hídrico y a la variabilidad física y química del suelo (anexos 1 y 2) esto hace que los datos tengan una mayor dispersión por lo que el coeficiente de variación fue alto (Cuadro 30).

Cuadro 26. Reacciones fenológicas del cultivo de maíz (Cv Guayape) en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Dfm	Dff	Dmf	Ap (m)	Apm (m)
Convencional	0	68	72	121	1,9	1,0
	50	67	71	115	2,0	1,1
	100	66	69	113	1,9	1,1
Mínima	0	70	73	117	1,3	0,9
	50	68	71	112	1,8	0,9
	100	67	69	114	1,9	1,0
L		**		**		*
F		***	***	***		
L × F				**		
C.V ⁰ %		1,8	1,6	2,3	22,8	11,5
R ²		0,79	0,82	0,67	0,3	0,38

ANDEVA Pr<F **≤0.1 ***≤0.05, ****≤0.01

^aDfm días a floración masculina, Dff días a floración femenina, Dmf días a madurez fisiológica, Ap altura de la planta; Apm Altura de la primera mazorca.**Cuadro 27.** Efecto de los sistemas de labranza sobre los días a floración masculina y la altura de la primera mazorca (m) en el cultivo de maíz en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Días a floración masculina	Altura de la primera mazorca
Convencional	67 a ^β	1,1 a ^β
Mínima	69 b	0,9 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1^aDfm Días a floración masculina Apm altura de la primera mazorca.**Cuadro 28.** Días a floración masculina del maíz por efecto de los niveles de fertilización en la cobertura Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Días a floración masculina	Días a floración femenina
0	69 a ^β	73 a ^β
50	68 b	71 b
100	67 b	69 c

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1**Cuadro 29.** Días a madurez fisiológica del maíz por efecto del sistema de labranza en combinación con el nivel de fertilización en la cobertura Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	121 a ^β	115 b
50	115 b	113 b
100	114 b	113 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 30. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de Tobiata, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Peso de mazorca(g)	Mazorcas/planta	Desgrane %	Tamaño Granos/ kg.
Convencional	0	4793	100	0,7	70	3919
	50	4779	106	0,6	72	3382
	100	5278	117	0,6	77	3818
Mínima	0	5286	81	0,5	71	3803
	50	3790	104	0,6	71	3762
	100	4205	128	0,6	66	3540
C.V%		42,7	24,8	25,6	13,5	20,3
R ²		0,13	0,18	0,21	0,23	0,11

TERRAZA 7 (TRANSVALA)**Datos fenológicos**

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre los días a floración femenina por efecto de los niveles de fertilización. Los días a madurez fisiológica fueron afectados por la interacción entre sistema de labranza y nivel de fertilización. Se encontraron diferencias en la altura de la planta y la altura de la primera mazorca por efecto de la labranza y nivel de fertilización (Cuadro 31).

Efecto de labranza

La mayor altura se obtuvo con labranza convencional en comparación con labranza mínima, debido probablemente a que en este sistema, no hay inversión del suelo, por lo tanto hay una limitante para el desarrollo completo de las raíces, esto limita también la absorción nutrimental y por tanto el crecimiento del cultivo (Cuadro 32).

Efecto de la fertilización

Se encontró mayor número de días a floración con cero fertilización. Con 50 y 100% de fertilizante no se encontraron diferencias significativas entre días a floración lo que indica que con 50% de fertilización se pudo obtener el mismo periodo desde germinación hasta floración femenina. De igual forma, se encontraron diferencias en la altura de la planta. con 50 y 100% de fertilización, se obtuvo una mayor altura debido a la mayor disponibilidad de nutrientes en la etapa de elongación del tallo. Con niveles de cero fertilización la altura de la planta fue menor (Cuadro 33).

Días a madurez fisiológica

Se encontraron diferencias significativas entre los días a madurez fisiológica en las interacciones de labranza y fertilización, lo que significa que con una dosis de 50% de fertilizante se obtuvo el mismo periodo en el ciclo biológico del cultivo. No se presentaron diferencias entre días a madurez en las interacciones entre labranza mínima y convencional con cero fertilización, debido probablemente a la falta de nutrientes esenciales para el metabolismo y desarrollo del cultivo (Cuadro 34).

Rendimiento y sus componentes

El análisis estadístico reveló diferencias significativas únicamente entre el número de granos por kilogramo por efecto la interacción entre el nivel de fertilización y el sistema de labranza. No se encontraron diferencias en las demás variables (Cuadro 35), debido, probablemente, a la condiciones de suelo que ofrece este tipo de cobertura, además de presentar una textura y estructura de suelo casi uniforme en el área (anexos 2 y 3), sin embargo, la fertilidad natural de este es muy variable (cuadro 3).

Número de granos por kilogramo

En labranza convencional se encontró que con niveles de cero y 50% se obtuvieron los mismos resultados, lo que indica que la fertilidad del suelo, es suficiente para obtener un buen tamaño de grano comparable con 50% de fertilización y por los efectos de este sistema, la absorción de los nutrientes es mejor. Con niveles de 100% se redujo el número de granos por kg, lo que indica que con los niveles de nutrientes aportados al suelo como fertilizante, llenaron los requerimientos del cultivo en la etapa de llenado de grano, lo que aumento el tamaño del mismo (Cuadro 36).

Cuadro 31. Variables fenológicas del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Dfm [†]	Dff	Dmf	Ap (m)	Apm (m)
Convencional	0	59	65	126	1,7	0,9
	50	57	59	119	1,9	1,0
	100	59	61	113	1,8	1,0
Mínima	0	61	65	125	1,5	0,7
	50	58	64	114	1,7	0,9
	100	58	61	114	1,8	0,9
L					***	***
F			**		**	***
L × F				***		
C.V%		3,4	3,4	0,91	6,9	7,5
R ²		0,47	0,6	0,97	0,81	0,81

ANDEVA Pr<F **≤0.05, ***≤0.01.

[†] Dfm días a floración masculina, Dff días a floración femenina, Dmf días a madurez fisiológica, Ap altura de la planta; Apm Altura de la primera mazorca.

Cuadro 32. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la altura de la planta (m) y la altura de la primera mazorca (m) de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Altura de la planta	Altura de la primera mazorca
Convencional	1,8 a ^β	1,2 a ^β
Mínima	1,6 b	0,8 b

^β Medias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1.

Cuadro 33. Reacciones fenológicas del maíz por efecto de tres niveles de fertilización en la terraza siete (Transvala), Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Días a floración femenina [†]	m	
		Altura de la planta	Altura de la primera mazorca
0	72 a ^β	1,6 a ^β	0,8 a ^β
50	69 b	1,8 b	1,0 b
100	68 b	1,8 b	1,1 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 34. Efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización sobre los días a madurez fisiológica del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	126 a ^β	125 a
50	114 b	114 b
100	113 b	114 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 35. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Peso de mazorca(g)	Mazorcas/planta	Desgrane %	Granos/ kg
Convencional	0	3149	85	0,6	66	3858
	50	4040	121	0,5	70	3593
	100	2598	105	0,4	66	2836
Mínima	0	2224	84	0,5	64	2593
	50	4481	100	0,6	76	3343
	100	4771	99	0,6	73	3505
L ^λ						**
F						**
L × F						**
C V %		52,8	24,8	29,2	11,1	20
R ²		0,31	0,31	0,32	0,33	0,51

ANDEVA Pr<F **≤0.05

^λL labranza, F fertilización.

Cuadro 36. Número de granos por kilogramo de maíz por efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización en la cobertura de Transvala, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	3858 a ^β	3320 a
50	3593 a	3343 a
100	2836 b	3505 a

^βMedias con letras distintas en la misma columna, no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

TERRAZA 8 (CULTIVOS EXTENSIVOS)

Datos fenológicos

Se encontraron diferencias significativas entre días a floración masculina y femenina causadas por los niveles de fertilización. La interacción entre sistema de labranza y fertilización tuvo efectos significativos sobre los días a madurez fisiológica. La fertilización y el sistema de labranza tuvieron efectos significativos sobre la altura de la planta y la altura de la primera mazorca (Cuadro 37).

Efectos de labranza

La mayor altura de plantas y de la primera mazorca se obtuvo en el sistema de labranza convencional debido probablemente a las condiciones de suelo que ofrece este sistema de labranza lo que permite una mejor disponibilidad de elementos necesarios para el desarrollo de la planta (Cuadro 38).

Efectos de la fertilización

Con cero fertilización se alargó el periodo de floración. Con los niveles de 50 y 100% no se encontraron diferencias significativas entre si lo que indica que el 50% de fertilización fue suficiente para acortar el ciclo del cultivo, debido a posiblemente a que esta terraza no tiene suficiente fertilidad natural para suplir los requerimientos del cultivo, la altura de las plantas fue mayor con 50 y 100% de fertilización lo cual fue aprovechado por las plantas para su desarrollo (Cuadro 39).

Efecto de las interacciones / Días a madurez fisiológica

Se encontraron diferencias significativas entre los días a madurez por la interacción entre labranza y fertilización, presentando mayor tiempo en labranza mínima y cero fertilización, debido probablemente a las limitaciones en cuanto a absorción de nutrientes por parte de este tipo de labranza sumado al limitado aporte de nutrientes a través de la fertilización. con niveles de 50 y 100% no se encontraron diferencias en este sistema de labranza. En labranza convencional no se encontraron diferencias significativas, esto indica que con las condiciones de suelo que esta labranza ofrece al suelo, los nutrientes tienen mayor disponibilidad, por lo que con cero fertilización se obtuvo el mismo tiempo a maduración que con 50 y 100% de la fertilización (Cuadro 40).

Rendimiento y sus componentes

El análisis detectó diferencias significativas entre el número de semillas por kilogramo por efecto de la labranza solamente (Cuadro 41).

Efectos de labranza

Con labranza convencional se obtuvieron menos granos por kilogramo, es decir el tamaño de estos fue mayor, debido probablemente a una mayor absorción de nutrientes y agua en labranza convencional por la mayor porosidad que esta genera

Cuadro 37. Variables fenológicas del cultivo de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	Dfm ^τ	Dff	Dmf	Ap (m)	Apm (m)
Convencional	0	68	71	114	1,5	0,5
	50	65	67	113	1,9	0,9
	100	64	66	113	2,1	0,7
Mínima	0	69	72	119	1,7	0,5
	50	66	69	116	1,6	0,9
	100	65	67	112	1,5	0,7
L ^λ					***	***
F		**	***		***	***
L × F				**		
C.V%		3,7	3,8	1,4	12,4	14,6
R ²		0,57	0,62	0,79	0,75	0,8

ANDEVA Pr<F **≤0.05, ***≤0.01.

^τDfm días a floración masculina, Dff días a floración femenina, Dmf días a madurez fisiológica.^λL labranza, F fertilización.**Cuadro 38.** Efecto del sistema de labranza sobre la altura de la planta (m) y la altura de la primera mazorca de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Altura de la planta ^τ	Altura de la primera mazorca
Convencional	1,8 a ^β	0,96 a ^β
Mínima	1,5 b	0,74 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1**Cuadro 39.** Efecto de tres niveles de fertilización sobre variables fenológicas del maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Dfm ^τ	Dff	Ap (m)	Apm (m)
0	68 a ^β	72 a	1.6 a	0,6 a
50	65 b	68 b	1.8 b	0,9 b
100	64 b	66 b	1.8 b	1,0 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1^τDfm Días a floración masculina; Dff Días a floración femenina; Apm Altura de la primera mazorca.**Cuadro 40.** Días a madurez fisiológica del cultivo de maíz por efecto de la combinación entre tres niveles de fertilización y dos sistemas de labranza en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)		
	0	50	100
Convencional	114 a ^β	113 a	113 a
Mínima	119 b	117 c	117 c

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1**Cuadro 41.** Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz en la cobertura de cultivos extensivos, Zamorano, Honduras, 2004.

Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Mazorcas/planta	Peso de mazorca(g)	Desgrane %	Granos/kg
Convencional	0	2511	0,5	86	58	3437
	50	5493	0,8	92	63	3901
	100	4766	0,7	109	73	3334
Mínima	0	5877	0,7	98	73	3579
	50	5461	0,5	156	65	4421
	100	4612	0,7	91	70	3595
L ^λ						**
C.V%		54,4	28,3	55	18,9	27,8
R ²		0,36	0,5	0,26	0,29	0,57

ANDEVA Pr<F *≤0.1, ***≤0.01. ^λL Labranza.

ANÁLISIS COMBINADO (ENTRE COBERTURAS)

Datos fenológicos / Efecto de la cobertura

En las terrazas siete y ocho no se encontraron diferencias entre los días a floración masculina y femenina. Tampoco se encontraron diferencias entre los valores de altura de la primera mazorca, debido probablemente a que estas dos terrazas presentaron mejores condiciones de suelo en comparación con la terraza seis, lo que ayudo a una mejor disponibilidad de nutrientes y otros elementos esenciales (Cuadro 43).

Efecto de la interacción entre nivel de fertilización y sistema de labranza

De la misma forma, se encontraron diferencias significativas entre los días a madurez fisiológica por efecto de la interacción entre niveles de fertilización y sistemas de labranza. las interacciones que presentaron menor ciclo fueron labranza convencional y mínima con 100% de fertilización en comparación con cero y 50% de fertilización (Cuadro 44).

Las combinaciones que presentaron mas días a madurez fueron la cobertura de tobiatá con 100% de fertilización, debido probablemente que este nivel aumento la etapa vegetativa, alargando los días de desarrollo y elongación de la planta. El efecto de la combinación entre Transvala y cero fertilización, se debió probablemente a que la fertilidad natural del suelo no fue suficiente para este cultivo en esta terraza, lo que atrasó los procesos biológicos de la plantación y por tanto su ciclo. En la terraza 6 con un 100% se obtuvieron los mismos resultados, debido probablemente a la textura de este suelo (anexo1), lo que dificulto la absorción de nutrientes o limitó la infiltración de agua (Cuadro 45).

Altura de la planta

La mayor altura de planta se obtuvo en la cobertura de Tobiatá en combinación con 50 y 100% de fertilización. lo que indica que con esta cobertura fue necesario una aplicación de por lo menos 50% de fertilizante, se debió probablemente a que el suelo presenta variabilidad en su textura y un pH bajo, lo que vuelve poco disponibles algunos elementos. En la cobertura Transvala no se encontró diferencia significativa

con cero y 100% de la fertilización, debido probablemente al tipo de suelo existente (anexo 4), este permite la pérdida de nutrientes por lixiviación. En la terraza con cultivos extensivos, la altura de las plantas fue igual con los tres niveles de fertilidad, es decir, que para alcanzar una altura normal de la planta en esta terraza no fue necesaria la fertilización (Cuadro 46).

Rendimiento y sus componentes / Efecto de la cobertura

Rendimiento

Se encontraron mejores rendimientos en las terrazas con tobiatá y cultivos extensivos debido probablemente a que en la terraza seis hay un mayor porcentaje de materia orgánica aportada por el pasto tobiatá, lo que ayudo a mejorar los rendimientos. La terraza con cultivos extensivos debió sus altos rendimientos (Cuadro 48) probablemente al hecho de haber sido constantemente laborada, esto le da una mayor aireación en el primer horizonte de suelo mejorando las condiciones de suelo a corto plazo y manejada en barbecho con frijol de abono, además de los altos niveles de fósforo y potasio presentes en el suelo, estos fueron mayores que en las terrazas seis y siete (cuadro 1). En la cobertura de transvala sus bajos rendimientos se debieron posiblemente a un estrés de hídrico del cultivo debido a la textura del suelo ya que esta permite la percolación del agua en menor tiempo.

Efecto de la interacción entre tipo de cobertura y sistema de labranza

Porcentaje de desgrane

El mayor porcentaje de desgrane se obtuvo en la terraza tobiatá en interacción con labranza convencional debido probablemente a un mayor aporte de materia orgánica y nutrientes por parte de este pasto al cultivo, aumentando así el rendimiento del grano y la reducción del tamaño del raquis u olote (Cuadro 49).

Número de granos por kilogramo

El análisis detectó diferencias significativas entre el tamaño de los granos de maíz por efecto de la interacción entre labranza y la cobertura. En las terrazas 7 y 8, las diferencias se dan por efecto de los sistemas de labranza en el que la labranza convencional produjo granos mas grandes, lo que indica que las condiciones ofrecidas por esta mejoraron la absorción de nutrientes aportados por los residuos y por los fertilizantes (Cuadro 50).

Mazorcas por planta

En la terraza siete se encontraron los mejores resultados con labranza mínima combinado con 50 y 100% de fertilización debido probablemente a una mayor cantidad de residuos presentes en esta labranza, lo que le permite al suelo tener una mayor disponibilidad de materia orgánica y menores pérdidas de fertilizante por lixiviación. En la terraza con cultivos extensivos, se obtuvieron mejores resultados con labranza convencional y 50% de fertilización y con labranza mínima y 50 y 100 % de fertilización (Cuadro 51).

Cuadro 42. Efecto de tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización sobre las variables fenológicas del cultivo de maíz, (Cv Guayape), Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	Fertilización (%)	Dfm ^τ	Dff	Dmf	Ap (m)	Apm (m)
Tobiatá	Convencional	0	68	72	121	1,9	1,0
		50	67	71	115	1,9	1,1
		100	66	69	114	1,9	1,1
	Mínima	0	70	74	117	1,3	0,9
		50	68	72	113	1,8	1,0
		100	67	69	114	2,0	1,0
Transvala	Convencional	0	66	71	127	1,7	0,9
		50	64	68	119	1,9	1,0
		100	66	68	113	4,8	0,9
	Mínima	0	67	72	125	1,5	0,7
		50	65	71	114	1,7	0,9
		100	65	67	114	1,8	1,0
Cultivos Extensivos	Convencional	0	68	71	114	1,5	0,8
		50	65	67	113	1,9	1,0
		100	64	66	112	2,0	1,0
	Mínima	0	69	72	119	1,3	0,5
		50	66	69	116	1,7	0,9
		100	65	67	113	1,5	0,7
C ^λ			***	***			***
L			*			***	***
F			***	***		***	***
C × F					***	***	
L × F					***		
C. V%			3,7	3,5	1,9	17,1	15,1
R ²			0,4	0,53	0,83	0,43	0,59

ANDEVA Pr<F *≤0.1 **≤0.05, ***≤0.01

^τDfm días a floración masculina, Dff días a floración femenina, Dmf días a madurez fisiológica. Ap altura de la planta, Apm altura de la primera mazorca. ^λC Cobertura, L Labranza, F Fertilización

Cuadro 43. Efecto de tres tipos de coberturas sobre las variables fenológicas del cultivo de maíz, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Días a floración masculina	Días a floración femenina	Altura de la primera mazorca (m)
Tobiatá	68 a ^β	71 a	1,0 a
Transvala	66 b	70 b	0,9 b
C. extensivos	66 b	69 b	0,8 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 44. Días a madurez fisiológica del maíz por efecto de la interacción entre labranza y fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Labranza	
	Convencional	Mínima
0	120 a ^β	120 a
50	115 b	114 b
100	113 c	113 c

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 45. Días a madurez fisiológica del maíz por efecto de la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Cobertura		
	Tobiatá	Transvala	Cultivos extensivos
0	119 c ^β	126 a	116 bc
50	114 b	116 bc	115 b
100	125 a	113 b	113 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 46. Altura de la planta de maíz por efecto de tres tipos de cobertura y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilización (%)	Cobertura		
	Tobiatá	Transvala	Cultivos extensivos
0	1,6 a ^β	1,6 a	1,8
50	1,9 b	1,8 b	1,8
100	1,9 b	1,4 a	1,8

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 47. Rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz bajo tres tipos de cobertura, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	Fertilización (%)	kg/ha	Mazorca/planta	Peso de mazorcas	Desgrane %	Granos/kg
Tobiatá	Convencional	0	4793	0,7	100	69	3919
		50	4479	0,6	106	72	3382
		100	5278	0,6	117	77	3818
	Mínima	0	5286	0,7	108	71	3803
		50	3790	0,6	104	71	3762
		100	4989	0,6	128	66	3540
Transvala	Convencional	0	3146	0,6	85	66	3857
		50	4040	0,5	121	70	3593
		100	2598	0,4	105	66	2836
	Mínima	0	2224	0,5	84	64	2593
		50	4481	0,6	100	76	3343
		100	4771	0,6	99	72	3505
Cultivos Extensivos	Convencional	0	2511	0,5	86	58	2444
		50	5493	0,8	92	63	2901
		100	4766	0,7	109	73	3334
	Mínima	0	3876	0,7	98	73	3579
		50	5461	0,5	156	65	4421
		100	4612	0,7	91	69	3595
C ^λ			*	**			
C × L					**	**	
C × L × F				*			
C. V %			0,3	0,37	0,24	0,4	0,3
R ²			49	27,6	36	22	14,3

ANDEVA Pr<F *≤0.1 **≤0.05, ***≤0.01

^λ C Cobertura, L Labranza, F Fertilización.

Cuadro 48. Rendimiento del cultivo de maíz por efecto de tres tipos de cobertura, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	kg/ha
Tobiatá	4769 a ^β
Transvala	3543 b
Cultivos extensivos	4787 a

^β Medias con letras distintas no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 49. Efecto de la interacción de tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza sobre el porcentaje de desgrane del cultivo de maíz, Zamorano, Honduras, 2004.

Cobertura	Labranza	
	Convencional	Mínima
Tobiatá	73 a ^β	69 b
Transvala	68 b	70 b
C. extensivos	65 c	69 b

^β Medias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 50. Número de granos por kg de maíz por efecto de tres tipos de cobertura y dos sistemas de labranza.

Labranza	Cobertura		
	Tobiatá	Transvala	C. extensivos
Convencional	3706 a ^β	2427 a	2893 a
Mínima	3701 a	3147 b	3865 b

^βMedias con letras distintas en la misma columna no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

Cuadro 51. Efecto de tres tipos de cobertura dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización sobre el número de mazorcas por planta en el cultivo de maíz, Zamorano, Honduras. 2004.

Cobertura	Labranza	Fertilización (%)	Mazorca/ planta
Tobiatá	Convencional	0	0,7 a ^β
		50	0,6 a
		100	0,6 a
	Mínima	0	0,7 a
		50	0,6 a
		100	0,6 a
Transvala	Convencional	0	0,5 b
		50	0,5 b
		100	0,4 b
	Mínima	0	0,5 b
		50	0,6 a
		100	0,6 a
Cultivos Extensivos	Convencional	0	0,5 b
		50	0,8 c
		100	0,7 a
	Mínima	0	0,5 b
		50	0,5 b
		100	0,7 a

^βMedias con letras distintas no son iguales entre sí, prueba SNK α 0.1

CONCLUSIONES

El sistema de labranza mínima, cambia la estructura del suelo en forma gradual, es decir, no mejora a corto plazo las características físicas del suelo y no acelera la evolución del mismo, en comparación con labranza convencional.

Los mayores rendimientos de frijol se encontraron en la cobertura de pasto transvala en contraste con el cultivo de maíz, cuyos rendimientos mas altos se dieron en las coberturas Tobiata y cultivos extensivos. Esta variación se debió probablemente a que la materia orgánica aportada por el pasto Transvala se descompone mas fácilmente, debido posiblemente a una relación C:N mas baja que Tobiata . En el caso del maíz, los altos rendimientos se debieron probablemente a la alta presencia de materia orgánica en el suelo por parte del pasto Tobiata, por lo que la persistencia de los elementos aportados en el suelo, fue por mayor tiempo y aprovechado en el segundo año de estudio; además, las texturas de los suelos en esta terraza son mas o menos uniformes lo que permitió reducir la variabilidad de los resultados.

Los rendimientos en la cobertura de cultivos extensivos se debieron probablemente a la mayor concentración de fósforo y potasio en estos suelos en comparación con las terrazas seis y siete. Este caso fue contrario al año anterior ya que el cultivo mostró mejores rendimientos con pasto Transvala en ese mismo periodo.

Los mejores resultados de rendimiento en la época de estudio y en cada una de las terrazas, se encontraron usando labranza convencional debido probablemente a la mayor porosidad que esta le da al primer horizonte de suelo, lo que favoreció el intercambio gaseoso y la infiltración de agua lo que hizo que los nutrientes se encuentran disponibles para las plantas en la solución de suelo y mejoraran el transporte de los mismos a través de los conductos de la planta por capilaridad. Además, la aireación aceleró el proceso de descomposición de la materia orgánica disponible en cada terraza, esto aumentó la concentración de nutrientes disponibles a corto plazo.

El uso de gramíneas como coberturas, mejoró los niveles de Materia Orgánica, estos se mantuvieron por mayor tiempo en el suelo debido a la alta relación C:N de las coberturas Tobiata y Transvala, cuya descomposición lenta, mejoró la composición elemental de los suelos y mantuvo un suministro más prolongado de nutrientes.

RECOMENDACIONES

Para una explotación comercial con objetivos de aumentar ingresos a corto plazo, se prefiere el uso de labranza convencional por el impacto directo sobre el rendimiento de los cultivos estudiados, siempre y cuando se realice a la humedad apropiada.

Para hacer una transferencia de labranza convencional a mínima, es necesario hacer enmiendas físicas y químicas, y de esta forma llegar gradualmente a la utilización mínima de implementos que dañan la estructura del suelo a largo plazo, además de la rotación con coberturas de pasto, cuyo aporte nutricional al suelo es muy significativo.

Adaptar los sistemas de riego y otras prácticas de cultivo a cada sistema de labranza, ya que en el caso de labranza mínima, la permeabilidad del suelo es menor en comparación con labranza convencional por lo que la infiltración del agua a través del perfil de suelo se reduce debido a que el primer horizonte no es removido y se va formando una capa impermeable que limita en cierto modo la infiltración, además de los residuos que quedan sobre la superficie del suelo, éstos retienen el agua proveniente de la aspersión por lo que esta tarda mas en llegar al sistema radicular de la planta.

Para obtener una mejor visión del efecto de los factores evaluados sobre la evolución del suelo, es necesario realizar este experimento por varios años y analizar la rentabilidad de la aplicación del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Amézquita, E.; Friesen D.; Rivera, M.; Rao, I.; Barrios, E.; Jimenez, J. 2002. Sustainability of crop rotation and ley pasture systems on the acid-soil savannas of South America. Tailandia.

Australian agronomy conference. (8th, 1996, Toowoomba). 1996. Effects of tillage practice and ley pasture on soybean productivity on a degraded ferrosol. Bell, MJ.; Bridge, BJ. Harch, G.; Orange, D.; Dalal, R.; Mason, R. Toowoomba. The regional institute Ltd. 4p.

Australian agronomy conference. (8th, 1996, Toowoomba). 1996. Below ground inputs of carbon by crops and pastures. Crawford, MC.; Grace, PR.; Belloti, W.; Oades, JM. Toowoomba. The regional institute Ltd. 4p.

Bellows, B. 2001. Nutrient cycling in pastures. Livestock sistem guide. ATTRA (National sustainable agriculture information service). Fayetteville.

Carpenter, B.; Pikul, JL.; Vijil, MF.; Riedel WE. 2000. Soil nitrogen mineralization influenced by crop rotation and nitrogen fertilization. Soil Science Society of America Journal. 64 (6): 2038-2045.

Fournier, F. 1975. Conservación de suelos. España. 254 p.

Reeves, M.; Lal, R.; Logan, T.; Sigaran, J. 1997. Soil nitrogen and soil response to maize cropping system, nitrogen source, and tillage. Soil Science Society of America Journal 61 (5):1387-1392.

Kanda, K.; Miranda, CH.; Macedo, MC. 2002. Carbon and nitrogen mineralization in soils under agro-pastoral systems in subtropical central Brazil. Soil Science and Plant Nutrition 48 (2): 179-184.

Kristensen, H.; Deboz, H.; Grew, W. 2003. Shrt – term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil 35: 979-986.

Lal, R. 1995. Tillage and mulching effects on maize yield for 17 consecutive season on a troical alfisol. Journal of Sustainable Agriculture 5 (4): 79-93.

Mercado, CR. 2003. Efecto de tres coberturas de suelo, dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización sobre la producción de maíz y frijol. Ingeniero agrónomo. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 33 p.

Salinas, JR.; Hons, FM.; Matocha, JE. 1997. Long- term of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. Soil Science Society of America Journal 61 (1):152-159.

ANEXOS

Anexo 1. Lectura de calicatas Cobertura Tobiata

Calicata 1. Cobertura Tobiata

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Dap	Rp	Límite
Ap	0-25	7.5YR3/2 pardo oscuro	Franco arcillo arenoso	Bloques sub angulares medianos, grado fuerte.	muy firme	Tubulares conectivos frecuentes	Raíces abundantes finas,	1.03	4	Abrupto
Ad	25-46	7.5YR3/1 Gris muy oscuro	Franco arcillo arenoso	Bloques angulares, medianos, grado débil.	Masivo	Tubulares conectivos frecuentes	Pocas	1.27	4	Abrupto
Bw1	46-54	7.5YR 4/2 con 3% de motas 10YR2/1 negro	Franco arcillo arenoso.	Bloques angulares.	Friable	conectivos grandes pocos. Vesiculares pequeños, moderados	finas pocas		2.5	Plano gradual
Bw2	54-82		Arcillo arenoso con grava fina abundante	Bloques subangulares, grado masivo, límite poros.	Friable	Conectivos verticales, vesiculares pequeños	Finas escasas		2.5	Ondulado gradual,
	82-96	10 YR3/1 gris muy oscuro, con 15% de motas 7.5YR 4/6 pardo fuerte	Arcillo arenoso	Bloques angulares, grado masivo.	Friable	Vesiculares medianos, conectivos pequeños verticales	Sin raíces		2	

Calicata 2, Cobertura Tobiatá.

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Dap	Rp	Límite
Ap	0-30	10 YR3/3 pardo oscuro	Franco arenoso	Bloques sub angulares, granular medios a grandes, grado fuerte,	Friable	grandes a medianos, conectados y caóticos.	Abundantes de medianas a finas	1.16	2	Plano
Ad	30-46	7.5YR4/4 pardo	Franco arcillo arenoso	Bloques angulares, grado masivo.	Friable	grandes conectados, verticales y horizontales	finas abundantes	1.31	2	Plano
	46-63	7.5YR4/4 pardo	Franco arenoso	Bloques angulares, grado masivo, límite raíces, poros.	Friable	vesiculares medianos conectados, horizontales, vesiculares finos conectados, muy pocos	Escasas.		2.5	Ondulado
	63-78	7.5YR3/1 gris muy oscuro con 20% de motas 5Yr4/4 Pardo Rojizo	Arcillo arenoso con arena gruesa y grava mediana.	Bloques angulares, grado masivo.	Fuerte	vesiculares muy pocos	No tiene		4	Ondulado
C	78-103	7.5YR 3/1 gris muy oscuro, con 5% de motas 5YR4/6 rojo amarillento.	Arcillos presencia de piedra.	Bloques angulares, grado masivo.	Fuerte	No tiene	No tiene.		4	Plano

Anexo 2. Lectura de Cobertura Transvala
Calicata 3, terraza 7.

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Dap	RP	Límite
Ap	0-30	7.5YR3/3 pardo oscuro	Franco arenoso con grava abundante.	Bloques sub angulares grandes y medianos, grado fuerte.	Poco friable	Vesiculares pocos.	Muchas medianas.	1.63	2.5	Ondulado
Bd	30-60	7.5YR3/3 pardo oscuro	Arena franca con grava gruesa	Bloques angulares, grado masivo.	Fuerte	Tubulares pocos	No hay	1.44	3.5	Plano definido
C	60-80	7.5YR4/3 pardo oscuro con concreciones de Mn.	Grava y piedra	Masivo.					4	

Calicata 4, Cobertura Transvala.

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Rp	Dap	Límite
Ap	0-39	7.5YR4/4 café	Franco arenoso (arena gruesa)	Bloques angulares grandes y medianos, granulares medianos a finos.	Friable	Tubulares frecuentes, gruesos conectados, verticales.	Medianas pocas, muy finas pocas, finas frecuente.	2	1.29	Ondulado abrupto.
Ad	39-96	7.5YR4/6 pardo fuerte	Arena franca (grava abundante)	Granulares medianos a finos, grado fuerte.	Friable	vesiculares muchos, caoticos; tubulares medianos, pocos, conectados	Finas frecuentes	2	1.24	Ondulado

Anexo 3. Lectura de calicatas cultivos extensivos.

Calicata 5, terraza 8

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Rp	Dap	Límite
A p	0-27	10YR3/2 café grisáceo muy oscuro	Franco arcilloso	Bloques angulares medianos, grado débil.	Firme	tubulares pocos finos conectados.	Finas frecuentes.	3.5	1.24	Ondulado
Bw	27-47	7.5YR4/3café	Arcillo arenoso con grava gruesa	Bloques angulares medianos a grandes, grado fuerte.	Firme	Vesiculares muchos, tubulares pocos	Raíces finas y pocas,	3.5	1.37	
C	47-79	7.5YR3/2 café oscuro	Arcillo arenoso	Bloques angulares, grado fuerte.	Firme	Vesiculares caóticos frecuentes.	Muy finas pocas.	4		

Calicata 6 Cultivos extensivos

H	cm	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Rp	Dap	Límite
	0-28	10YR3/2 pardo grisáceo muy oscuro	Franco	Bloques sub angulares medianos a grandes.	Firme	vesiculares frecuentes, tubulares frecuentes.	Finas pocas	3.5	1.1	gradual difuso
	28-40	10YR2/2 pardo muy oscuro	Franco	Granular, grado masivo.	Muy firme	Vesiculares pocos.	Pocas	4	1.3	Gradual ondulado o Plano.
	40-51	7.5YR2.5/2 pardo muy oscuro.	Franco arcilloso con poca grava	Masivo.	Firme	No tiene.	No tiene.	3		
	51-75	7.5YR3/1gris muy oscuro 7.5YR 5/6	Arcilloso	Masivo.	Firme	No tiene.	No tiene.	3.5		

Anexo 4. Comparación de la características físicas del suelo durante los dos años de estudio en las tres coberturas

Cobertura	Calicata	Horizonte		Profundidad (cm)		Densidad aparente		Distribución de raíces	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Tobiatá	1	Ap	Ap	0-10	0-25	1.35	1.03	De todos los tamaños	Abundantes finas
		Ad	Bw	10-33	25-46	1.46	1.27	Muchas de todos los tamaños	Pocas
	2	Ap	Ap	0-10	0-30	1.3	1.16	Muchas de todos los tamaños.	Abundantes de medianas a finas
		Ad	Ap2	10-32	30-46	1.62	1.31	Finas y muy finas frecuentes, medianas pocas.	Finas abundantes
Transvala	3	Ap	Ap	0-10	0-30	1.5	1.63	Muchas de todos los tamaños,	Muchas medianas
		Bd	Ad	10-24	30-60	1.58	1.44	Muchas finas y muy finas.	No hay
	4	Ap	Ap	0-15	0-39	1.62	1.29	Muchas de todos los tamaños.	Medianas pocas, muy finas pocas, finas frecuentes.
		Ad	Ap2	15-35	39-96	1.56	1.24	Finas y muy finas frecuentes, medianas pocas.	Finas frecuentes
Cultivos extensivos	5	Ap	Ap	0-11	0-27	1.3	1.24	Todos los tamaños, frecuentes.	Finas frecuentes.
		Bw	Ad	11-26	27-47	1.45	1.37	Todos los tamaños. pocas	Finas pocas.
	6	Ap	Ap	0-14	0-28	1.47	1.1	Todos los tamaños, muchas.	Finas pocas
		Ad	Ad	14-31	28-40	1.44	1.3	Finas y muy finas frecuentes.	No tiene

