

# **Eficiencia de prácticas de manejo del suelo en el cultivo de frijol común en la Finca Agroecológica Zamorano, Honduras**

**Melanie Liyimar Vera Zambrano**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre del 2017

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Eficiencia de prácticas de manejo del suelo en el cultivo de frijol común en la Finca Agroecológica Zamorano, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Melanie Liyimar Vera Zambrano**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre del 2017

## **Eficiencia de prácticas de manejo del suelo con cultivo de frijol en la Finca Agroecológica Zamorano, Honduras**

**Melanie Liyimar Vera Zambrano**

**Resumen.** Las evidencias muestran que el cambio climático afecta la producción agrícola y perjudica de forma visible la seguridad alimentaria en familias de pequeños productores. Es necesario implementar prácticas que ayuden a la adaptación de los cultivos ante esta circunstancia. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de prácticas de manejo del suelo utilizando dos variedades de frijol en la Finca Agroecológica, Zamorano. Las variedades de frijol fueron Amadeus 77 (mejorada) y Seda (criolla). El diseño metodológico, consistió en cuatro tratamientos de manejo del suelo, Cama Doble Excavado, Labranza Mínima, Labranza Cero y Labranza Tradicional con cuatro repeticiones. En etapa de floración se realizó la toma de datos de peso seco de follaje y evaluación visual de características de las raíces. En etapa de madurez de cosecha se evaluó el rendimiento en muestras de cinco plantas. Se obtuvieron diferencias significativas en el peso seco de follaje, diámetro de raíz, número de raíces adventicias y ángulo de raíces basales. El análisis marginal comparativo indicó que la Labranza Mínima fue el mejor tratamiento para el productor debido a su bajo costo. El tratamiento Cama de Doble Excavado obtuvo los mayores rendimientos de 3,567.27 kg/ha y 2,597.70 kg/ha de las variedades Amadeus 77 y Seda, respectivamente.

**Palabras clave:** Adaptación al cambio climático, agroecología, seguridad alimentaria.

**Abstract.** Evidence shows that climate change affects agricultural production and visibly damages food security in smallholder households. Therefore, it's necessary to implement practices that help the adaptation of crops to this circumstance. The objective of the study was to evaluate the efficiency of soil management practices using two bean varieties at the Agroecological Farm, Zamorano. The bean varieties are Amadeus 77 (improved) and Silk (Creole). The methodological design consisted in four treatments of soil management, Double Digging, Minimum Tillage, Zero Tillage and Traditional Tillage with four replications. . The data of dry weight of foliage and visual evaluation of root was collected at the flowering stage of the crop. At harvest maturity stage, yield was evaluated in samples of five plants. Significant differences were obtained in dry weight of foliage, root diameter, number of adventitious roots and angle of basal roots. The comparative marginal analysis indicated that Minimum Tillage was the best treatment for the producer because of its low cost. The Double Digging treatment obtained the highest yields with 3,567.27 kg/ha and 2,597.70 kg/ha of the Amadeus 77 and Silk varieties respectively.

**Key words:** Adaptation to climate change, agroecology, food security.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	vi
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>22</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Rendimiento, peso seco de follaje, diámetro de raíz principal, número de coronas, número de raíces adventicias, número de raíces basales y ángulo de distribución de raíces de los cuatro tratamiento y dos variedades.....	13
2. Coeficientes de correlación de las variables ángulo, número de coronas, diámetro de raíz principal, rendimiento, peso seco de follaje y raíces adventicias de los cuatro tratamientos de labranza (DE, LM, LC y LT).....	14
3. Resultados del Laboratorio de Análisis de Suelos, Zamorano.....	15
4. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados con la	
5. variedad Amadeus 77.....	16
6. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados con la variedad Seda.....	16
7. Análisis marginal de los tratamientos con la variedad Amadeus 77.....	17
8. Análisis marginal de los tratamientos con la variedad Seda.....	18
9. Relación beneficio-costo de los tratamientos evaluados.....	19
Figuras	Página
1. Mapa de Finca Agroecológica Zamorano, Valle del Yeguaré, Honduras.....	4
2. Representación gráfica de diseño experimental realizado en el estudio.....	6
3. Diagrama para la elaboración de Camas de Doble Excavado.....	7
4. Guía para la descripción de las características de variedades de frijol común (Rosas et al. 2009).....	8
5. Escala visual 1-9 para la evaluación del ángulo de las raíces basales.....	9
6. Curva de beneficios de la evaluación de cuatro tratamientos de	
7. conservación de suelo y la variedad de frijol Amadeus 77.....	17
8. Curva de beneficios de la evaluación de cuatro tratamientos de	
9. conservación de suelo y la variedad de frijol Seda.....	18
Anexos	Página
1. Foto de ensayo en la Finca Agroecológica Zamorano.....	25
2. Análisis visual de raíces, tratamiento Doble Excavado.....	25
3. Análisis visual de raíces, tratamiento Labranza Cero.....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria se define como el acceso físico, social y económico permanente de las personas a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para que sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias puedan ser satisfechos y así poder llevar una vida activa y saludable (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, 2011). La seguridad alimentaria está relacionada con la pobreza, sin embargo, no es el principal determinante. Está condicionada por factores como, precios de los productos, aspectos sociales y económicos, pero también es afectada por la inestabilidad política y desastres naturales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014 [FAO]).

La población de América Latina y el Caribe, en el 2012, se encontraba en 597.7 millones de personas. Entre el 2000 y 2011 el porcentaje total que vivía en área rural decayó de 24.7 a 21.0%; y en el 2011-2013 alrededor de 47 millones de personas se estimaba que estaban destinadas a sufrir desnutrición (FAO, 2014). La comunidad global ha establecido dos metas para medir el progreso en la reducción del hambre. En 1996, la Cumbre Mundial del Alimento, propuso disminuir en un 50% el número de las personas con hambruna. En el 2001, los Objetivos del Desarrollo de Milenio, pretendían disminuir en un 50% la proporción mundial de las personas con hambruna del total de la población (FAO, 2017).

Es notable la evidencia de que el cambio climático afecta la producción agrícola y perjudica de forma visible la seguridad alimentaria de los pequeños productores. Sin embargo, el cambio climático está sucediendo, es real, por lo que se deben tomar medidas para mitigar los cambios que afectan la agricultura e implementar prácticas que ayuden a la adaptación ante esta circunstancia (Altieri y Nicholls, 2013). Según Landa, Magaña y Neri, 2008, la habilidad para enfrentarse a la variabilidad del clima y adaptarse al cambio climático está determinada por la capacidad de coordinar acciones entre sociedad y gobierno.

El diseño e implementación de estrategias de adaptación al cambio climático son tareas complicadas, las emisiones de gases de efecto invernadero y del clima son incertidumbres inherentes a las proyecciones del desarrollo socioeconómico (Landa et al., 2008). La aplicación de medidas debe involucrar a todos los sectores del país, teniendo consecuencias positivas en el desarrollo económico, social y ambiental.

Agricultores tradicionales alrededor del mundo están innovando sus prácticas como respuesta de resiliencia ante el cambio climático. Según Altieri y Nicholls (2013), varios expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción. El análisis del comportamiento de la agricultura ha puesto en manifiesto que

los sistemas productivos con presencia de biodiversidad son más resistentes a desastres climáticos y tienen mayor capacidad de recuperarse después de fuertes eventos climáticos (Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático, 2012).

La simbiosis de las prácticas agrícolas con el ecosistema como sistemas agroforestales, sistemas silvo-pastoriles y policultivos con el ecosistema, permite que los sistemas de producción se adapten y resistan a los efectos del cambio climático (Altieri y Nicholls, 2013). Los sistemas agroecológicos proveen altos beneficios al ambiente y a la productividad de los sistemas de producción; los sistemas agroforestales han mostrado que tienen efecto amortiguador frente a grandes cambios de temperatura, y mantienen las condiciones óptimas para los cultivos (Morais, Caramori, Ribeiro, Gomes y Koguishi. M., 2006). Los cultivos intercalados permiten producir en un mismo tiempo varios cultivos y de ese modo minimizar el riesgo de pérdidas de la producción (Francis, 1986). Así mismo, los policultivos demuestran mayor estabilidad de los rendimientos de producción y en épocas de sequía la productividad no disminuye considerablemente, a diferencia de los monocultivos.

La amenaza del cambio climático causa consternación alrededor de la población, ya que la producción de los cultivos se ve afectada por los cambios de temperatura y por lo tanto la estabilidad de la seguridad alimentaria. El cambio climático tiene efectos significativos sobre los rendimientos agrícolas, estos varían de región a región, siendo los efectos más dramáticos en países en vías de desarrollo con climas de áridos a húmedos (Easterling et al., 2007; Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático, 2012).

Las personas a nivel local, regional y nacional deben conocer las vulnerabilidades a las que están expuestos, para que puedan planificar acciones que ayuden a mitigar los riesgos del cambio climático. Debido a que existe la urgente necesidad de mitigar y adaptarse al cambio climático se deben de implementar medidas que aumente la seguridad alimentaria y protejan a la humanidad de este desastre (Levine y Encinas, 2007).

El Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ha generado nuevas variedades de frijol que tienen mayor resistencia a plagas, enfermedades comunes, y mejor adaptación a la sequía y a la baja fertilidad de los suelos. Una de las limitantes de los productores hacia el uso de prácticas de conservación y manejo de suelo es la poca disponibilidad de recursos, lo cual conlleva a disminuir la productividad del frijol y de la misma manera el ingreso neto de su producción. El PIF se enfoca principalmente en los pequeños productores de frijol y las organizaciones públicas y privadas involucradas en el desarrollo y transferencia de tecnologías para este cultivo básico (Rosas, 2011).

Honduras se encuentra entre los países mayormente afectados por eventos climáticos extremos entre 1995-2014 (Kreft, Eckstein, Junghans, Corestan y Hagen, 2014). Honduras está ubicado en el “Corredor Seco” de América Central, la franja de tierra que se encuentra en la cuenca del Pacífico y que se extiende desde las zonas bajas hasta la zona montañosa y se caracteriza por sequías recurrentes (FAO, 2015).

En el año 2010 la sequía en Francisco Morazán y Choluteca, Honduras, afectó un 90% en los rendimientos de frijol y maíz (Bonilla, 2014). Existe la necesidad de tener seguridad alimentaria, asistencia directa a la producción de los pequeños agricultores y la resiliencia de ellos ante eventos de sequía. La aplicación de prácticas de adaptación al cambio climático, conlleva a que de algún modo se disminuya la vulnerabilidad de los productores ante los impactos producidos por la variabilidad climática.

La baja implementación de prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas se debe a que los productores prefieren prácticas con mayor costo-eficiencia que se ajustan a su realidad socioeconómica. Por lo tanto, las prácticas agroecológicas más implementadas responden a criterios como menor costo, demanda de mano de obra, y exigencia de área. En el año 2014 se realizó un análisis de vulnerabilidad de los sistemas agrícolas utilizados por los pequeños productores en San Antonio de Oriente, cuyos sistemas de producción son de subsistencia y autoconsumo, con uso de agroquímicos para el control de malezas y plagas (Lezcano, 2016).

Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia de prácticas de manejo del suelo utilizando dos variedades de frijol en la Finca Agroecológica de Zamorano. Para ello se propuso:

- Categorizar variables de crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas en las etapas vegetativa y reproductiva.
- Cuantificar la productividad de grano de los tratamientos de manejo de suelo en dos variedades de frijol Amadeus 77 y Seda.
- Realizar un análisis marginal comparativo de las prácticas de manejo de suelo y variedades de frijol.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción área de estudio.

El estudio se realizó en la finca Agroecológica de Zamorano, Santa Inés, municipio de San Antonio de Oriente, al sudeste de Tegucigalpa y a aproximadamente a 5 km de Zamorano (Figura 1). La temperatura media anual es de 24 °C y la precipitación media anual de 1,100 mm. La zona se encuentra rodeada de topografía montañosa y posee pendientes de 2 - 4%. Anteriormente, el uso de esta finca estaba destinado a la ganadería y producción de maíz y el suelo presenta condiciones deficientes de nutrientes, degradado y compactado.

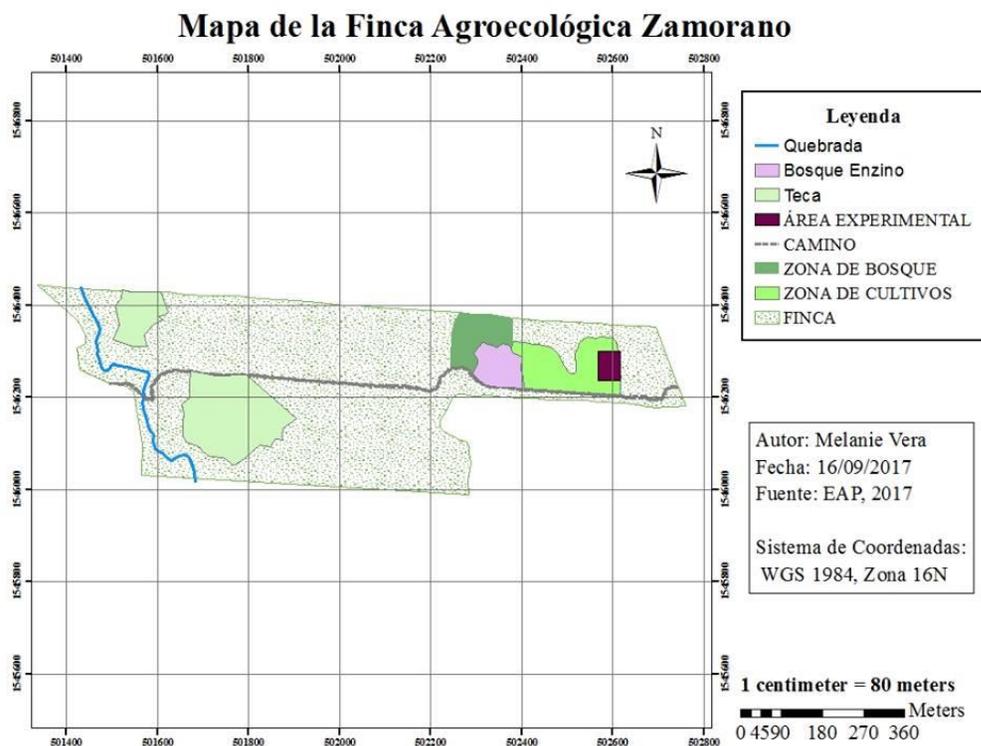


Figura 1. Mapa de ubicación del estudio, Finca Agroecológica, Zamorano.

**Diseño experimental.**

La unidad experimental se constituyó por camas de 5 m de largo con un distanciamiento entre cama de 0.6 m, ancho de cama de 0.6 m, con una sola hilera a 0.1 m entre planta (Figura 2). Las camas estuvieron divididas en dos para asignar la mitad a cada una de las variedades de frijol, teniendo así 25 plantas por variedad y un total de 50 plantas por tratamiento. Se utilizó un arreglo factorial de parcelas divididas de un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Las prácticas de manejo de suelo estaban distribuidas en las parcelas y las variedades en las sub-parcelas.

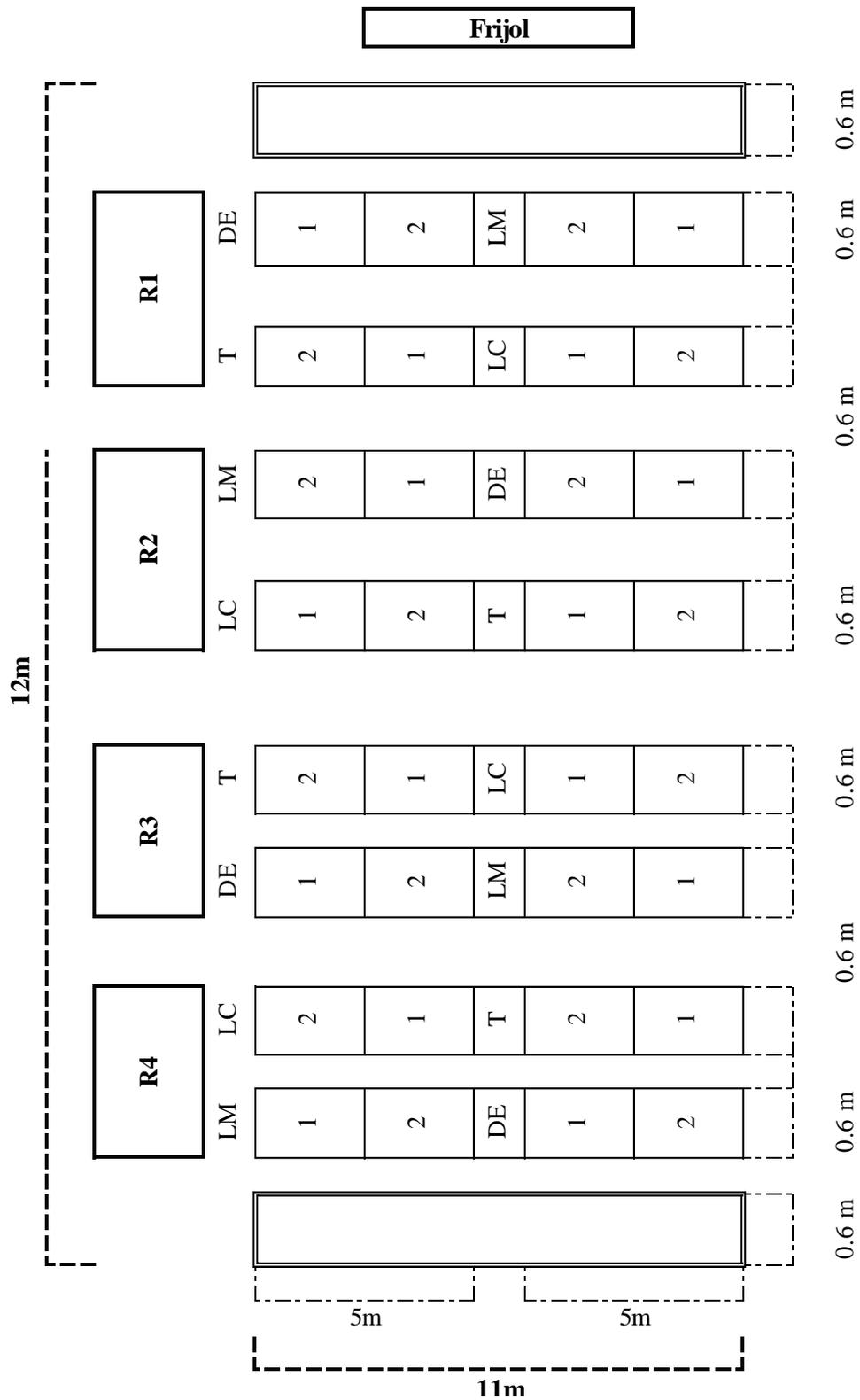


Figura 2. Representación gráfica de diseño experimental.  
 Tratamientos: Labranza Cero, Labranza Mínima, Doble Excavado y Labranza Tradicional.  
 Variedades: Amadeus 77 y Seda.

### Manejo del experimento.

Se evaluaron cuatro tratamientos de manejo de suelo usando camas de siembra con Labranza Cero (LC), Labranza Mínima (LM), Doble Excavado (DE) y Labranza Tradicional (T); en dos variedades de frijol, Amadeus 77 variedad mejorada y Seda variedad criolla. Las parcelas experimentales se manejaron con las mismas condiciones de disponibilidad de agua, densidad de plantas, fertilización y control de plagas.

Un paso previo a la preparación y establecimiento del experimento, fue la realización de un análisis de suelos completo con la finalidad de conocer las condiciones de fertilidad del suelo de la parcela experimental. Al finalizar la cosecha del cultivo se realizó otro análisis de suelo en los tratamientos de Doble Excavado.

El experimento fue establecido bajo las mismas condiciones de siembra, riego, control de maleza, plagas y enfermedades. Las camas de Doble Excavado fueron elaboradas una semana previamente a la siembra debido a que se incorporó la materia orgánica. Las practicas restantes se establecieron tres días previos a la siembra y el sistema de riego dos días. Para el control de plagas se aplicó Monarca® para el control de tortuguillas *Diabrotica* spp y mosca blanca *Bemisia tabaco*.

El primer paso en el establecimiento del ensayo, fue la preparación del suelo, se chapeo el área en las que se establecieron las parcelas. Los tratamientos de Doble Excavado fueron establecidos bajo la metodología de laboreo del suelo de esta práctica. Consiste en extraer con la pala una porción de suelo de 30 cm de ancho, largo y profundidad, realizar agujeros con el biello, incorporar materia orgánica y mezclarla con la siguiente porción de suelo hasta que la cama quede de 60 cm de altura. La cantidad de materia orgánica incorporada fue a razón de cinco recipientes de cinco galones para el largo de cada cama de cinco metros (Andrango y Castro, 2012) (Figura 3).

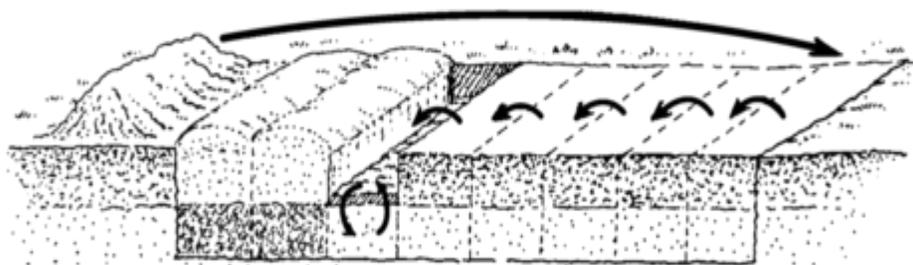


Figura 3. Diagrama para la elaboración de Camas de Doble Excavado.

Fuente: Andrango y Castro, 2012.

La preparación de Labranza Mínima consistió en realizar una franja con la piocha en el área de siembra, dejando en un lado la materia orgánica presente en el suelo. La Labranza Cero consistió en dejar el área de siembra libre de maleza e incorporarle como capa protectora del cultivo o mulch. Finalmente, para el tratamiento Labranza Tradicional se dejó el área libre de maleza y no se realizó ningún tipo de labranza en el suelo, simplemente consistió en proceder a sembrar directamente en el suelo o a “chuzazo” como los pequeños productores lo denominan.

### Toma de datos.

La primera toma de datos se realizó en la etapa de floración cuando estaba abierta la primera flor en el 50% de las plantas, el muestreo se realizó a 38 DDS en la variedad Amadeus 77 y a 32 DDS en la variedad Seda. En esta etapa se cosecharon 5 plantas por variedad y por parcela con tijeras de poda, a una pulgada sobre el nivel del suelo y se extrajeron las raíces con el uso de una pala palín. Posteriormente se colocó el follaje en bolsas de papel y se dejó en una casa malla previo a el secado en el horno a 70 °C durante 48 horas, después de ese tiempo con la ayuda de una báscula digital se procedió a determinar el peso seco de follaje (PSF) (Granadino y León, 2016).

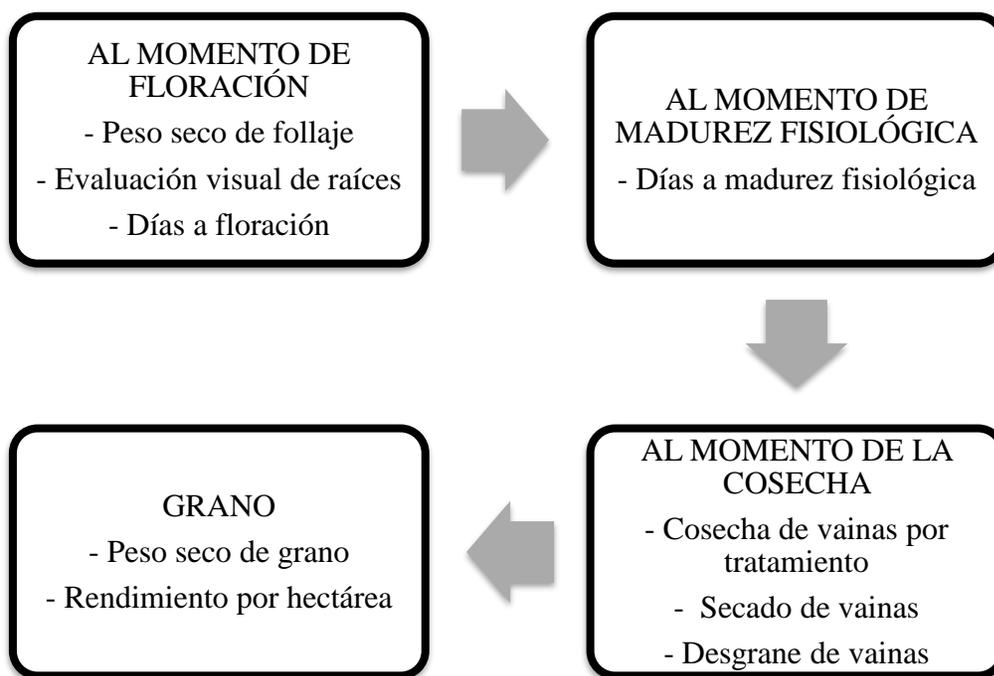


Figura 4. Guía para la descripción de las características de variedades de frijol común (Rosas et al. 2009).

Las raíces extraídas se lavaron con agua y detergente para proceder a la evaluación visual en la que se evaluaron las siguientes variables:

- Número de coronas (verticilos). Las coronas o verticilos es la zona radicular entre el hipocótilo y la radícula, donde crecen las raíces coronarias.
- Número de raíces coronarias (basales). Raíces que nacen en las coronas o verticilos.
- Número de raíces adventicias. Estas raíces están situadas en la parte superior de las coronas o verticilos, son raíces finas utilizadas por la planta para la absorción de nutrientes y agua.
- Diámetro de raíz principal. Con la ayuda de un pie de rey se midió en milímetros el diámetro de la raíz principal.
- Ángulo de las raíces. Se midió utilizando una escala de 1-9 para estimar el ángulo de las raíces: 1 (0 – 18°), 3 (19 – 36°), 5 (37 – 54°), 7 (55 – 72°) y 9 (73 – 90°) (Figura 2).

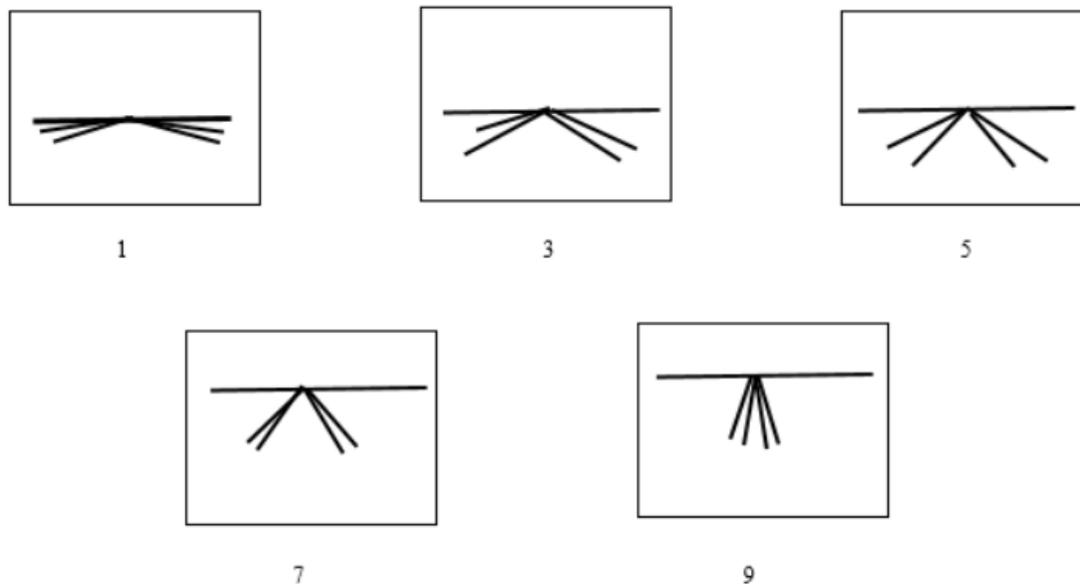


Figura 5. Escala visual 1 - 9 para la evaluación del ángulo de las raíces basales.  
Fuente: Programa de Investigaciones de Frijol, Escuela Agrícola Panamericana (EAP).

Al momento de madurez fisiológica a los 65 DDS en la variedad Seda y a los 73 DDS en la variedad Amadeus 77: Se cosecharon 5 plantas de cada variedad por parcela de las dos variedades del frijol cultivadas, se extrajeron las vainas de las plantas y se colocaron en bolsas de papel para proceder al secado al horno de las vainas a 70 °C durante 48 horas para determinar el peso seco de la semilla (PSS) con la ayuda de una báscula digital. Se cuantifico el rendimiento de cada variedad (kg/ha) ajustado al 14% de humedad.

**Análisis Marginal Comparativo (CIMMYT).** Con la finalidad de calcular la tasa de retorno marginal más adecuada, fue necesario calcular previamente ciertos datos para realizar el análisis.

1. **Beneficios Netos:** Previamente a calcular los beneficios netos se calcularon los brutos en campo, los costos de producción de cada tratamiento, el rendimiento promedio y el ajustado. El beneficio bruto se obtuvo multiplicando el rendimiento ajustado por el precio del frijol extraído del Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH, 2017).

Los costos de producción fueron calculados sumando el costo de mano de obra más los insumos. El costo de mano de obra fue calculado en campo tomando el tiempo que toma elaborar cada práctica y los costos de los insumos fueron extraídos del SIMPAH. El rendimiento fue ajustado al 10% debido a que en parcelas de ensayo hay más control del área y de los factores que afectan al cultivo (Evans, 2005). Posteriormente se realizó un análisis de dominancia de las prácticas, ordenándolas de mayor a menor en base a los costos, pero en conjunto con los beneficios netos.

2. Tasa marginal de retorno (TMR): Se calculó dividiendo el beneficio neto marginal por el costo marginal y se expresó en porcentaje (Evans, 2005).
3. Tasa de retorno mínimo aceptable (TRMA): Esta tasa se seleccionó mediante estudios previamente realizados y también de acuerdo a lo que los agricultores estén de acuerdo a cambiar. Investigadores comprobaron empíricamente que una tasa entre 50% y 100% es adecuada (Evans, 2005). Se señala que un enfoque alternativo para estimar la tasa de retorno mínima es duplicar la tasa de interés usada por las entidades bancarias de cada país.
4. Comparar la TRM con TRMA: El productor estará dispuesto a cambiar de una tecnología a otra cuando la tasa de retorno marginal sea mayor que la tasa de retorno mínima aceptable. Por lo que, en el análisis se debe escoger la tecnología con el costo variable total más alto para la cual la tasa marginal de retorno es mayor o igual a la tasa de retorno mínima aceptable (Evans, 2005).

La tasa de retorno mínima aceptable seleccionada para este estudio fue de un 80%, la cual fue adaptada de Perrin, Winkelmann, Moscardi y Anderson, 1976. La TRMA fue comparada con la obtenida en el análisis, por lo que, era elegible seleccionar las tasas que superaban el valor de 80%.

En el análisis de la relación Beneficio/Costo se compararon las diferentes prácticas bajo condiciones similares. Los datos a tomar en cuenta no fueron bajo condiciones estacionales reales. Además, solamente se compararon las relaciones Beneficio/Costo entre el rendimiento de las prácticas de conservación y prácticas de agricultura convencional, en cultivo de frijol. Por lo tanto, los resultados se limitaron a las parcelas implementadas, no obstante, la metodología puede ser aplicada a otras parcelas con diferentes condiciones de terreno y otras condiciones estacionales.

#### **Análisis estadístico.**

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) con nivel de significancia  $P < 0.05$  con el programa estadístico *Statistix 8.1*®. Este análisis fue seleccionado para poder evaluar que tanto varían los valores de las variables en cuanto a la media. Para las variables con significancia en el ANDEVA se aplicó una prueba post hoc de Fisher con el método de Diferencia Menos Significativa (DMS) para la separación de media. La prueba post hoc de Fisher fue seleccionada para comprobar si existía diferencia entre las medias.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Crecimiento y desarrollo fisiológico de plantas.**

Se presentaron diferencias significativas al realizar el análisis de varianza de los tratamientos. En efecto el tratamiento de Doble Excavado presentó mejores resultados en las variables de peso seco de follaje (PSF), número de raíces adventicias, número de coronas, diámetro de raíz principal y ángulo. El efecto de las variedades de frijol fue significativo en las variables de diámetro de raíz principal, número de raíces basales y ángulo; y en la interacción de tratamiento x variedad no hubo diferencia significativa.

En las variables de peso seco de follaje y diámetro de raíz principal de las dos variedades evaluadas hubo diferencias altamente significativas del tratamiento 1 (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores. Gómez et al.(2008) obtuvo incrementos significativos en las variables relacionadas con las características fisiológicas del frijol y así mismo un incremento del 50% de los rendimientos en grano (Gómez, Lázaro y León, 2008).

Polanía, et al. (2009) afirma en su estudio de desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol que existen diferencias genotípicas en cuanto a la producción de biomasa de los tratamientos de riego y sequía. Estos resultados concuerdan con los obtenidos del tratamiento Doble Excavado. Por lo que, se asume que las camas de doble excavado tienen mayor retención de humedad y por consiguiente mayor desarrollo de la planta y de sus órganos. (Polanía, Rao, Beebe y García, 2009).

La producción de raíces adventicias se da en condiciones de mayor estrés hídrico, esto produce menor desarrollo de la raíz principal, ya que, la planta trata de aprovechar las disponibilidades de agua que se presentan por precipitación o en la superficie del suelo. (Polanía et al., 2009). Existen diferencias significativas en el tratamiento 1 de la variedad Amadeus 77 y en el tratamiento 1 y 2 de la variedad Seda (Cuadro 1). Se puede asumir que es debido a que en los tratamientos de Labranza Tradicional y Labranza Cero no hubo laboreo del suelo, simplemente se sembró directamente en el suelo en la tradicional y en la cero se le agregó el mulch sobre la superficie de este.

#### **Producción de grano en peso seco por tratamiento.**

Los resultados de rendimiento obtenidos en este estudio demostraron que las camas de Doble Excavado presentaron los mayores rendimientos en las variedades A77 y Seda, de 36 y 35% respectivamente. Sin embargo, los rendimientos de la labranza mínima fueron predominantes con 30 y 34% en las variedades Seda y A77 respectivamente (Cuadro 1).

Jeavons (2002) menciona en su publicación de cultivo biointensivo de alimentos que los altos rendimientos se deben a la metodología de la tecnología utilizada que es alta

fertilización orgánica y siembra de las plantas a distancias más cercanas (Gómez, 2012; Jeavons, 2002). Cortés (2010) comparó variedades de maíz bajo producción orgánica biointensiva y producción convencional, en sus estudio concluyó que el sistema de producción biointensiva puede competir con sistemas de producción convencional (Cortés, 2010).

Cuadro 1. Rendimiento, peso seco de follaje, diámetro de raíz principal, número de coronas, número de raíces adventicias, número de raíces basales y ángulo de distribución de raíces de los cuatro tratamiento y dos variedades.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)		PSF (g)		DRP (mm)		No. Coronas		No. raíces adventicias		No. raíces basales		Ángulo (1-9)	
	A77	Seda	A77	Seda	A77	Seda	A77	Seda	A77	Seda	A77	Seda	A77	Seda
Cama D.E.	3963.6	2886.4	53.9 <sup>a</sup>	59.1 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>c</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>
L. Mínima	3319.5	2818.2	25.3 <sup>b</sup>	33.8 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	11.8 <sup>a</sup>	10.4 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>
L. Cero	1635.0	1545.5	22.5 <sup>b</sup>	16.1 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	0.9 <sup>c</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.3 <sup>b</sup>	13.2 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>
L. Tradicional	2229.5	1113.6	17.8 <sup>b</sup>	29.9 <sup>b</sup>	1.6 <sup>b</sup>	1.2 <sup>bc</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.3 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>
Promedio	2786.9	2090.9	29.9	34.7	1.8	1.4	1.2	1.4	11.3	12.0	3.4	3.9	4.9	6.2
CV(%)			35.5	37.9	22.4	22.7	11.8	13.6	30.4	17.9	14.8	13.8	37.5	20.8
DMS (P≤0.05)			7.5**	9.3**	0.3**	0.2**	0.1 <sup>ns</sup>	0.1*	2.4*	1.5**	0.4 <sup>ns</sup>	0.4 <sup>ns</sup>	1.3 <sup>ns</sup>	0.9*

Diferencias significativas \* al P≤0.05 y \*\* al P≤0.01, y <sup>ns</sup> no significativa.

Se presentaron correlaciones positivas y negativas, directa e inversamente proporcional en las dos variedades evaluadas (Cuadro 2). En la variedad A77 se analizaron los datos y se obtuvieron correlaciones significativas en todas las variables. La mayoría de variables evaluadas fueron positivas indicando estrechas relaciones entre variables a diferencia de raíces adventicias con el resto de las variables y raíces basales-raíces adventicias que presentaron correlaciones negativas.

Por otro lado, la variedad Seda presentó correlaciones significativas en todas las variables, la mayoría de variables evaluadas fueron positivas indicando estrechas relaciones entre variables, sin embargo, la variable ángulo presentó correlaciones negativas con el resto de variables a excepción de raíces adventicias; raíces adventicias con el resto de variables a excepción de ángulo presentaron correlaciones negativas, al igual que raíces basales-ángulo-raíces adventicias (Alarcón y Burgos, 2016).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de las variables ángulo, número de coronas, diámetro de raíz principal, rendimiento, peso seco de follaje y raíces adventicias de los cuatro tratamientos de labranza (DE, LM, LC y LT).

	Ángulo	Coronas	Diámetro raíz	Rendimiento	PS follaje	Raíces adventicias
<b>A77</b>						
Coronas	0.72**					
Diámetro raíz	0.53*	0.97**				
Rendimiento	0.98**	0.75**	0.58**			
Peso seco de follaje	0.77**	0.99**	0.94**	0.79**		
Raíces adventicias	-0.83**	-0.98**	-0.91**	-0.84**	-0.99**	
Raíces basales	0.60**	0.53*	0.43*	0.45*	0.59**	-0.62**
<b>Seda</b>						
Coronas	-0.92**					
Diámetro raíz	-0.94**	0.94**				
Rendimiento	-0.94**	0.74**	0.79**			
Peso seco de follaje	-0.89**	0.94**	0.98**	0.69**		
Raíces adventicias	0.99**	-0.92**	-0.91**	-0.94**	-0.85**	
Raíces basales	-0.97**	0.80**	0.85**	0.99**	0.77**	-0.96**

Diferencias significativas \* al  $P \leq 0.05$  ( $r=0.389$ ) y \*\* al  $P \leq 0.01$  ( $r=0.528$ ), y <sup>ns</sup> no significativa. Grados de libertad: 17.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis químico del suelo previo a la siembra muestran características de un suelo pobre en nutrientes, levemente acidificado y con poca cantidad de materia orgánica. Al analizar los resultados post siembra en la Cama de Doble Excavado se denota que existe una tendencia de cambio leve, sin embargo, no existen aumento en la materia orgánica, ni en el nitrógeno presente en la muestra analizada. Al no haber hecho un análisis completo es imposible asumir que es debido a la incorporación de nutrientes en el suelo o al intercambio de nutrientes de la planta con el suelo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados del Laboratorio de Análisis de Suelos, Zamorano.

Muestra	pH	g/100g			mg/kg/extractable				
	(H <sub>2</sub> O)	C.O.	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Na
Parcela antes de siembra	5.7	1.7	2.9	0.1	9	232	1042	141	5
Parcela post siembra	5.9	1.5	2.6	0.1	76	504	1329	196	13

### Análisis Marginal.

Los resultados del análisis marginal presentaron diferencias económicas. Los costos variables totales incluyeron: costo de mano de obra, costo de semilla, costo de herbicida y costo de plaguicida. Los beneficios brutos fueron calculados multiplicando el precio del frijol por el rendimiento por hectárea. Finalmente, los beneficios netos de producción se calcularon sustrayendo los costos variables de los beneficios brutos. Así, se obtuvieron los valores necesarios por cada tratamiento para poder realizar el análisis marginal de las prácticas y con la respectiva relación beneficio-costo (Cuadro 4 y 5).

Los rendimientos superiores fueron del tratamiento Doble Excavado, al igual que los costos, le sigue Labranza Mínima, Labranza Cero y por último Labranza Tradicional. El tratamiento Doble Excavado difiere significativamente en los costos de los demás tratamientos debido al alto costo de mano de obra (Cuadro 4 y 5). Sin embargo, paulatinamente con el transcurso del tiempo estos costos disminuyen, ya que, no existe la necesidad de realizar el mismo trabajo de labranza cada vez que exista una rotación de cultivo. De igual forma con el transcurso del tiempo los nutrientes presentes en el compost se liberan, haciéndose así, disponible para la planta y mejorando características del suelo.

Las Camas de Doble Excavado pueden ser sembrados a una menor distancia debido a la profundidad de la cama y disponibilidad de nutrientes por el aporte de materia orgánica. Por lo tanto, esto conlleva a que exista un microclima bajo la sombra de las hojas que promueve la acción microbiana y disminuya la aparición de maleza (Chacón y Solís, 2011). Durante el desarrollo del ensayo el campo el tratamiento Cama de Doble Excavado fue la que tuvo menor presencia de maleza, a diferencia de los otros tratamientos que la presencia de este fue abundante durante todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 4. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados con la variedad Amadeus 77.

	Unidades	Tecnología (A77)			
		Tradicional	Cero	Mínima	D.E.
Rendimiento promedio	kg/ha	2,229.50	1,635.00	3,319.50	3,963.64
Rendimiento ajustado	kg/ha	2,006.50	1,471.50	2,987.50	3,567.27
Beneficios brutos	HNL./ha	57,388.50	42,084.90	85,445.10	102,024.00
Costo mano de obra	HNL./ha	5,000.00	10,000.00	15,625.00	31,250.00
Costo semillas	HNL./ha	1,214.40	1,214.40	1,214.40	1,214.40
Costo herbicida	HNL./ha	450.00	450.00	450.00	450.00
Costo plaguicida	HNL./ha	480.00	480.00	480.00	480.00
Costos totales que varían	HNL./ha	7,144.40	12,144.40	17,769.40	33,394.40
Beneficio neto	HNL./ha	50,244.10	29,940.50	67,675.70	68,629.60

Cuadro 5. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados con la variedad Seda.

	Unidades	Tecnología (Seda)			
		Tradicional	Cero	Mínima	D.E.
Rendimiento promedio	kg/ha	1,113.60	1,545.50	2,818.20	2,886.40
Rendimiento ajustado	kg/ha	1,002.30	1,390.90	2,536.40	2,597.70
Beneficios brutos	HNL./ha	28,665.00	39,780.00	72,540.00	74,295.00
Costo de la mano de obra	HNL./ha	5,000.00	10,000.00	15,625.00	31,250.00
Costo semillas	HNL./ha	1,214.40	1,214.40	1,214.40	1,214.40
Costo herbicida	HNL./ha	450.00	450.00	450.00	450.00
Costo plaguicida	HNL./ha	480.00	480.00	480.00	480.00
Costos totales que varían	HNL./ha	7,144.40	12,144.40	17,769.40	33,394.40
Beneficio neto	HNL./ha	21,520.60	27,635.60	54,770.60	40,900.60

Al realizar el análisis marginal comparativo del CIMMYT (1976) de los cuatro tratamientos y dos variables, fue notorio que en la variedad Amadeus 77 el tratamiento Labranza Cero salió dominado. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (Perrin, Winkelmann, Moscardi y Anderson, 1976). Es por esto que este tratamiento no fue tomado en cuenta para el cálculo de la tasa de retorno marginal.

La tasa de retorno marginal de cambiar el tratamiento L. Tradicional a L. Mínima es del 164%, siendo esta mayor que la mínima que es del 80%. Sin embargo, la tasa de retorno marginal de cambiar el tratamiento L. Mínima a Cama D.E. es de 6%, bastante menor que la mínima (Cuadro 6). Por consiguiente, el tratamiento que se recomienda utilizar a los agricultores es el de L. Mínima.

El residuo es la diferencia entre los beneficios netos y el retorno que el agricultor requiere. Este no constituye la utilidad y la comparación entre los residuos, más que su valor absoluto. es la importancia como recomendación para los agricultores (Perrin et al., 1976). Los residuos, al igual que la curva de beneficios muestran que el tratamiento más representativo es Labranza Mínima, ya que presenta valores más atractivos para el productor, lo que conlleva a mayores ganancias por hectárea.

Cuadro 6. Análisis marginal de los tratamientos con la variedad Amadeus 77.

Tratamientos (A77)	Costos totales que varían		Beneficios netos		TRM (%)	Residuo (HNL./ha)
	(HNL./ha)	(HNL./ha)	(HNL./ha)	(HNL./ha)		
L. Tradicional	7,144.40		50,244.10			44,528.58
L. Cero	12,144.40 <sup>d</sup>		29,940.50 <sup>d</sup>			20,224.98
L. Mínima	17,769.40	10,625.00	67,675.70	17,431.60	164%	53,460.18
Cama D.E	33,394.40	15,625.00	68,629.60	953.90	6%	41,194.08

<sup>d</sup> tratamiento dominado.

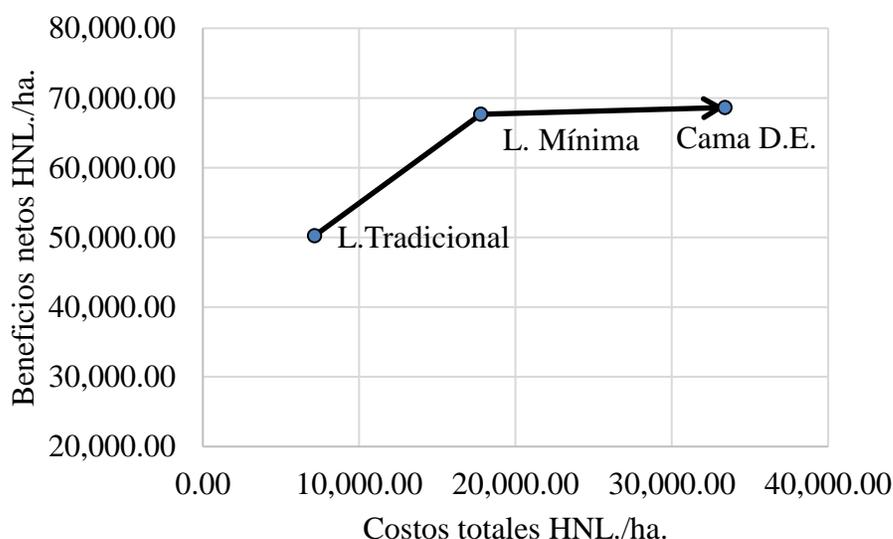


Figura 6. Curva de beneficios de la evaluación de cuatro tratamientos de conservación de suelo y la variedad de frijol Amadeus 77.

En el análisis marginal comparativo de la variedad Seda el tratamiento que se recomienda utilizar es el de L. Mínima. La tasa de retorno marginal de cambiar el tratamiento L. Tradicional a L. Cero es del 122%, sin embargo, el cambio del tratamiento L. Cero a L. Mínima, genera una tasa de 482%. Ésta tasa es bastante elevada a comparación con la mínima 80%. Cabe mencionar que la tasa marginal del cambio de L. Mínima a Cama D.E. es negativa 89% por lo que esta opción se descarta (Cuadro 7).

El cálculo de los residuos del análisis marginal demuestra que el tratamiento con mayor valor es el L. Mínima. En la curva de beneficios (Figura 7) se representa lo mismo calculado en el análisis marginal. Además, se denota la disminución de ganancias al adoptar el tratamiento Cama D.E. El tratamiento recomendado de acuerdo al análisis marginal es Labranza Mínima ya que presenta mayores ganancias por hectárea.

Cuadro 7. Análisis marginal de los tratamientos con la variedad Seda.

Tratamientos (Seda)	Costos totales que varían		Beneficios		TRM (%)	Residuo (HNL./ha)
	(HNL./ha)	(HNL./ha)	(HNL./ha)	(HNL./ha)		
L. Tradicional	7,144.40		21,520.60			15,805.08
L. Cero	12,144.40	5,000.00	27,635.60	6,115.00	122%	17,920.08
L. Mínima	17,769.40	5,625.00	54,770.60	27,135.00	482%	40,555.08
Cama D.E.	33,394.40	15,625.00	40,900.60	-13,870.00	-89%	14,185.08

<sup>d</sup>tratamiento dominado.

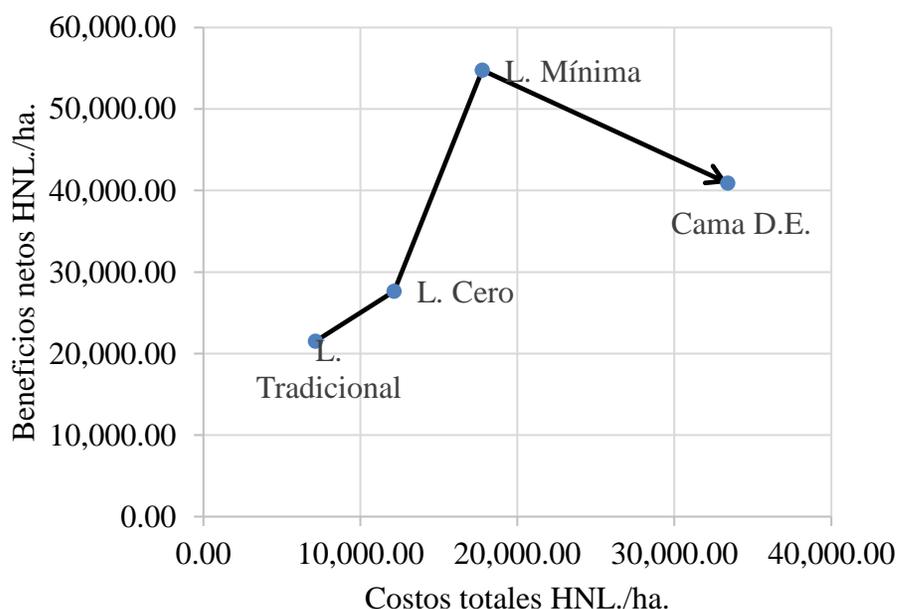


Figura 7. Curva de beneficios de la evaluación de cuatro tratamientos de conservación de suelo y la variedad de frijol Seda.

Los datos calculados para el análisis marginal fueron de utilidad para el análisis beneficio-costos. Este análisis fue de utilidad para evaluar la factibilidad de los tratamientos para poder recomendar los productores las prácticas con mayor viabilidad de acuerdo a lo que están dispuestos a invertir. Los cuatro tratamientos tuvieron relación B/C mayor que uno, es por eso que cualquiera de los cuatro puede ser recomendado. Sin embargo, el tratamiento L.

Tradicional con la variedad Amadeus 77 fue el que económicamente es más viable. No obstante, no significa que esta sea la más viable ambientalmente. Al usar la variedad Seda el tratamiento con mayor relación B/C fue L. Mínima. Al observar que todos los valores son mayores a uno se interpreta que se recupera la inversión y se obtiene ganancias dependiendo de valor mayor a 1.

Cuadro 8. Relación beneficio-costo de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	CTV	Beneficios netos (HNL./ha)	Relación B/C
	(HNL./ha)		
<b>A77</b>			
L. Tradicional	7,144.40	50,244.10	7.0
L. Cero	12,144.40	29,940.50	2.5
L. Mínima	17,769.40	67,675.70	3.8
Cama D.E	33,394.40	68,629.60	2.1
<b>Seda</b>			
L. Tradicional	7,144.40	21,520.60	3.0
L. Cero	12,144.40	27,635.60	2.3
L. Mínima	17,769.40	54,770.60	3.1
Cama D.E	33,394.40	40,900.60	1.2

## 4. CONCLUSIONES

- Al evaluar las variedades Amadeus 77 y Seda con los tratamientos, Doble Excavado, Labranza Mínima, Labranza Cero y Labranza Tradicional. Los valores de rendimiento fueron 33,394.40, 17,769.40, 12,144.40, 7,144.40 HNL./ha respectivamente. Las Camas de Doble Excavado presentaron el mayor rendimiento con un aumento del 36%. Así mismo, al evaluar estadísticamente las variables fisiológicas del cultivo, fue notorio que las Camas de Doble Excavado presentaron diferencias significativas a comparación con los demás tratamientos.
- La forma de producción agroecológica con Cama de Doble Excavado mejora característica de porosidad, textura del suelo y aumenta el rendimiento a largo plazo de los cultivos. Es una práctica que puede ser utilizada por los pequeños productores como respuesta a la inseguridad alimentaria y al cambio climático en América Latina. Así mismo, provee servicios de conservación de nutrientes y materia orgánica del compost y retención de humedad por lo que el uso del agua es menor.
- Económicamente el tratamiento con mejores resultados fue Labranza Mínima, el cual presentó una tasa de retorno marginal en la variedad Amadeus 77 y Seda de 164% y 482% respectivamente. A diferencia con los demás tratamientos sus costos fueron mínimos y beneficios relativamente altos, por lo que, es la mejor opción para recomendar a un productor bajo las mismas condiciones en las que se realizó este ensayo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Pese a que, económicamente el tratamiento Camas de Doble Excavado no fue el que presento mayores resultados, se recomienda realizar un análisis económico posterior a un lapso largo de tiempo de utilizar esta práctica, para que así se pueda evaluar la disminución de costos de mano de obra, los cuales fueron los más altos en el análisis marginal.
- Este ensayo fue realizado en época seca bajo condiciones de riego controladas, por lo que se recomienda realizar un estudio en época lluviosa que coordinara con la época en la que un productor sembraría su cultivo, esto conllevaría a que la socialización de esta práctica sea verídica para los productores.
- Realizar un análisis estadístico en las que se incluya las variables de rendimiento, para corroborar la veracidad de los resultados obtenidos ya que en este estudio se homogenizo las muestras por tratamiento.

## 6. REFERENCIAS

- Alarcón, I. y Burgos, K. (2016). *Selección de líneas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) tolerantes a estrés hídrico con mayor eficiencia fisiológica y rendimiento: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana*, 2016. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5887/1/CPA-2016-T005.pdf>, pp. 12-17.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2013). *Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas*, pp. 1-8.
- Andrango, R. y Castro, A. (2012). *Manual del Huerto Familiar con Enfoque Biointensivo: Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central "PROMIPAC"*. Honduras.
- Bonilla, A. (2014). Patrones de sequía en Centroamérica: Su impacto en la producción de maíz y frijol y uso del Índice Normalizado de Precipitación para los Sistemas de Alerta Temprana, 4–7. Recuperado de [http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM\\_Files/Patrones%20de%20sequ%C3%ADa\\_FIN.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Patrones%20de%20sequ%C3%ADa_FIN.pdf)
- Chacón, K. y Solís, E. (2011). *Desarrollo de Huerta Biointensiva en San Alberto de Siquirres, Limón, CR. Guía Básica de Campo para su implementación*. Costa Rica, pp. 12-18.
- Cortés, A. (2010). *Comparación de diferentes variedades de maíz bajo un sistema de producción orgánica biointensiva*. México, pp. 34.
- Easterling, W., Aggarwal, P., Batima, P., Brander, K., Erda, L., Howden, S., Tubiello, F. (2007). Food, fibre and forest products. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter5.pdf>
- Evans, E. (2005). Análisis Marginal: Un Procedimiento Económico para Seleccionar Tecnologías o Prácticas Alternativas. Recuperado de [http://edis.ifas.ufl.edu/fe573#FOOTNOTE\\_2](http://edis.ifas.ufl.edu/fe573#FOOTNOTE_2), pp. 1-4.
- Francis, C. (1986). *Multiple Cropping Systems*. MacMillan.

- Gómez, F. (2012). *Evaluación del rendimiento y calidad nutricional en la producción de un cultivo de acelga (Beta vulgaris L. var. Fordhook Giant) bajo dos sistemas de producción agrícola*. México, pp. 49-55.
- Gómez, R., Lázaro, G. y León, J. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y ciencia*, 24(1), pp. 11–20.
- Granadino, M. y León, O. (2016). *Evaluación de frijol común (Phaseolus vulgaris) por su tolerancia a suelos de baja fertilidad*: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5851/1/CPA-2016-T055.pdf>, pp. 14-20.
- Jeavons, J. (2002). Cultivo biointensivo de alimentos. *CULTIVE BIOINTENSIVAMENTE*, 6a, pp. 6-8.
- Kreft, S., Eckstein, D., Junghans L., Corestan C. y Hagen U. (2014). *Global climate risk index 2015: Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2013 and 1994 to 2013*. (Birgit Kolboske y Lindy Devarti). Germanwatch, Berlín.
- Landa, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático, pp. 9-12.
- Levine, T. y Encinas, C. (2007). Adaptación al cambio climático: Experiencia en América Latina, pp. 6-8.
- Lezcano, A. (2016). *Análisis de vulnerabilidad de sistemas agrícolas ante variabilidad climática en San Antonio de Oriente, F.M., Honduras*: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5732/1/IAD-2016-T023.pdf>, pp. 14-20.
- Morais, H., Caramori, P., Ribeiro, A., Gomes, J. y Koguish. M. (2006). Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil., pp. 763–770.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *FAO Statistical Book* (1era, pp. 4-21).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). El Niño provoca cuantiosas pérdidas en las cosechas de América Central. Recuperado de <http://www.fao.org/news/story/es/item/328686/icode/>

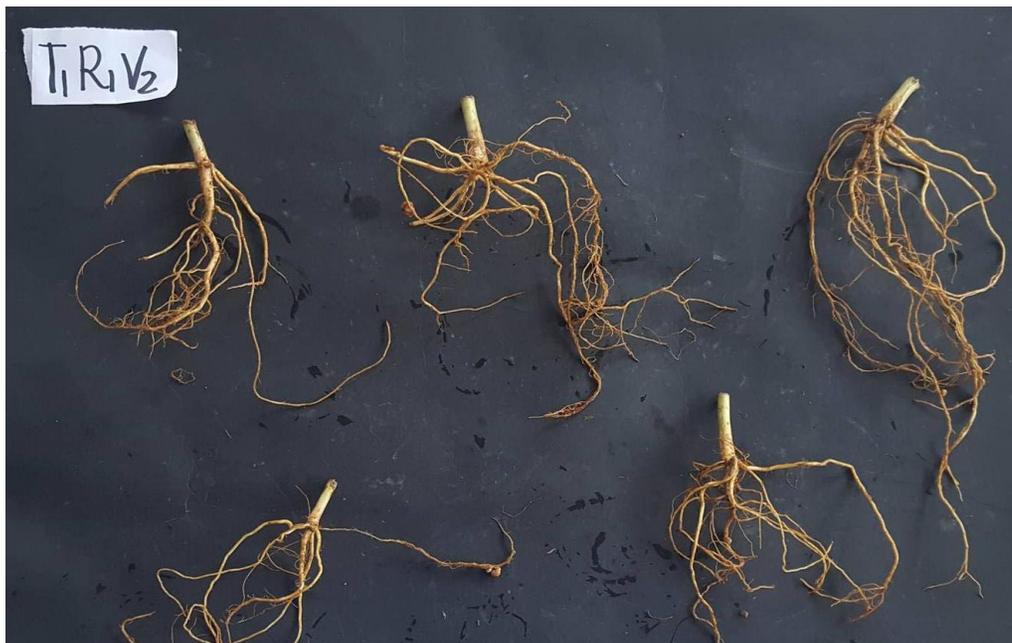
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). América Central - Actualización sobre la sequía. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4926s.pdf>, pp. 2-8.
- Perrin, R., Winkelmann, D., Moscardi, E. y Anderson, J. (1976). *La formulación de recomendaciones a través de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*, pp. 11-70.
- Polanía, J. A., Rao, I. M., Beebe, S. y García, R. (2009). Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. *Agronomía Colombiana*, 27(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180314730004.pdf>, pp.6
- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria. (2011). Centroamérica Proyecto Food Facility Honduras Seguridad Alimentaria Y Nutricional, Conceptos Básicos, pp.1-7.
- Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático. (2012). Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos, pp. 1-4.
- Rosas, J. (2011). *Contribuciones del Programa de Investigaciones en Frijol en Centro América y El Caribe* (52<sup>a</sup> ed.), pp.1-3.
- Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras. (2017). Reporte quincenal de precios de supermercados, pp. 1-2.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Foto de ensayo en la Finca Agroecológica Zamorano.



**Anexo 2.** Análisis visual de raíces, tratamiento Doble Excavado.



**Anexo 3.** Análisis visual de raíces, tratamiento Labranza Cero.

