

**Un sistema de siete hortalizas en policultivos
con cuatro dosis de fertilización evaluando
rendimientos, uso equivalente del terreno
(UET), UET financiero y de nutrientes**

**Sherol Ninoska Espinal Ávila
Dlous Onesias**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Un sistema de siete hortalizas en policultivos
con cuatro dosis de fertilización evaluando
rendimientos, uso equivalente del terreno
(UET), UET financiero y de nutrientes**

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

Presentado por

**Sherol Ninoska Espinal Ávila
Dlous Onesias**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Un sistema de siete hortalizas en policultivos con cuatro dosis de fertilización evaluando rendimientos, uso equivalente del terreno (UET), UET financiero y de nutrientes

Presentado por:

Sherol Ninoska Espinal Ávila
Dlous Onesias

Aprobado:

Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera de Ingeniería Agronómica

Ulises Barahona, Ing.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Onesias, D., Espinal, S. 2011. Un sistema de siete hortalizas en policultivos con cuatro dosis de fertilización evaluando rendimientos, uso equivalente del terreno (UET), UET financiero y de nutrientes. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 36 p.

Actualmente, la agricultura necesita implementar ciertos métodos eficientes de producción como los policultivos que garanticen el aprovechamiento adecuado de los recursos disponibles, el aumento de los rendimientos, el uso eficiente del terreno y de nutrientes. El objetivo fue evaluar rendimientos, uso equivalente del terreno, financiero y de nutrientes en un sistema de asociación de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga, rábano, camote y ayote. El estudio se realizó en el lote 14 de Zona 2 en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Los tratamientos incluyen los siete cultivos en monocultivos y combinaciones de policultivos aumentando hasta tenerlos todos en una parcela. También hubo tratamientos con variaciones en las dosis de fertilización y sin pesticidas. El maíz dulce y la lechuga se trasplantaron en la cama al mismo tiempo de la siembra habichuela, rábano y yuca; ayote y camote sucedieron después de los primeros cuatro. Se sembraron en densidades apropiadas con el espacio en la cama y su fertilización acorde. Los cultivos yuca, maíz dulce y habichuela rindieron más en el nivel de fertilización de 75%, y lechuga, rábano, camote y ayote respondieron mejor en el de 100%. En cualquier combinación de policultivos se obtuvieron UET total y UETf total mayores a 1.0 con UET máximo de 5.38 y UETf de 1.52 (ambos con YMHLRCA 75%). Policultivos sin pesticidas rindieron y obtuvieron ingresos iguales equivalente con pesticidas. Extracciones aparentes (NPK), siempre fue en las más eficientes con policultivos y dosis reducidas de fertilizantes. Los policultivos con muchos cultivos intercalados tienen mucho potencial a rendir más, ingresar más y aprovechar mejor los nutrientes que un monocultivo para un espacio dado. El potasio fue el nutriente más extraído aparentemente mientras que el más bajo fue el fósforo.

Palabras claves: Cultivos en asociación, niveles de fertilización.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iv
Contenido.....	v
Índice de cuadros, figuras y anexos	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4. CONCLUSIONES.....	30
5. RECOMENDACIONES.....	31
6. LITERATURA CITADA.....	32
7. ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamientos de monocultivos y combinaciones de policultivos en Zamorano Honduras.....	7
2. Especificación de la variedad y cantidad de semilla utilizada por cada cultivo.....	8
3. Las densidades para los tratamientos de mono y policultivos.....	9
4. Aporte en porcentaje de nutrientes de los fertilizantes, comerciales comúnmente utilizado y abono orgánico	10
5. Nutrientes requeridos, aporte de abono orgánico y necesidades restantes de fertilizantes sintéticos	11
6. Distribución la de aplicación del fertilizante sintético y el abono.....	12
7. Comparación de los rendimientos comerciales de yuca en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y por planta en Zamorano, Honduras.....	17
8. Comparación de los rendimientos comerciales de maíz dulce en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y por planta en Zamorano, Honduras.....	18
9. Comparación de los rendimientos comerciales de habichuela en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y por planta en Zamorano, Honduras.....	19
10. Comparación de los rendimientos comerciales de lechuga en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y gramos por planta en Zamorano, Honduras.....	20
11. Comparación de los rendimientos comerciales de rábano en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y gramos por planta en Zamorano, Honduras.....	20
12. Comparación de los rendimientos comerciales de ayote en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y por planta en Zamorano, Honduras.....	21
13. Comparación de los rendimientos comerciales de camote en monocultivos y policultivos en kilogramos por hectárea y por planta en Zamorano, Honduras.....	22
14. Comparación de los rendimientos comerciales de los siete monocultivos y de sus respectivos policultivos con un sistema de maíz seguido de ayote en Zamorano, Honduras.....	23
15. Uso equivalente del terreno parcial y total en los policultivos de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga y rábano en Zamorano, Honduras.....	25
16. Comparación de los ingresos (L.) parciales y totales de policultivos y monocultivos con referencia a la producción de maíz luego ayote.....	27

17. UETf parciales y total con referencia a la producción de maíz luego ayote (L. 290,000/ha).....	27
18. Comparación entre eficiencia aparente de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio.....	29

Figuras	Página
1. El calendario indica cuándo fueron sembrados los cultivos.....	8
2. Efecto de los niveles de fertilización en el uso equivalente del terreno (UET) en Zamorano, Honduras	25
3. Efecto de los niveles de fertilización en el uso equivalente de nutrientes (UEN) en Zamorano, Honduras	29

Anexos	Página
1. Aleatorización de los tratamientos en campo.....	34
2. Distribución de los cultivos en una cama en el sistema de policultivo.	35
3. Análisis de los nutrientes potencialmente disponibles en el suelo.	36

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha visto un incremento de los problemas relacionados con la producción de comida suficiente para una creciente población, y con el descuido del medio ambiente, causados por la utilización desordenada de los recursos naturales e insumos no renovables y por la contaminación de los ecosistemas a nivel mundial. Actualmente, la agricultura necesita implementar ciertos métodos eficientes de producción que garanticen el aprovechamiento adecuado de los recursos disponibles, la obtención de altos rendimientos y el uso eficiente del terreno.

Una de las alternativas para producir sosteniblemente son los policultivos. Esta actividad consiste en una combinación de dos o más cultivos que se interactúan entre sí, en un mismo espacio o parcela de tierra (Ortiz 1993). Este sistema de producción permite: el uso eficiente del terreno; la reducción en costos de plaguicidas debido a que existe una biodiversidad más estable que atrae enemigos naturales; la facilitación en el control de malezas ya que hay poco espacio para su desarrollo; un mejor manejo del suelo porque se disminuye la erosión y la pérdida de nutrientes y buen aprovechamiento de la disponibilidad de luz, agua y nutrientes. Según la FAO, debido a esa combinación de factores beneficiosos “En la mayoría de los sistemas de cultivos múltiples desarrollados por pequeños agricultores, la productividad en términos de productos cosechables por área unitaria es mayor que en los sistemas de cultivo único con el mismo nivel de manejo. El aumento en los rendimientos puede oscilar entre el 20 y el 60%.”(FAO 2003)

Este sistema de producción permite generar resultados favorables como la biodiversidad de especies en el ecosistema, incrementar la productividad en los rendimientos de los cultivos, controlar naturalmente las plagas, disminuyendo el uso de agroquímicos, un aumento de flujo de caja y una reducción de riesgo para los productores. Para esto se requiere un conocimiento previo acerca de las características más sobresalientes de los cultivos y de esta forma realizar correctamente los procesos desde la selección y siembra de los cultivos indicados hasta la cosecha de los mismos.

Con los policultivos se podría establecer un plan de fertilización, que facilite la reducción en los costos de producción, al aplicar cantidades más bajas de fertilizantes debido al aprovechamiento de los nutrientes por los cultivos. El suelo, por ser uno de los recursos naturales más importantes que posee el hombre para producir alimentos, requiere una implementación de estrategias propicias para mejorar su manejo, disminuyendo el impacto del manejo tradicional, y con el manejo de policultivos el suelo se ve beneficiado. En países como Nigeria, Estados Unidos y Costa Rica se han llevado a cabo distintos experimentos en relación a la producción de policultivos, evaluando factores como: el

manejo del suelo y el control de plagas, obteniendo resultados que se traducen en posibles soluciones a los problemas en la agricultura (Liebman 1999).

En Zamorano se han realizado ensayos de este sistema de producción con maíz dulce, habichuela y pepino evaluando rendimientos, valor económico y supresión de malezas (Achupallas Meza y Gaitán Pérez 2009); con maíz dulce, habichuela y ayote con diferentes densidades de siembra evaluando el uso equivalente del terreno y control de malezas (Guerreo Soler y Herrera Egüez 2010); con maíz dulce, habichuela y pepino con diferentes dosis de fertilización evaluando la eficiencia de extracción de nutrientes (Enciso Espínola y Espinoza Arteaga 2010). En todos los ensayos encontraron que los policultivos siempre tienen ventajas sobre los monocultivos.

Además, Pérez Atencio y Ruíz Guerra (2010) desarrollaron un ensayo de policultivos de cinco (yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga y rábano) en cuanto al uso equivalente del terreno, ingresos y control de malezas. Para darle seguimiento al proyecto se añadieron dos cultivos más al sistema de producción (camote y ayote como cultivos en sucesión de lechuga y rábano, respectivamente); evaluando además cuatro dosis de fertilización (50, 75, 100 y 125%) a partir de los rendimientos que se obtuvieron de cada unidad experimental, con las siguientes variables: el uso equivalente del terreno UET, UET financiero y la eficiencia de nutrientes EUN. Dentro de este ensayo Nieto Sáenz (2010) evaluó el efecto de la asociación de dichos cultivos en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos.

INFORMACIÓN BÁSICA DE LOS CULTIVOS

Yuca. La yuca (*Manihot esculenta*) pertenece a la familia Euforbiaceae y constituye uno de los alimentos fundamentales en Centroamérica y otros países, especialmente en aquellas zonas con déficit alimentario, por su importante contenido proteico y energético (Lardizábal 2002). La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura. Su ciclo vegetativo es de 8 a 10 meses y por su naturaleza rústica se puede sembrar y cosechar durante todo el año. El tallo de la yuca puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Se tiene que darla un buen manejo en cuanto de malezas debido a que presenta un crecimiento lento en los primeros meses (Lardizábal 2002).

El cultivo requiere un clima tropical húmedo ya que obtiene su producción máxima en un rango de temperatura de entre 25-29 °C, siempre que haya humedad disponible suficiente el periodo de crecimiento. La yuca es un cultivo que no es muy exigente en cuanto a suelo; se da en suelos de baja hasta en aquellos de alta fertilidad y de suelos de alto contenido de materia orgánica. Los suelos han de tener un pH ligeramente ácido entre 6-7. El distanciamiento de siembra está entre 0.90 a 1.10 m entre plantas (Lardizábal 2002). En sistemas de policultivos, la yuca frecuentemente tiene el papel eje, dentro del cual los otros cultivos se siembran para aprovechar el espacio disponible en etapas tempranas de crecimiento.

Maíz. El maíz (*Zea mays*) una planta de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. Pertenece a la familia de Gramíneas. El tallo del maíz puede alcanzar una longitud de 4m de altura, es muy robusto y sin ramificaciones. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, parecidas a la caña. El maíz tiene raíces fasciculadas con misión de aportar un perfecto anclaje a la planta. Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula (Guerrero 1999).

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C y bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También prefieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. El maíz es una planta herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo varía 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha (Guerrero 1999). El maíz en cultivos de asociación es el que mejor aprovecha la luz debido su forma de crecimiento además permitió agregar más cultivos al igual que la yuca aprovechando el espacio. Además debido a que tiene un sistema radicular profundo aprovecha los nutrientes de manera eficiente.

Habichuela. El cultivo de habichuela (*Phaseolus Vulgaris*) pertenece a la familia de Leguminosa. Es una planta anual con un periodo vegetativo entre 70 a 90 días después de siembra. El cultivo presenta hábitos de crecimiento determinado o arbustivo, e indeterminado o voluble. Sus raíces tienden a ser fasciculada o fibrosa presentando una amplia variación dentro de las variedades. Sus raíces pueden alcanzar hasta 140 cm en suelos arenosos (Schwartz y Galvez 1980). La planta puede presentar tallo erecto y hojas trifoliadas, de peciolo largos con estípulas pequeñas o agudas con o sin pubescencia. Las inflorescencias están colocadas en un racimo terminal o lateral y la flor es considerada como completa con un color de morado a blanco. El fruto es una vaina con dos valvas proviniendo del ovario comprimido y de verde amarilla a verde según la variedad (Schwartz y Galvez 1980).

El cultivo prefiere temperaturas entre 16 a 25 °C y tipos de suelos van desde textura liviana hasta pesada con una buena fertilidad. Los pH más favorables oscilan entre 6 y 7 y fuera de estos límites de afectan la producción (Schwartz y Galvez 1980). La habichuela fija nitrógeno de la atmósfera beneficiándose este y los demás cultivos en el sistema de asociación.

Lechuga. La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una herbácea de tipo anual y autógama que pertenece a la familia Compositae. Tiene raíz pivotante y corta de profundidad menor de 25 cm y con ramificaciones. Desde la siembra de la semilla, el cultivo tiene un ciclo reproductivo entre los 60 a 80 días. Para germinar, la semilla requiere una temperatura óptima que oscila entre 18-20 °C. La lechuga durante la fase de crecimiento requiere temperaturas entre 14-18 °C por el día y 5 °C por la noche. El cultivo de lechuga soporta más las temperaturas bajas que las altas. Si la lechuga soporta por un buen tiempo bajas

temperaturas, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con deficiencias nutricionales. (Alcazar 2010)

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. La lechuga prefiere suelos ligeros, arenosa-limosos, con buen drenaje y situando el pH óptimo entre 6.7-7.4. Bajo un buen manejo y un buen riego, se puede cultivar este cultivo durante todo el año. En los suelos humíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar (Alcazar 2010). La plantación se realiza en caballones o en banquetas a una altura de 25 cm y la distancia entre plantas es de 30 cm. La plantación debe hacerse de forma que la parte superior del cepellón quede a nivel del suelo, para evitar podredumbres al nivel del cuello y la desecación de las raíces (Alcazar 2010).

Rábano. El rábano (*Raphanus sativus* L.) es una planta bianual que pertenece a la familia Cruciferae. Es una hortaliza que crece con gran rapidez. Es una raíz engrosada y succulenta de color externo rojizo, rosa, blanco o combinado. El rábano prefiere los climas templados, teniendo en cuenta que hay que proteger al cultivo durante las épocas de elevadas temperaturas. La temperatura óptima de germinación está entre 20-25 °C (Centro de Investigaciones y Promoción de Iniciativas para Conocer y Proteger la Naturaleza 2010). Su posterior desarrollo se da en una temperatura promedio de 15-18° C. El ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas o del tipo de cultivar pero comúnmente el periodo típico es de cuatro semanas. (Casseres 1981) Sin embargo, en nuestro caso en zamorano se demora máximo un mes. Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos. El pH debe oscilar entre 5.5 y 6.8. El rábano ocupa poco espacio en el sistema y aprovechó los nutrientes superficiales por su sistema radicular que es poco profundo.

Ayote. El cultivo de ayote (*Cucurbita moschata*) es una planta anual que pertenece a la familia de Cucurbitácea. Se le da en la mayoría de los casos en una siembra intercalada de cultivos y esto ayuda a proteger el suelo, controlar malezas y contribuir a la producción de alimentos. El ayote es una de las especies que tienen crecimiento rastrero y a veces enredador. El crecimiento vigoroso con tallos largos y angulosos (hasta 10 metros) y hojas grandes permite una buena cobertura del suelo. Además las raíces adventicias en los nudos ayudan a fijar la planta en el suelo (REDCAHOR 1999).

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la variedad, la cosecha inicia a los 90-120 días después de la siembra. Tolera temperaturas altas de las zonas tropicales bajas, durante la fructificación prefieren temperaturas entre 27-29 °C. Prefiere suelos franco-arenosos, muy profundos y pH de 5.5-6.8 (REDCAHOR 1999). El ayote, al igual que el camote, aprovechó el sistema en luz, espacio y nutrientes por su sistema de crecimiento. Además, por su ciclo largo, aprovechó al igual que la yuca los nutrientes de los residuos de los otros cultivos.

Camote. La planta del camote (*Ipomoea batata*) pertenece a la familia Convolvulaceae. Este cultivo pertenece al grupo de raíces y tubérculos. Su manejo es muy fácil, de pocos insumos y de bajo costo. Su crecimiento es rastrero y sus tubérculos los produce en el interior del suelo (Bonilla 2009). El clima preferido del camote es tropical ya que crece bien desde 20 a 35 °C. Se adapta a diversos tipos de suelos pero lo preferible son los francos a franco arenosos con buena nivelación y buen drenaje. Tolera los suelos moderadamente ácidos con pH comprendidos entre 4.5 a 7.5, siendo el óptimo pH 6. Debido a que es un tubérculo es preferible cultivarlo en camas levantadas y la cosecha está lista a los cuartos meses después de la siembra (Bonilla 2009). El camote se puede sembrar en diferentes épocas del año, y depende de la demanda del mercado y un buen manejo del suelo. La cosecha se hace entre 110-120 días después de siembra (Bonilla 2009). El camote por su sistema de crecimiento rastrero adaptó bien a policultivos aprovechando espacio, luz y nutrientes.

Con referencia a las investigaciones sobre policultivos realizadas en años anteriores tanto en Zamorano, Honduras como en otros países, se pueden observar que los resultados han sido en su mayoría exitosos y han servido como herramientas para ser implementadas en los campos de producción de las áreas rurales. Los beneficios que brinda la producción de policultivos actualmente están enfocados en los pequeños productores, ya que representa una alternativa para obtener rendimientos deseables de diferentes especies, utilizando eficientemente el terreno, facilitando algunas prácticas de mantenimiento de los cultivos y a la vez reduciendo los costos de producción. Sin embargo, se considera que esta herramienta es de escala neutra y se podrá aplicar a plantación grandes también.

Objetivos

- Evaluar la producción de yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), habichuela (*Phaseolus vulgaris*) lechuga (*Lactuca sativa*), rábano (*Raphanus sativus*), camote (*Ipomoea batata*) y ayote (*Cucurbita moschata*) en monocultivos y policultivos.
- Evaluar el uso equivalente del terreno (UET) en policultivos.
- Evaluar rentabilidad de los sistemas (UETf).
- Evaluar el eficiencia del uso de nutrientes (EUN) en policultivos comparados con los monocultivos.
- Evaluar los rendimientos que corresponden a los diferentes niveles de fertilización (50, 75, 100, 125%) en los policultivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se llevó a cabo en el lote 14 de Zona 2 en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán a 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras. Este lugar se encuentra a 800 msnm, con una precipitación promedio anual de 1100 mm, distribuida de mayo a octubre y una temperatura promedio de 24 °C. Los suelos del sitio son franco arcillosos con un pH entre 5.5 y 6.5 y 1.5% de materia orgánica.

Preparación del terreno. El terreno fue preparado con maquinaria un mes antes de la siembra. Esta preparación consistió de una limpieza del terreno, pase de rastra pesada y rastra liviana. Después se levantaron camas, separadas a 1.5 m y medían 0.90 m de ancho y 0.40 m de alto cada una. Finalmente se instaló el sistema de riego por goteo con dos cintas por cama con un caudal de 0.60 L/h y 8 psi. Para el control preventivo de malezas y limpieza del terreno se realizó una pregerminación de las mismas a los 14 días antes de la siembra y luego se aplicó glifosato.

Diseño experimental y tratamientos. El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA). Se hicieron cuatro bloques con 18 tratamientos, ocho con monocultivos y 10 con policultivos. En el caso de los tratamientos de monocultivo de rábano y de ayote se usó la misma unidad experimental para ambas, el ayote fue la sucesión del rábano; lo mismo con los tratamientos de monocultivo de lechuga y camote, el camote siguiendo la lechuga. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 6 m × 6 m, que fueron marcados con estacas e identificados con tarjetas.

Los tratamientos (Cuadro 1) consistieron en ocho monocultivos; yuca (Y), maíz dulce (M), maíz dulce natural (sin pesticidas, Mn), habichuela (H), lechuga (L), rábano (R), camote (C) y ayote (A) que fueron comparados con los policultivos; MH, YLR, YMLR, YHLR y YMHLRCA. Todos los monocultivos recibieron el 100% de fertilización.

En el caso del policultivo se añadieron los tratamientos con 50, 75, 100 y 125% de la dosis de fertilización para realizar las comparaciones correspondientes. Al igual del maíz dulce natural, en el caso de los policultivos MH y YMHLRCA se agregaron dos tratamientos sin pesticidas o natural, MH(n) y YMHLRCA (n), los cuales se compararon en cuanto a la riqueza biótica. Dichos datos fueron tomados y tabulados por Nieto Sáenz (2010).

Cuadro 1. Tratamientos de monocultivos y combinaciones de policultivos en Zamorano Honduras.

#	Tratamiento	Descripción
1	Yuca (Y)	Monocultivo de yuca
2	Maíz dulce (M)	Monocultivo de maíz dulce
3	Maíz dulce (Mn)	Monocultivo de maíz dulce; sin pesticidas
4	Habichuela (H)	Monocultivo de habichuela
5	Lechuga (L)	Monocultivo de lechuga
6	Rábano (R)	Monocultivo de rábano
7	Camote (C)	Monocultivo de camote
8	Ayote (A)	Monocultivo de ayote
9	MH	Policultivo de maíz dulce y habichuela
10	MH (n)	Policultivo de maíz dulce y habichuela; sin pesticidas
11	YLR	Policultivo de yuca, lechuga/camote y rábano/ayote.
12	YMLR	Policultivo de yuca, maíz dulce, lechuga/camote y rábano/ayote.
13	YHLR	Policultivo de yuca, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote.
14	YMHLRCA(50%)	Policultivo de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote; con 50% de la fertilización
15	YMHLRCA(75%)	Policultivo de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote; con 75% de la fertilización
16	YMHLRCA(100%)	Policultivo de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote; con 100% de la fertilización
17	YMHLRCA(n)	Policultivo de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote; sin pesticidas
18	YMHLRCA(125%)	Policultivo de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga/camote y rábano/ayote; con 125% de la fertilización

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

Análisis estadístico. Se analizaron los datos con el programa SAS[®] “Statistical Analysis System” El análisis de varianza se hizo con el modelo general lineal. Las separaciones de medias con la prueba Tukey, ambos con el nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

SIEMBRA/TRASPLANTE DE LOS CULTIVOS

Preparación de plántulas. La siembra/trasplante se realizó simultáneamente para los cultivos de yuca, maíz dulce, habichuela y rábano. La lechuga se trasplantó en campo una semana antes de sembrar/trasplantar los demás cultivos. Para las plántulas de maíz dulce y lechuga el sustrato usado fue de marca Kekkila, en bandejas de 96 agujeros para la lechuga y 216 agujeros las bandejas de maíz dulce. Las plántulas de lechuga permanecieron en las bandejas 21 días antes de ser trasplantadas y las plántulas de maíz 12 días.

El rábano y la habichuela fueron sembrados directamente en la cama; con una semilla por postura en el caso de la habichuela y el rábano se sembró a chorro corrido, con un raleo posterior de modo que la distancia entre cada planta fuera de 5 cm.

La yuca se plantó utilizando esquejes recién cortados de 30 cm cada uno, y estos se plantaron de forma inclinada (45°). Para el ayote se utilizaron plántulas las cuales permanecieron en bandejas diez días antes del trasplante. El camote se plantó con esquejes de seis a siete yemas cada uno. (Cuadro 2) indica la variedad utilizada de cada cultivo y figura 1 indica el calendario de siembra de los cultivos. Para maíz dulce, lechuga y ayote que fueron trasplantados, el color pálido representa plántulas y el más vivo su tiempo en campo.

Cuadro 2. Especificación de la variedad y tipo de material utilizados por cada cultivo.

Cultivo	Tipos de material	Variedad
Yuca	Estaca	Valencia
Maíz dulce	Plántula	Sweet Valley
Habichuela	Semilla	Opus
Lechuga	Plántula	Variedades tipo hoja
Rábano	Semilla	Crimson Giant
Camote	Esqueje	Bushbuck
Ayote	Plántula	Seminole Pumpkin

Cultivos	Jun-10				Jul-10				Ago-10				Sep-10				Mar-11				Abr-11				May-11				Jul-11							
	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	31	4	11	18	25	3	10	17	24	31	...	5	12	19	26
Yuca																																				
Maíz dulce																																				
Habichuela																																				
Lechuga																																				
Rábano																																				
Ayote																																				
Camote																																				

Figura 1. Calendario de siembra de policultivos en Zamorano, Honduras.

Arreglos de plantas y densidad. El distanciamiento entre plantas dependió del cultivo y de la forma de producción en la que se encontraban en los tratamientos del proyecto. En los monocultivos (utilizados como parcelas de tratamiento testigo) la densidad de siembra fue 100% del distanciamiento propio de cada cultivo (densidad estándar de una siembra comercial). En los policultivos el porcentaje fue de acuerdo a la combinación de los cultivos con relación al aprovechamiento máximo del espacio con que se cuenta en el campo.

El maíz dulce se trasplantó en dos hileras por cama a 30 cm entre plantas y 40 cm entre hileras para todos los tratamientos. La habichuela se sembró con dos hileras por cama a 15 cm entre plantas y a 30 cm entre hileras para todos los tratamientos. El rábano en monocultivo se sembró a chorro corrido en cuatro hileras separadas a 20 cm y luego se

raleó de modo que las plantas quedaran a 5 cm entre plantas; en los policultivos se sembró a chorro corrido pero en dos hileras separadas a 60 cm y luego se raleó de modo que las plantas quedaran a 5 cm entre plantas. La lechuga en monocultivo se trasplantó en cuatro hileras separadas a 20 cm y entre plantas a 30 cm; en los policultivos se trasplantó en dos hileras separadas a 40 cm y entre plantas a 30 cm. La yuca en el monocultivo se plantó a una hilera y con plantas separadas a 40 cm; en los policultivos se plantó a una hilera con plantas separadas a 120 cm.

Cuadro 3. Las densidades para los tratamientos de mono y policultivos.

Sistema	Cultivo(s)	Densidad de siembra	Distancia/ plantas (m)	Distancia/ surcos (m)	Surcos/ cama	Plantas/ ha
Monocultivo	Yuca	100	0.40	1.50	1	16,667
Monocultivo	Maíz dulce, Maíz dulce (n)	100	0.30	0.80	2	44,444
Monocultivo	Habichuela	100	0.15	0.50	2	88,889
Monocultivo	Lechuga	100	0.30	0.25	4	88,889
Monocultivo	Rábano	100	0.05	0.25	4	533,333
Monocultivo	Camote	100	0.30	1.50	1	22,222
Monocultivo	Ayote	100	1.50	1.50	1	4,444
Policultivo MH,	Maíz dulce	100	0.30	0.80	2	44,444
Policultivo MH (n)	Habichuela	100	0.15	0.50	2	88,889
Policultivo YLR	Yuca	33	1.20	1.50	1	5,500
	Lechuga	50	0.30	0.45	2	44,444
	Rábano	50	0.10	0.45	2	266,667
Policultivo YMLR	Yuca	33	1.20	1.50	1	5,500
	Maíz dulce	100	0.30	0.80	2	60,000
	Lechuga	50	0.30	0.45	2	44,444
	Rábano	50	0.10	0.45	2	266,667
Policultivo YHLR	Yuca	33	1.20	1.50	1	5,500
	Habichuela	100	0.15	0.50	2	88,889
	Lechuga	50	0.30	0.45	2	44,444
	Rábano	50	0.10	0.45	2	266,667
Policultivos YMHLRCA (50%, 75%, 100%, 125%, n)	Yuca	33	1.20	1.50	1	5,500
	Maíz dulce	100	0.30	0.80	2	44,444
	Habichuela	100	0.15	0.25	2	88,889
	Lechuga	50	0.30	0.55	2	44,444
	Rábano	50	0.10	0.70	2	266,667
	Camote	100	0.30	1.50	1	22,222
	Ayote	100	1.50	1.50	1	4,444

El ayote y el camote fueron una sucesión de los cultivos de rábano y lechuga respectivamente, por lo que las parcelas de estos monocultivos fueron las mismas en diferente tiempo de ocupación. El ayote se trasplantó a una hilera y las plantas separadas a 150 cm en todos los tratamientos. El camote se plantó a una hilera con plantas separadas a 30 cm en todos los tratamientos.

En la habichuela se resembró 15 días después de la siembra; el maíz dulce y la lechuga también se retrasplantó 15 días después del primer trasplante. Esto se debió a la alta precipitación que provocó anegamiento en el terreno y por consiguiente resultó en la mortalidad de la mayoría de las plantas.

Fertilización. Previamente a la siembra/trasplante se analizó el suelo. Se decidió aplicar una dosis normal de nutrientes, porque siembras anteriores en el mismo sitio habían respondido a aplicaciones de fertilizantes, por lo que no se quiso introducir un factor de sesgo en el ensayo.

Fuentes. Según el análisis del laboratorio de suelos de Zamorano, el abono orgánico aportó los porcentajes totales en base seca de los siguientes nutrientes: nitrógeno 1.12%, fósforo (P_2O_5) 0.93% y potasio (K_2O) 0.61% (Cuadro 4). Se aplicó el abono orgánico a razón de $30\text{ m}^3/\text{cultivo}$, una densidad de 300 kg/m^3 y una disponibilidad de 75% a través del estudio. Las formulaciones químicas fueron de acuerdo a los fertilizantes comerciales comúnmente utilizados en el departamento de Olericultura de Zamorano.

Cuadro 4. Aporte en porcentaje de nutrientes de los fertilizantes comerciales comúnmente utilizado y abono orgánico.

Fertilizantes	Aporte de nutrientes		
	N	P	K
MAP	12.00	61.00	0.00
Urea	46.00	0.00	0.00
Nitrato de potasio	13.00	0.00	46.00
Abono orgánico	1.12	0.93	0.61

Dosis. Se fertilizó de dos formas: con aplicación de abono al inicio del estudio y la diferencia por fertilizante sintético aplicado quincenalmente para balancear las necesidades nutricionales de los cultivos. Las dosis de fertilizantes sintéticos y de abono se basaron directamente en la densidad de cada cultivo en la siembra. Para monocultivos, eso representó una densidad estándar (100%), y en los policultivos se aplicó según la densidad relativa del cultivo presente en la mezcla. Por ejemplo en el caso de YMHLRCA recibió una dosis completa de N, P y K correspondiente a la densidad del 100% de maíz dulce, habichuela, ayote y camote en policultivos, una media aplicación de fertilizante correspondiente a la densidad de 50% de rábano y lechuga en policultivos, y un tercio de la dosis correspondiente a la densidad del 33% de yuca en policultivos (Cuadro 5). Para el policultivo de YMHLRCA además la fertilización sintética y orgánica se aplicó dosis al 50, 75, 100 y 125% para realizar las respectivas comparaciones.

Cuadro 5. Nutrientes requeridos, aporte de abono orgánico y necesidades restantes de fertilizantes sintéticos.

Cultivos	Sistema	% Densidad de cultivo	Demanda 100% (kg/ha)			Aporte del abono (Kg/ha)			Restante por sintético (kg/ha)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Yuca	Monocultivo	100	30	40	200	19	18	57	11	22	143
Maíz dulce, Maíz dulce (n)	Monocultivo	100	224	112	112	19	18	57	205	94	55
Habichuela	Monocultivo	100	112	90	90	19	18	57	93	72	33
Lechuga	Monocultivo	100	224	112	112	19	18	57	205	94	55
Rábano	Monocultivo	100	100	90	90	19	18	57	81	72	33
Camote	Monocultivo	100	80	80	80	19	18	57	61	62	23
Ayote	Monocultivo	100	162	112	112	19	18	57	143	94	55
Maíz dulce	Policultivo MH, MH (n)	100	224	112	112	19	18	57	205	94	55
Habichuela		100	112	90	90	19	18	57	93	72	33
Total		336	202	202	38	36	114	298	166	88	
Yuca	Policultivo YLR	33	10	13	67	6	6	19	4	7	48
Lechuga		50	112	56	56	10	10	29	103	47	28
Rábano		50	50	45	45	10	10	29	41	36	17
Total			172	114	168	25	25	76	147	89	92
Yuca	Policultivo YMLR	33	10	13	67	6	6	19	4	7	48
Maíz dulce		100	224	112	112	19	18	57	205	94	55
Lechuga		50	112	56	56	10	9	29	103	47	28
Rábano		50	50	45	45	10	9	29	41	36	17
Total				396	226	280	44	42	133	352	184
Yuca	Policultivo YHLR	33	10	13	67	6	6	19	4	7	48
Habichuela		100	112	90	90	19	18	57	93	72	33
Lechuga		50	112	56	56	10	9	29	103	47	28
Rábano		50	50	45	45	10	9	29	41	36	17
Total				284	204	258	44	42	133	240	162
Yuca	Policultivo YMHLRCA (50%)	33	5	7	34	6	6	19	-1	1	15
Maíz dulce		100	112	56	56	19	18	57	93	38	-1
Habichuela		100	56	45	45	19	18	57	37	27	-12
Lechuga		50	56	28	28	10	9	29	47	19	-1
Rábano		50	25	23	23	10	9	29	16	14	-6
Camote		100	40	40	40	19	18	57	21	22	-17
Ayote		100	81	56	56	19	18	57	62	38	-1
Total				375	254	281	101	96	304	274	158
Yuca	Policultivo YMHLRCA (75%)	33	8	10	50	6	6	19	1	4	31
Maíz dulce		100	168	84	84	19	18	57	149	66	27
Habichuela		100	84	68	68	19	18	57	65	50	11
Lechuga		50	84	42	42	10	9	29	75	33	14
Rábano		50	38	34	34	10	9	29	28	25	5
Camote		100	60	60	60	19	18	57	41	42	3
Ayote		100	122	84	84	19	18	57	103	66	27
Total				563	381	422	101	96	304	461	285
Yuca	Policultivo YMHLRCA (100%), YMHLRCA (n)	33	10	13	67	6	6	19	4	7	48
Maíz dulce		100	224	112	112	19	18	57	205	94	55
Habichuela		100	112	90	90	19	18	57	93	72	33
Lechuga		50	112	56	56	10	9	29	103	47	28
Rábano		50	50	45	45	10	9	29	41	36	17
Camote		100	80	80	80	19	18	57	61	62	23
Ayote		100	162	112	112	19	18	57	143	94	55
Total				750	508	562	101	96	304	649	412
Yuca	Policultivo YMHLRCA (125%)	33	13	16	84	6	6	19	6	10	65
Maíz dulce		100	280	140	140	19	18	57	261	122	83
Habichuela		100	140	113	113	19	18	57	121	95	56
Lechuga		50	140	70	70	10	9	29	131	61	42
Rábano		50	63	56	56	10	9	29	53	47	28
Camote		100	100	100	100	19	18	57	81	82	43
Ayote		100	203	140	140	19	18	57	184	122	83
Total				938	635	703	101	96	304	836	539

Distribución. La distribución de la fertilización sintética completa se realizó de acuerdo a la etapa de desarrollo de cada cultivo, de manera que se usó eficientemente el fertilizante (Cuadro 6). La distribución del abono se realizó en dos partes; la primera se aplicó en junio de 2010 y la segunda en agosto del mismo año, según las fechas de siembra de los primeros cinco cultivos y luego el camote y ayote respectivamente. Para policultivos en que correspondía aportes en ambas ocasiones, se aplicó en porcentaje apropiado según los cultivos sembrados en cada momento.

Cuadro 6. Distribución de la aplicación del fertilizante sintético y el abono en la producción de policultivos en Zamorano, Honduras.

Sistema	Cultivo	Ventana de aplicación (% de aplicación)										
		Jun-10	Jul-10	Ago-10		Sep-10	Oct-10	Nov-10	Dic-10...	Abr-11	May-11	Jun-11
		Abono	Sintético	Abono	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético
Monocultivo	Yuca	100	11	0	11	11	11	11	11	11	11	11
Monocultivo	Maíz dulce, Maíz dulce (n)	100	70	0	30							
Monocultivo	Habichuela	100	80	0	20							
Monocultivo	Lechuga	100	100	0								
Monocultivo	Rábano	100	100	0								
Monocultivo	Camote	0	0	100					10	25	35	30
Monocultivo	Ayote	0	0	100	10	30	30	30				
Policultivo MH, MH (n)	Maíz dulce	100	70	0	30							
	Habichuela		80		20							
Policultivo YLR	Yuca	100	11	0	11	11	11	11	11	11	11	11
	Lechuga		100									
	Rábano		100									
Policultivo YMLR	Yuca	100	11	0	11	11	11	11	11	11	11	11
	Maíz dulce		70		30							
	Lechuga		100									
	Rábano		100									
Policultivo YHLR	Yuca	100	11	0	11	11	11	11	11	11	11	11
	Habichuela		80		20							
	Lechuga		100									
	Rábano		100									
Policultivos YMHLRCA (50%, 75%, 100,125%,n)	Yuca	62	11	38	11	11	11	11	11	11	11	11
	Maíz dulce		70		30							
	Habichuela		80		20							
	Lechuga		100									
	Rábano		100									
	Camote								10	25	35	30
	Ayote						10	30	30	30		

Control de insectos y enfermedades. El control de insectos y enfermedades no fue el enfoque principal del proyecto. Sin embargo, lo estudió Nieto Sáenz (2010) para su evaluación de biodiversidad y poblaciones de insectos benéficos y de plagas. Se monitoreó el área de estudio dos días a la semana, observando y tomando muestras en cinco plantas por cultivo. Estas actividades fitosanitarias aseguraron que las plagas o enfermedades no causaran daño en los cultivos, lo que evitó cualquier limitante al estudio. La presencia de algunas plagas o enfermedades se controló con productos químicos, exceptuando los tratamientos naturales que por definición se buscaba evaluar la biodiversidad del sistema.

Control de malezas. El estudio actual no se enfocó en evaluar el control de malezas, pero para Pérez Atencio y Ruíz Guerra (2010) lo fue, así que este se realizó tanto químico como físico en todos los tratamientos por igual para evitar cualquier sesgo en los resultados. El químico se realizó por parte de la unidad de protección vegetal de Zamorano, aplicando solamente en los canales. Todos los desmalezados en camas se realizaron manualmente tomando los tiempos respectivos que se demoró en desmalezar una unidad experimental. Para determinar la eficiencia en el uso de la mano de obra se tomaron tiempos de desmalezados para que fueran relacionados con la cantidad de malezas que se tenían en cada bloque. Para la toma de estos datos se realizó primero el conteo de malezas en cada bloque y después se realizó el desmalezado de forma manual, tomando el tiempo en cada bloque en todo el experimento. Posteriormente se compararon los resultados de desmalezar sistemas de monocultivos y policultivos para determinar en cuál de los dos se lleva a cabo de manera más eficiente (Pérez Atencio y Ruíz Guerra 2010).

Cosecha. La cosecha de cada cultivo se hizo manual basada en el ciclo vegetativo y a la madurez de cada uno. Se cosechó el rábano a los 21 y 35 DDS, lechuga a los 28 y 55 DDT, habichuela a los 45 y 70 DDS y maíz dulce a los 65 y 75 DDT, yuca a los 300 DDP, ayote a los 90, 150 y 240 DDT y camote a los 120 DDP.

Las cosechas se pesaron y se clasificaron en rendimientos totales y comerciales. Los rendimientos totales fueron los obtenidos sin ninguna clasificación. El maíz dulce se descartó toda la mazorca atacada por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y las que tenían un tamaño menor a 15 cm de longitud. Las habichuelas fueron clasificadas como comerciales todas aquellas que no presentaron daños mecánicos, por insectos, hongos y daños solares y un tamaño mayor a 10 cm. La lechuga se clasificó comercial toda aquella que no presentó daños de organismos vivos y que era de tamaño del mercado (mayor a 200 g). El rábano comercial era todo aquel que no presentaba daño mecánico. La yuca y el camote se clasificaron como comerciales todos aquellos tubérculos que no presentaban daños mecánicos (roedores, azadón) o pudrición. El ayote comercial era el que no presentaba rajaduras ni pudriciones.

VARIABLES ANALIZADAS

UET. El Uso Equivalente de Terreno (UET) y UET financiero son los indicadores de mayor importancia en la medición de la eficiencia de cultivos intercalados. Se busca hacer eficiente el uso de tierra con policultivos comparado con monocultivos. Esto se determina con el UET que básicamente define, cuánto terreno se ocupará para lograr rendimientos iguales en policultivos con relación a sus monocultivos (Mead y Willey 1980).

Un valor de UET de 1.0 indica que no hay diferencias en el área necesaria para lograr equivalentes rendimientos del policultivo y de los monocultivos. Cualquier valor mayor a 1.0 indica una ventaja para el policultivo, es decir que se ocuparía más que un área equivalente de monocultivos para producir para producir rendimientos iguales a los producidos en un área dada de policultivo (Gliessman 2002). Para calcular el UET se dividieron los rendimientos de cada cultivo en los policultivos entre sus monocultivos respectivos y se sumaron los UET parciales (Fórmula 1) (Kantor 1999). El resultado de esta ecuación no son valores reales de rendimiento, sino que son valores proporcionales que determina el nivel de interferencia de cultivos intercalados en un tipo de sistema de producción de cultivos (Gliessman 2002).

Fórmula 1:

$$UET = \frac{P_i}{M_i} + \frac{P_j}{M_j} + \dots$$

Donde:

P_i = Rendimiento del cultivo i en el policultivo

U_i = Rendimiento del monocultivo i

P_j = Rendimiento del cultivo j en el policultivo j

U_j = Rendimiento del monocultivo j

UETf. Para el cálculo del UETf el mismo principio aplica. En este caso se dividieron los ingresos brutos de cada policultivo entre los ingresos brutos del monocultivo más valioso (Fórmula 2) (Vandermeer 1989). Un valor de UETf mayor a 1.0 indica que hay una ventaja de ingresos en los policultivos en comparación a los ingresos que se podrían lograr con el monocultivo más valioso.

Fórmula 2:

$$UETf = IBI / IBCV$$

IBI = ingreso bruto de inter-cultivos.

$IBCV$ = ingreso bruto del monocultivo más valioso.

Eficiencia de uso de nutrientes, aparente (EUN aparente). Se analizó la eficiencia aparente del uso de nutrientes EUN, con base a los rendimientos y el contenido de nutrientes, típicamente encontrados dentro de cada cultivo (Rubatzky y Yamaguchi 1997). Este análisis muestra una extracción de nutrientes aparente, debido a que no se conoce cuanto de los nutrientes extraídos proviene de los fertilizantes o del suelo.

Según Rubatzky y Yamaguchi (1997) la parte cosechada de cada cultivo típicamente contiene, a base de materia fresca, los siguientes porcentajes nutrientes: la yuca contiene 0.19% de N, 0.08% de P y 0.76% de K; el maíz dulce contiene 0.58% de N, 0.11% de P y 0.27% de K; la habichuela contiene 0.32% de N; 0.04% de P; 0.22% de K; la lechuga contiene 0.21% de N; 0.03% de P y de 0.25% K; el rábano contiene 0.14% de N, 0.03% de P y 0.24% de K; el camote contiene 0.26% de N, 0.06 % de P, 0.34% de K; el ayote contiene 0.19% de N, 0.04% de P y 0.33% de K. Los valores de N se calcula a base de la proteína (dividiendo por 6.25) y los de P y K son elementales.

Para calcular el EUN se utilizaron los rendimientos comerciales multiplicados por el factor correspondiente a cada cultivo dividido por la cantidad de nutrientes aplicado en cada uno (Fórmula 3). En el caso de P y K se multiplicaron las cantidades aplicadas por los factores 0.44 y 0.83, respectivamente (el P y K se calculan en forma de P₂O₅ y K₂O en los fertilizantes).

Fórmula 3:

$$EUN = \frac{(\text{Porcentaje de nutriente en producto cosechado} \times \text{rendimiento})}{\text{Cantidad de nutriente aplicado}} \times 100$$

Donde el rendimiento y cantidad de nutriente aplicado están expresados en kg/ha.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se realizó en la época de altas precipitaciones lo que dificultó un manejo adecuado de las actividades de preparación del suelo, siembra/trasplante, aplicación de abono y desmalezado. En estas condiciones climáticas, las malezas tuvieron un ambiente propicio para su desarrollo por lo que la proliferación de las mismas fue bastante alta. Sin embargo, se logró establecer el ensayo y evaluarlo hasta finalizarlo. Estas mismas condiciones resultaron en rendimientos más bajos de lo normal, pero debido a que todos los tratamientos se manejaban bajo las mismas condiciones, su productividad relativa de cada uno siguió válido.

Comparación de rendimientos. Los mejores rendimientos totales de producto de los tratamientos del ensayo se obtuvieron de los policultivos. Es cierto que, de cada cultivo individual se produjo mayor rendimiento, comparado con el mismo cultivo en policultivo. Sin embargo, sumando los rendimientos de todos los cultivos presentes en el policultivo, estos fueron superiores.

Yuca. Los rendimientos de yuca no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 7). Numéricamente el policultivo YMLR (8038 kg/ha) rindió más que cualquier otro tratamientos, mientras que el YMHLRCA 50% (1263 kg/ha) fue el más bajo. El monocultivo rindió 4167 kg/ha, solo 52% de YMLR a pesar de que este fue con una densidad de siembra más baja.

Comparando los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, se observó que el YMHLRCA 75% (3820 kg/ha) rindió más que cualquier otro y a pesar de que el YMHLRCA 125% recibió una sobredosis no presentó los más altos rendimientos. En la comparación de YMHLRCA100% y YMHLRCA (n) en este último se obtuvo un rendimiento de 2567 kg/ha 17% más.

En los rendimientos por planta se da la misma tendencia en los resultados. El policultivo YMLR obtuvo 1.46 kg/planta y el YMHLRCA 50% 0.23 kg/planta. El monocultivo rindió 0.25 kg/planta mientras que el policultivo YMLR rindió casi 6 veces más, confirmando otras observaciones de que la yuca es muy susceptible a la densidad y que a mayor densidad existe menos rendimiento por planta.

Cuadro 7. Comparación de los rendimientos comerciales de yuca en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha			kg/planta
Y	4167	ns ¹		0.25 ns
YLR	2273			0.41
YMLR	8038			1.46
YHLR	1642			0.30
YMHLRCA (50%)	1263	ns ²		0.23
YMHLRCA (75%)	3820			0.70
YMHLRCA (100%)	2189	ns ³		0.40
YMHLRCA (n)	2567			0.46
YMHLRCA (125%)	3630			0.66
Valor p	0.9003	0.6680	0.6805	0.9031

(n)=Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.²Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n)³Comparación de los policultivos YMHLRCA vs YMHLRCA (n)

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

Maíz dulce. Los rendimientos de maíz dulce en los tratamientos no fueron significativamente diferentes entre sí (Cuadro 8). Sin embargo, rendimientos en policultivos siempre superaron a los en monocultivo, llegando a cantidad casi 100% mayor a los en monocultivo. La causa de este fenómeno no queda claro, pero es consistente con los datos de Guerrero y Herrera (2010) quienes reportaron mejores rendimientos de maíz en policultivos con densidades cada vez más altas. Una posibilidad es que hubo menos mortalidad en parcelas intercaladas.

Cuando se evaluó el maíz dulce con y sin pesticidas, los rendimientos no fueron significativamente diferentes. Sin embargo, es interesante notar que los rendimientos fueron levemente más altos con pesticidas en el monocultivo (4%), pero en los policultivos fueron más altos sin pesticidas para MH (19%) y para YMHLRCA (46%).

Comparando los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, el YMHLRCA75% fue el mejor rindiendo (10890 kg/ha) y el YMHLRCA 50% es el más bajo rindiendo (7481 kg/ha). A pesar de la sobredosis del YMHLRCA 125% este rindió 16% menos que el YMHLRCA 75%.

Los rendimientos por planta no presentaron diferencias significativas. El patrón de comportamiento de los rendimientos por planta es similar a los anteriores. El monocultivo rindió 0.14 kg/planta y todos los policultivos tuvieron valores mayores, principalmente porque se cosecharon más mazorcas comerciales en esos tratamientos. Parcialmente explicando los rendimientos más altos en policultivos.

Cuadro 8. Comparación de los rendimientos comerciales de maíz dulce en monocultivos y policultivos planta en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha					kg/planta
M	6566	ns ¹	ns ²			0.14 ns
Mn	6313					0.14
MH	8271			ns ³		0.18
MHn	9880					0.22
YMLR	11616					0.26
YMHLRCA (50%)	7481			ns ⁴		0.16
YMHLRCA (75%)	10890					0.24
YMHLRCA (100%)	8239				ns ⁵	0.18
YMHLRCA (n)	12027					0.27
YMHLRCA (125%)	9123					0.20
Valor p		0.1499	0.4112	0.3539	0.1798	0.4458
						0.1559

(n) = Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.²Comparación de los tratamientos M vs M(n).³Comparación de todos los tratamientos MH vs MH(n).⁴Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n).⁵Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n).

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos

Habichuela. El exceso de lluvia produjo un bajo porcentaje de germinación en la siembra y la resiembra, lo que afectó los rendimientos de todos los tratamientos. Se observó mejor uniformidad de germinación en los policultivos ya que la asociación entre cultivos minimizó el impacto negativo de las lluvias. Se obtuvo un mayor rendimiento en el monocultivo de 5621 kg/ha y el más bajo fue el YMHLRCA (n) con 543 kg/ha. A pesar de esto los mejores rendimientos se obtuvieron del monocultivo. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 9).

Al comparar los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, el policultivo YMHLRCA 75% fue el mejor ya que rindió 4015 kg/ha lo que representa casi el doble del rendimiento de cualquier otro. Comparando los policultivos naturales y con pesticidas, se observó que el MH(n) rindió más (2778 kg/ha) que el MH con pesticidas (2062 kg/ha). En cambio el YMHLRCA (n) rindió menos (543 g/ha) que el YMHLRCA con pesticidas (2040 kg/ha). En cuanto a rendimientos por planta, los tratamientos siguieron el mismo comportamiento de lo anterior.

Cuadro 9. Comparación de los rendimientos comerciales de habichuela en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha				kg/planta
H	5621	ns ¹			0.06 ns
MH	2062		ns ²		0.02
MH(n)	2778				0.03
YHLR	2496				0.02
YMHLRCA (50%)	1953		ns ³		0.02
YMHLRCA (75%)	4015				0.04
YMHLRCA (100%)	2040			ns ⁴	0.02
YMHLRCA (n)	543				0.01
YMHLRCA (125%)	1411				0.01
Valor p		0.8082	0.3643	0.9204	0.4635
					0.8238

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.

²Comparación de todos los tratamientos MH vs MH(n).

³Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n).

⁴Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n)

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos

Lechuga. Los rendimientos de lechuga fueron severamente afectados por las altas precipitaciones y hubo mucha mortalidad de plantas. No hubo diferencia en los tratamientos, diferentes dosis de fertilización o uso de pesticidas. Por lo tanto, valores útiles no hubieron. Lo mismo sucedió en el análisis de peso por planta ya que las pocas plantas cosechadas tuvieron pesos comerciales (> 200 g), pero cuando se dividió por todas las plantas sembradas, pesos unitarios fueron casi cero.

Rábano. Los rendimientos no tuvieron diferencias significativas. Al igual a la lechuga, el rábano sufrió altas mortalidades y rendimientos casi nulos. Ninguna comparación (dosis de fertilizante o sin pesticidas) resultó útil para distinguir entre tratamientos. Los pesos por planta también reflejaron las altas mortalidades, diluyendo los pesos de las pocas plantas que se cosecharon. El rábano respondió mejor en un policultivo con una completa dosis de fertilización (Cuadro 11).

Cuadro 10. Comparación de los rendimientos comerciales de lechuga en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha				g/planta
L	277	ns ¹			234 ns
YLR	428		ns ²		361
YMLR	384				324
YHLR	265				224
YMHLRCA (50%)	435		ns ³		367
YMHLRCA (75%)	488				412
YMHLRCA (100%)	562			ns ⁴	474
YMHLRCA (n)	273				230
YMHLRCA (125%)	278				235
Valor p	0.0214	0.0558	0.1302	0.1183	0.0210

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.²Comparación de todos los tratamientos YLR, YMLR y YHLR.³Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n).⁴Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n).

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 11. Comparación de los rendimientos comerciales de rábano en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha				g/planta
R	726	ns ¹			1 ns
YLR	474		ns ²		2
YMLR	205				1
YHLR	269				1
YMHLRCA (50%)	189		ns ³		1
YMHLRCA (75%)	237				1
YMHLRCA (100%)	505			ns ⁴	2
YMHLRCA (n)	174				1
YMHLRCA (125%)	300				1
Valor p	0.1081	0.8014	0.0645	0.0905	0.2211

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.²Comparación de todos los tratamientos YLR, YMLR y YHLR.³Comparación de los policultivos YMHLRCA menos el YMHLRCA (n).⁴Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n).

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Ayote. La cosecha de ayote se extendió cuatro meses, lo que influyó positivamente en los rendimientos, sin embargo no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 12). En la comparación de todos los tratamientos se observó que el mejor rendimiento lo obtuvo el YMHLRCA 100% con 22051 kg/ha mientras que el más bajo lo obtuvo el YMHLRCA (n) con 12904 kg/ha. Del monocultivo se obtuvo un rendimiento de 21683 kg/ha.

De los cuatro tratamientos con las cuatro dosis de fertilización el mejor fue el YMHLRCA 100% (22051 kg/ha) mientras que, los otros tres fueron esencialmente iguales. En general, se observó que el ayote al igual que el maíz dulce contribuye a mejorar los rendimientos en los policultivos.

Los rendimientos por planta no presentaron diferencias significativas. Pero se observó que en el monocultivo y el YMHLRCA 100% se cosechó 5 kg/planta, rendimiento mayor que cualquier otro.

Cuadro 12. Comparación de los rendimientos comerciales de ayote en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha			kg/planta
A	21683	ns ¹		5 ns
YMHLRCA (50%)	15442		ns ²	3
YMHLRCA (75%)	15031			3
YMHLRCA (100%)	22051		ns ³	5
YMHLRCA (n)	12904			3
YMHLRCA (125%)	16268			4
Valor p	0.7404	0.7361	0.3024	0.7407

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.

²Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n).

³Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n).

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos

Camote. Los rendimientos fueron afectados por daño mecánico durante su cosecha y por roedores. Además, fue afectado por la cosecha de la yuca que se cosechó un mes antes del camote. No se presentaron diferencias significativas entre la comparación de los tratamientos (Cuadro 13). El mejor rendimiento lo obtuvo el monocultivo con 6219 kg/ha y el más bajo lo obtuvo el YMHLRCA 125% con 4041 kg/ha.

Al comparar los tratamientos con las cuatro dosis de fertilización responde de manera similar en YMHLRCA 50% con 5366 kg/ha y YMHLRCA 100% con 5492 kg/ha. La tendencia del comportamiento de los rendimientos por planta fue igual a los anteriores. El monocultivo rindió 0.28 kg/planta superando a los demás. En la comparación de los policultivos con las respectivas dosis de fertilización el YMHLRCA 50 y 100% obtuvieron el mismo rendimiento de 0.24 kg/planta.

Los rendimientos reducidos en los policultivos se deben principalmente a que cuando se sembró, la yuca estaba muy grande y se daba mucha sombra sobre la cama. A pesar de eso, los rendimientos en policultivos promediaron 75% del monocultivo.

Cuadro 13. Comparación de los rendimientos comerciales de camote en monocultivos y policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	kg/ha			kg/planta
C	6219	ns ¹		0.28 ns
YMHLRCA (50%)	5366		ns ²	0.24
YMHLRCA (75%)	4451			0.20
YMHLRCA (100%)	5492		ns ³	0.24
YMHLRCA (n)	4167			0.18
YMHLRCA (125%)	4041			0.18
Valor p	0.1726	0.8444	0.2979	0.1654

(n) = Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

¹Comparación de todos los tratamientos.

²Comparación de los policultivos YMHLRCA menos YMHLRCA (n).

³Comparación de los policultivos YMHLRCA (100%) vs YMHLRCA (n).

-- No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Rendimientos comerciales parciales y totales. Ya que el estudio corrió casi 10 meses, es posible correr más que un cultivo en sucesión. Para evaluar la productividad total tras ese tiempo, se comparó todo lo cosechado (kg/ha) en policultivos versus una sucesión de maíz dulce y ayote (los monocultivos más productivos en su momento). Los policultivos YMHLRCA 75%, 100%, (n) y 125% fueron entre el 8 y 32% más productivos durante este periodo de tiempo que esta mejor sucesión evaluada (Cuadro 14). En el cuadro 14 los valores son relativos a la suma de maíz dulce luego ayote que rindieron 28, 250 kg/ha.

Estos datos representan la cantidad relativa de alimento/ha y no se toma en cuenta aspectos financieros ni costos de producción. Por ejemplo, se obtuvo un valor de 1.32 en YMHLRCA 100% lo que significa que un productor ganaría 32% más de rendimiento que si produjera sólo maíz dulce y luego ayote. Mientras que si se siembra sólo yuca (0.14) indica que el productor perdería 86% de rendimiento.

La presencia de maíz dulce y ayote en los tratamientos influyó en mejorar los rendimientos. Eso concuerda con los resultados de otros investigadores que han observado al maíz como un ancla de rendimientos pese a la mezcla de cultivos o condiciones en que se producen.

Cuadro 14. Comparación relativa de los rendimientos comerciales de los siete monocultivos y de sus respectivos policultivos con un sistema de maíz dulce seguido de ayote (28,250 kg/ha) en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Rendimiento parcial							Rendimiento total
	Yuca	Maíz dulce	Habichuela	Lechuga	Rábano	Camote	Ayote	
Y	0.14	--	--	--	--	--	--	0.14 bc ^{&}
M	--	0.23	--	--	--	--	--	0.23 bc
H	--	--	0.01	--	--	--	--	0.01 c
L	--	--	--	0.01	--	--	--	0.01 c
R	--	--	--	--	0.03	--	--	0.03 c
C	--	--	--	--	--	0.21	--	0.21 bc
A	--	--	--	--	--	--	0.77	0.77 a-c
YLR	0.08	--	--	0.01	0.02	--	--	0.11 c
YMLR	0.27	0.39	--	0.01	0.01	--	--	0.68 a-c
YHLR	0.06	--	0.01	0.01	0.01	--	--	0.09 bc
YMHLRCA (50%)	0.04	0.25	0.00	0.02	0.01	0.18	0.52	1.02 ab
YMHLRCA (75%)	0.13	0.36	0.01	0.02	0.01	0.15	0.50	1.18 a
YMHLRCA (100%)	0.07	0.28	0.01	0.02	0.02	0.18	0.74	1.32 a
YMHLRCA (n)	0.09	0.40	0.00	0.01	0.01	0.14	0.43	1.08 a
YMHLRCA (125%)	0.12	0.30	0.00	0.01	0.01	0.14	0.55	1.13 a
Valor p	0.9094	0.0338	0.7850	0.0209	0.0781	0.1893	0.7395	0.0001

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

--No estaba presente en el análisis estadístico.

& Promedios en la misma columna con letras distintas presentan diferencia significativa, P< 0.05

Uso eficiente del terreno (UET). Los UET total obtenidos fueron más altos que los obtenidos en el ensayo de Pérez Atencio y Ruíz Guerra (2010), lo cual se debe a que ellos no consideraron la yuca que todavía estaba en producción y ellos evaluaron rendimientos totales y vez de comerciales. En este ensayo se trabajó con los datos comerciales.

En la comparación de los UET parciales de cada cultivo no se presentaron diferencias significativas, pero sí en los UET totales (Cuadro 15). Sin embargo, es útil observar que los cultivos maíz dulce y lechuga consistentemente sobre rindieron en policultivos comparado con el monocultivo, indicando algún beneficio otorgado por la asociación de cultivos que no se encuentran en los sin asocio. Es particularmente puntual este efecto con lechuga que tuvo sólo 50% de la densidad de siembra en policultivos comparado con su contraparte monocultivo. La lechuga presentó bajos rendimientos comerciales en monocultivo, por esta razón los UET de la lechuga son altos. El camote y el ayote fueron una sucesión de lechuga y rábano respectivamente por lo que no se incluyeron en el UET total. Esa lógica sigue porque el UET es un concepto de uso de terreno en un momento dado y no contempla sucesiones de cultivos.

Los cultivo de habichuela y rábano fueron generalmente reducidos en policultivos comparado con su equivalente en monocultivos. Yuca, camote y ayote presentaron efectos intermedios y a veces muy variables.

Todos los tratamientos de policultivos obtuvieron un UET total superior a 1.0 por lo que esto indica que con cualquier combinación de los cultivos se puede producir mejores rendimientos que en un monocultivo. El mejor UET lo obtuvo el policultivo YMHLRCA 75% (5.38) lo significa que se necesita 4.38 más de espacio en los monocultivos para obtener el mismo rendimiento en un sistema de policultivo. El UET más bajo lo obtuvo el policultivo YHLR (1.97) pero aún así es aceptable porque es mayor que 1.0.

Estos valores de UET son más altas que en casi cualquier lugar observado en la literatura. Parte de la razón de eso es que casi todos los estudios sólo intercalaron un máximo de tres cultivos, limitándose a cultivos de mayor escala de tiempo y sin aprovechar cultivos de ciclo muy corto (como lechuga y rábano). Otra razón es porque los monocultivos sufrieron más con las condiciones climáticas extremas que sus equivalentes policultivos, dando valores de UET parcial más altos. Se estima que si las condiciones fuesen idóneas para producir cultivos, que los UET parciales serian más bajos en el policultivo. Sin embargo, el mismo cambio climático, el cual es impredecible urge hacia sistemas más resistentes de cualquier acaso climático.

Comparando todos los niveles de fertilización, el YMHLRCA 75% presentó el mejor UET (5.38), incluyendo solamente los cinco cultivos (yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga y rábano). En todos los tratamientos el maíz dulce y lechuga contribuyeron más que cualquier otro cultivo (Figura 2).

Cuadro 15. Uso equivalente del terreno parcial y total en los policultivos de yuca, maíz dulce, habichuela, lechuga y rábano en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	UET Parcial							UET Total ^x
	Yuca	Maíz dulce	Habichuela	Lechuga	Rábano	Camote	Ayote	
YLR	0.55 ns ¹	-- ns ¹	-- ns ¹	1.54 ns ¹	0.65 ns ¹	-- ns ¹	-- ns ¹	2.33 bc ^{&}
YMLR	1.93	1.77	--	1.39	0.28	--	--	4.89 ab
YHLR	0.39	--	0.44	0.96	0.37	--	--	1.97 c
YMHLRCA (50%)	0.30	1.14	0.35	1.57	0.26	0.86	0.71	3.55 a-c
YMHLRCA (75%)	0.92	1.66	0.71	1.76	0.33	0.72	0.69	5.38 a
YMHLRCA (100%)	0.53	1.25	0.36	2.03	0.70	0.89	1.02	4.74 ab
YMHLRCA (n)	0.62	1.91	0.10	0.99	0.24	0.76	0.60	3.69 a-c
YMHLRCA (125%)	0.87	1.39	0.25	1.00	0.41	0.65	0.75	3.93 a-c
Valor p	0.9129	0.1573	0.9469	0.0306	0.2225	0.6959	0.7572	0.0084

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

--No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos

& Promedios en la misma columna con letras distintas presentan diferencia significativa, P< 0.05

x = UET total sólo incluye los primeros cinco cultivos por las limitaciones en la misma definición del UET.

¹Comparación de todos los policultivos y el monocultivo respectivo.

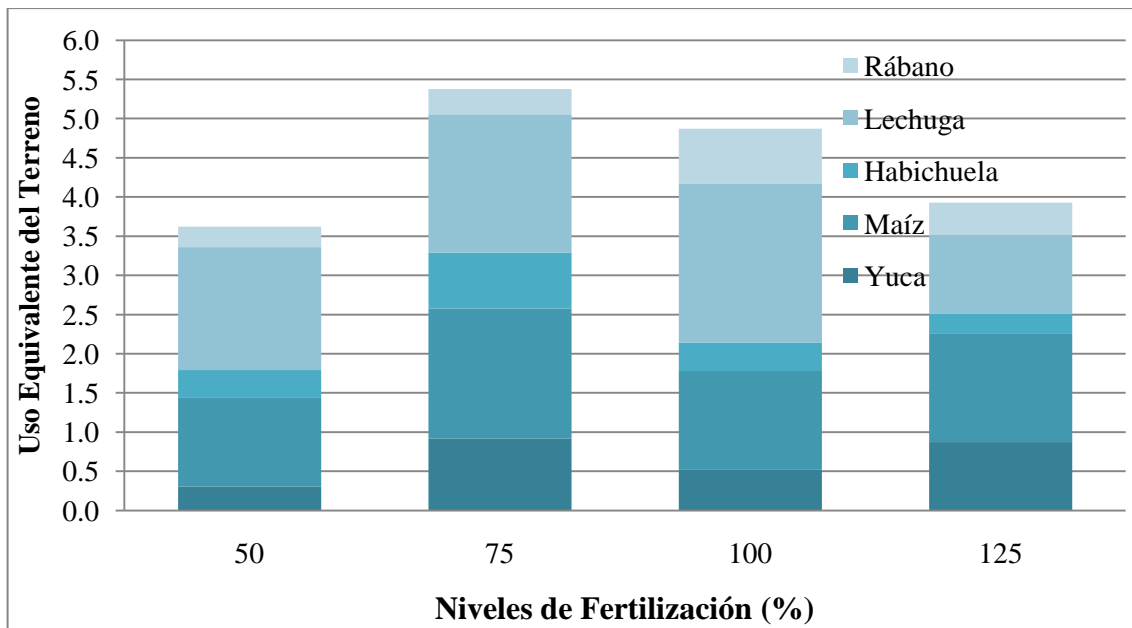


Figura 2. Efecto de los niveles de fertilización en el uso equivalente del terreno (UET) en los policultivos en Zamorano, Honduras.

Uso eficiente del terreno financiero (UETf). Para calcular el UETf se tomó en cuenta los precios que se manejan dentro de Zamorano los cuales son los precios promedios del mercado de Tegucigalpa. Estos permiten ser usados durante todo el año y evitan fluctuaciones de una temporada a otra. Sin embargo, se considera que los productores no tendrán acceso a precios fijos por lo que los ingresos y valores de UETf podrían variar entre temporadas del año (Pérez Atencio y Ruíz Guerra 2010). Los precios de venta (L./kg) utilizados para el ensayo fueron: yuca 12.10, maíz dulce 22.44, habichuela y lechuga 13.75, rábano 8.25, camote 8.80 y ayote 6.60. Se usó una tasa de cambio del 1US= 18.895 lempiras (L.). Los valores de UETf se evaluaron considerando solo los ingresos brutos.

Los cultivos de mayor valor económico fueron maíz dulce (L. 147,071) y el ayote (L. 143,105). Comparando los tratamientos con las respectivas dosis de fertilización se observó que el policultivo YMHLRCA 75% obtuvo los mejores ingresos (L. 441,203) y los más bajos los obtuvo el YMHLRCA 50% (L. 337,668). Con los resultados se observó que los policultivos generan mayores ingresos que cualquier monocultivo (Cuadro 16).

Al igual del análisis del UET, para el UET financiero se compararon los ingresos brutos de los cultivos en policultivo versus la suma de los ingresos de maíz dulce y luego ayote para hacer un análisis de cuánto ingreso se genera en nueve meses.

La comparación entre los UETF total de todos los tratamientos presenta diferencias significativas, las cuales indican que los mejores UETF los obtuvieron los policultivos YMHLRCA 75% (1.52), 100% (1.30), n (1.45) y 125% (1.38) (Cuadro 16). Esto indica que, por ejemplo, un UETF de 1.52 genera 52% más de ingresos que la producción de maíz dulce y luego ayote. Mientras que el YLR obtuvo el más bajo (0.06) lo que significa que se perdería el 94% de los ingresos obtenidos de la producción maíz dulce y luego ayote. Al comparar las cuatro dosis de fertilización se observó que el YMHLRCA 75% (1.52) es el mejor y que el de más bajo valor es el YMHLRCA 50% (1.17). Además se observó que todos los monocultivos presentaron pérdidas.

Esto reitera el aumento de policultivos frente a cambio climático porque si un productor escogiera sembrar maíz dulce y luego ayote saldría exitoso. Pero si escogiera otra combinación de esos cultivos sus ingresos se disminuirían. Mientras que en los policultivos, aunque algunos cultivos se perdieron casi por completo (habichuela, lechuga y rábano), otros generaron los ingresos para la finca, así proveyendo una seguridad de ingresos de alguna fuente.

Cuadro 16. Comparación de los ingresos (L.) parciales y totales de policultivos y monocultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Ingresos parciales							Ingresos totales
	Yuca	Maíz dulce	Habichuela	Lechuga	Rábano	Camote	Ayote	
Y	50417	--	--	--	--	--	--	50417
M	--	147071	--	--	--	--	--	147071
H	--	--	5621	--	--	--	--	5621
L	--	--	--	3805	--	--	--	3805
R	--	--	--	--	5990	--	--	5990
C	--	--	--	--	--	54722	--	54722
A	--	--	--	--	--	--	143105	143105
YLR	27500	--	--	5879	3906	--	--	16660
YMLR	97269	260202	--	5285	1693	--	--	340131
YHLR	19861	--	2496	3642	2214	--	--	18282
YMHLRCA (50%)	15278	167576	1953	5977	1563	47222	101919	337668
YMHLRCA (75%)	46215	243939	4015	6711	1953	39167	99202	441203
YMHLRCA (100%)	26481	184545	2040	7729	4167	48333	145538	375829
YMHLRCA (n)	31065	269394	543	3753	1432	36667	85163	420250
YMHLRCA (125%)	43924	204343	1411	3821	2474	35556	107368	398895

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

-- No estaba presente en el tratamiento.

Cuadro 17. UETf parciales y total con referencia a la producción de maíz luego ayote (L. 290,000/ha).

Tratamiento	UETf Parcial							UETf Total
	Yuca	Maíz dulce	Habichuela	Lechuga	Rábano	Camote	Ayote	
Y	0.13 ns	--	--	--	--	--	--	0.13 c ^{&}
M	--	0.51 ns	--	--	--	--	--	0.51 bc
H	--	--	0.02 ns	--	--	--	--	0.02 c
L	--	--	--	0.01 ns	--	--	--	0.01 c
R	--	--	--	--	0.02 ns	--	--	0.02 c
C	--	--	--	--	--	0.19 ns	--	0.19 c
A	--	--	--	--	--	--	0.49 ns	0.50 c
YLR	0.09	--	--	0.02	0.01	--	--	0.06 c
YMLR	0.25	0.90	--	0.02	0.01	--	--	1.17 ab
YHLR	0.03	--	0.01	0.01	0.01	--	--	0.07 c
YMHLRCA (50%)	0.04	0.58	0.01	0.02	0.01	0.16	0.35	1.17 ab
YMHLRCA (75%)	0.16	0.84	0.01	0.02	0.01	0.14	0.34	1.52 a
YMHLRCA (100%)	0.09	0.64	0.01	0.03	0.02	0.17	0.38	1.30 a
YMHLRCA (n)	0.08	0.93	0.00	0.01	0.01	0.13	0.29	1.45 a
YMHLRCA (125%)	0.15	0.70	0.00	0.01	0.01	0.12	0.37	1.38 a
Valor p	0.9058	0.0329	0.7574	0.0400	0.1114	0.1805	0.8578	0.0001

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

--No estaba presente en el análisis estadístico.

ns = No hay diferencia significativa entre los tratamientos

& Promedios en la misma columna con letras distintas presentan diferencia significativa, P< 0.05

EFICIENCIA DEL USO DE NUTRIENTES

Eficiencia de uso de nitrógeno (EUN). El monocultivo de yuca obtuvo la mejor eficiencia de extracción de nitrógeno (26.67%) significativamente más que monocultivos de habichuela, rábano o lechuga o los policultivos de 100 y 125% dosis de aplicación. Esto pudo ser por el extenso ciclo vegetativo de dicho cultivo. Los monocultivos de habichuela, lechuga y rábano obtuvieron las más bajas con 1.18, 0.25 y 1.05%, respectivamente. Ese resultado fue anticipado con los bajos rendimientos de esos cultivos. Si no se hubiesen muerto, pero cosechado, los nutrientes en ellos habrían sumado mucho más.

Comparando los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, el YMHLRCA 50% obtuvo la mejor eficiencia de extracción de nitrógeno (24.05%) seguido del YMHLRCA 75% (20.08%) esto se debió a que en dichos tratamientos había mayor competencia por nutrientes. Estos resultados son diferentes a los del estudio de Enciso Espínola y Espinoza Arteaga (2010) en el que se determinó que el mejor EUN (nitrógeno) lo obtuvo el tratamiento poli 75%. Siguiendo con los resultados de este ensayo el YMHLRCA 100 y 125% obtuvieron las más bajas con 13.20 y 10.95%, respectivamente (Cuadro 20).

Eficiencia de uso de fósforo (EUP). La extracción aparente de fósforo mostró el mismo comportamiento que los anteriores de UEN (nitrógeno). Al comparar los monocultivos la yuca obtuvo la mejor eficiencia de extracción de fósforo (18.93%). Mientras que los monocultivos de habichuela, lechuga y rábano obtuvieron las más bajas con 0.43%, 0.15% y 0.58%, respectivamente.

Comparando los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, el YMHLRCA 50% obtuvo la mejor eficiencia de extracción de fósforo (16.55%) seguido del YMHLRCA 75% (14.35%). Pero en el ensayo de Enciso Espínola y Espinoza Arteaga (2010) se determinó que el mejor EUP (fósforo) lo obtuvo el tratamiento poli 75%. Siguiendo con los resultados de este estudio el YMHLRCA 100 y 125% obtuvieron las más bajas con 9.23 y 7.90%, respectivamente (Cuadro 20).

Eficiente de uso de potasio (EUK). Al comparar los monocultivos el ayote obtuvo la mejor eficiencia de extracción de potasio (77%) de lo aplicado. Los monocultivos de habichuela, lechuga y rábano obtuvieron los más bajos 1.25, 1.00 y 2.25%, respectivamente.

Comparando los policultivos con las cuatro dosis de fertilización, el YMHLRCA 50% obtuvo la mejor eficiencia de extracción de potasio (42.25%) seguido del YMHLRCA 75% (35.75%). En el ensayo de Enciso Espínola y Espinoza Arteaga (2010) se determinó que el EUP (fósforo) lo obtuvo el tratamiento poli 75%. Siguiendo con los resultados de

este ensayo el YMHLRCA 100 y 125% obtuvieron las más bajas con 24.00 y 20.75%, respectivamente (Cuadro 20).

Al comparar los tratamientos de los niveles de fertilizante en eficiencia de uso de nutrientes, se encontró que el potasio fue el nutriente mejor aprovechable aparentemente en todos los niveles. Mientras que el fósforo fue el más bajo. En general, la eficiencia del uso de los nutrientes, se observó que el tratamiento YMHLRCA 50% obtuvo los mejores valores (Figura 3). Sin embargo, el lado negativo de ese tratamiento se observó con rendimientos reducidos.

Cuadro 18. Comparación entre eficiencia aparente de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tratamiento	Eficiencia de extracción de nutrientes (%)		
	UEN	UEP	UEK
Y	26.67 a ^{&}	18.93 a ^{&}	19.00 b-d ^{&}
M	17.00 a-c	14.65 a-c	19.25 b-d
H	1.18 d	0.43 d	1.25 d
L	0.25 d	0.15 d	1.00 d
R	1.05 d	0.58 d	2.25 cd
C	19.90 a-c	10.60 a-c	32.25 bc
A	25.70 a	17.58 ab	77.00 a
YMHLRCA (50%)	24.05 ab	16.55 a-c	42.25 b
YMHLRCA (75%)	20.08 a-c	14.35 a-c	35.75 b
YMHLRCA (100%)	13.20 bc	9.23 b-d	24.00 b-d
YMHLRCA (125%)	10.95 c	7.90 cd	20.75 b-d
Valor p	0.0001	0.0001	0.0001

Y= yuca; M= maíz dulce; H=habichuela; L= lechuga; R= rábano; C= camote; A= ayote

(n) =Natural, sin pesticida

% = Dosis de fertilizantes.

&= Promedios en la misma columna con letras distintas presentan diferencia significativa, P< 0.05

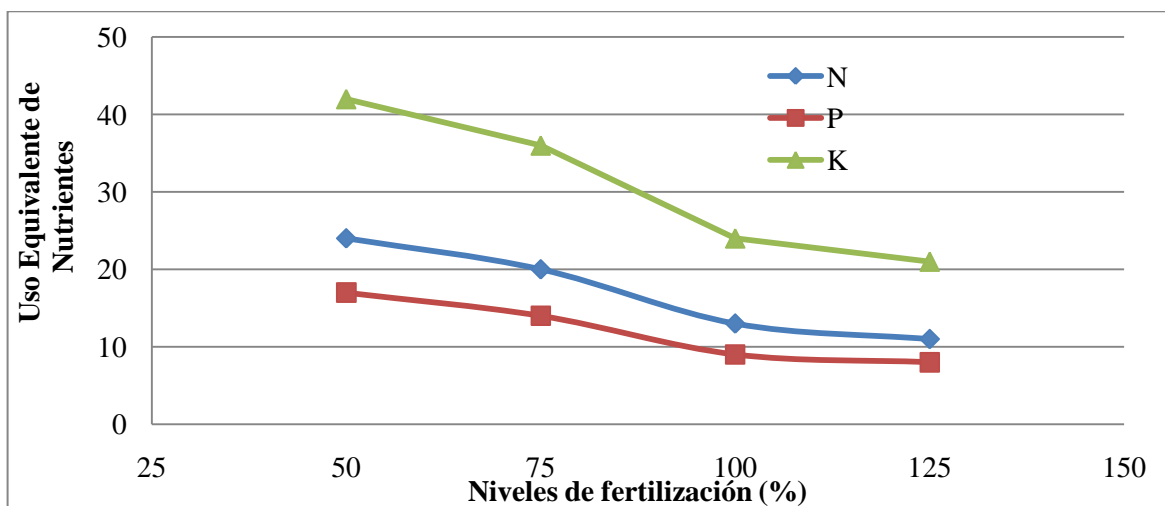


Figura 3. Efecto de los niveles de fertilización en el uso equivalente de nutrientes (UEN) en policultivos en Zamorano, Honduras.

4. CONCLUSIONES

- Los rendimientos fueron mayores en monocultivos que en policultivos para yuca, habichuela, rábano, camote y ayote; mientras que para maíz dulce y lechuga fueron más altos en policultivos que en monocultivos. Sin embargo, cuando se consideró la densidad de siembra de los de cultivos, los policultivos ganaron en rendimientos, exceptuando a la habichuela, camote y ayote.
- En cualquier combinación de policultivos se obtuvieron UET total y UETf total mayores a cualquier monocultivo. El mejor valor de UET total y UETf total lo obtuvo en ambos casos el YMHLRCA 75%.
- Con mayores aplicaciones de fertilizante, la eficiencia aparente de uso de nutrientes se disminuyó.
- Considerando rendimientos, eficiencia del uso del terreno y de ingresos y eficiencia de uso de nutrientes, bajo las condiciones de este ensayo, el policultivo de siete cultivos con 75% de fertilización fue el mejor.

5. RECOMENDACIONES

- Para obtener altos rendimientos en producción de policultivos es necesario incluir maíz dulce y ayote debido a su valioso aporte y rendimientos consistentes.
- Repetir el ensayo en una época con condiciones climáticas más favorables debido a que los rendimientos de este ensayo fueron afectados en gran manera por las condiciones climáticas adversas.
- Se debe planificar la siembra del camote de manera que la cosecha del mismo coincida con la cosecha de la yuca para evitar daños mecánicos que afecten los respectivos rendimientos.
- Al finalizar la cosecha de todos los cultivos se recomienda realizar un análisis de suelo por cada nivel de fertilización.
- Evaluar la combinación de otros cultivos.
- Evaluar el uso de cultivos de cobertura en época de baja actividad de producción, para recuperar el suelo y mantener población de malezas suprimidas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Achupallas Meza, J.; Gaitán Pérez, M. 2009. Comparación de rendimientos, valores económicos y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivos y inter-cultivos. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 18 p.

Alcazar, J. 2010. Manual básico: producción de hortalizas. México. s.e. 29 p.

Bonilla, J. 2009. Manual de cultivo de camote: proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. s.n.t. 19 p.

Casseres, E. 1981. Producción de hortalizas. Eds. M. de la Cruz; J. Escoto. 3 ed. San Jose, Costa Rica. IICA. 390 p. (Serie de libros y materiales educativos no. 42).

Centro de Investigaciones y Promoción de Iniciativas para Conocer y Proteger la Naturaleza. 2010. El cultivo del rábano. (en línea). s.n.t. Consultado 15 ago. 2011. Disponible en <http://www.iberica2000.org/es/Articulo.asp?Id=4394>

Enciso Espínola, A.; Espinoza Arteaga, J. 2010. Evaluación del uso equivalente de terreno y eficiencias de extracción de tres dosificaciones de nutrientes en un sistema de policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 25 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2003. Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Eds. N El-Hage Scialabba; C Hattam. Roma, Italia. 280 p. (Colección FAO: Ambiente y Recursos Naturales no. 4)

Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 243-244

Guerrero, A. 1999. Cultivos extensivos. 6 ed. Barcelona, España. s.e. p. 215-261.

Guerrero Soler, J.; Herrera Egüez, F. 2010. Evaluación de ocho densidades de siembra de maíz dulce, habichuela y ayote en policultivos en uso equivalente del terreno y control de malezas. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 28 p.

Kantor, S. 1999. Comparing yields with land equivalent ratio (LER). (en línea). Estados Unidos. Washington State University, U.S. Department of Agricultural and King Country. (en línea). Consultado 28 ago. 2011. Disponible en <http://www.docstoc.com/docs/79774728/LER-FS>

Lardizábal, R. 2002. Manual de producción de yuca valencia. La Lima, Cortes, Honduras. s.e. 18 p.

Liebman, M. 1999. Sistemas de policultivos. In MA Altieri. Agroecología: bases científicas para una agricultura sostenible. 4 ed. Montevideo, Uruguay. Nordan-Comunidad. p. 190- 202.

Mead, R.; Willey, RW. 1980. The concept of a “Land Equivalent Ratio” and advantages in yields from intercropping. s.l. Experimental Agriculture. p. 217-228

Nieto Sáenz, S. 2010. Efecto de la asociación de cinco cultivos hortícolas en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos. Proyecto especial de Ingeniero en Desarrollo Socio-económico y Ambiente. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 80 p.

Ortiz, R. B. 1993. Medicina, salud y nutrición Azteca. (en línea). Consultado 31 oct. 2010.

Disponible en http://books.google.hn/books?id=g29n4T9zZ08C&pg=PA118&dq=*intercultivos&hl=es&ei=mt19TML2B8GBIAfMtbSzCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCoQ6AEwATgK#v=onepage&q&f=false

Pérez Atencio, A.; Ruíz Guerra, K. 2010. Evaluación de un sistema de policultivos de maíz dulce, habichuela, lechuga, rábano y yuca en el uso equivalente de terreno, ingresos y control de malezas. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 31 p.

REDCAHOR (Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo de las Hortalizas para América Central, Panamá y República Dominicana). 1999. Informe 1998-1999: Recursos genéticos; ensayos regionales de validación de cultivares; manejo integrado. San José, Costa Rica. IICA. p. 161.

Rubatzky, V. E.; Yamaguchi, M. 1997. World vegetables: principles, production, and nutritive values. Chapman and Hill. New York, USA. p. 799-819.

Schwartz, H. F.; Galvez, G. 1980. Problemas de la producción de frijol. s.l. CIAT, Palmira. p. 494.

Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. s.l. Cambridge University Press. 237 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Aleatorización de los tratamientos en campo

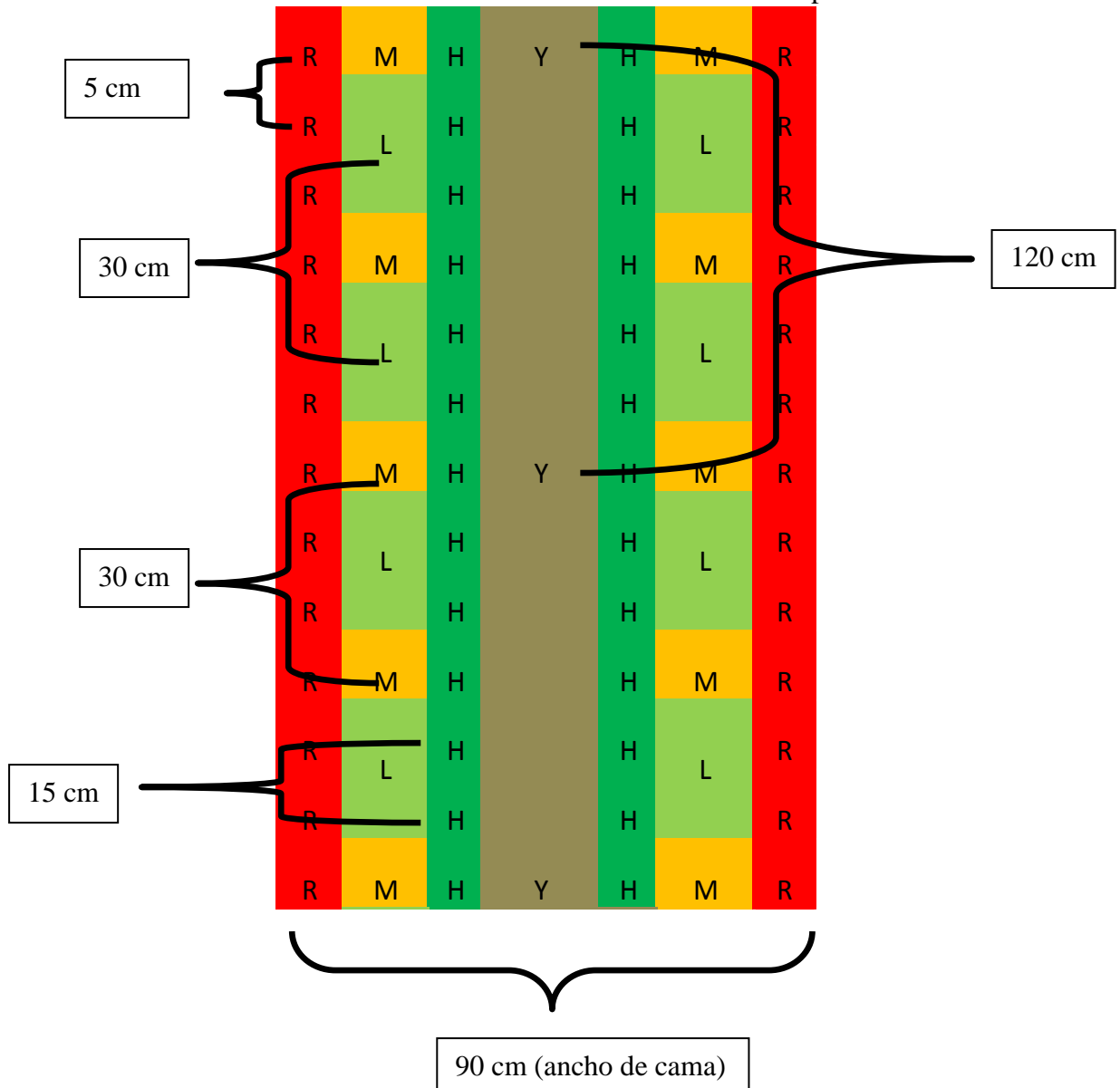
4 Habichuela	11 Poli 7 (75%) Y,M,H,L,R,C,A	18 Yuca, Habichuela Lechuga, Rábano	12 Poli 7 (50%) Y,M,H,L,R,C,A	4 Habichuela
5/7 Lechuga/ Camote	17 Yuca, Maíz, Lechuga, Rábano	16 Yuca, Lechuga Rábano	14 MH Maíz, Habichuela	12 Poli 7 (50%) Y,M,H,L,R,C,A
12 Poli 7 (50%) Y,M,H,L,R,C,A	15 MH (n) Maíz, Habichuela	12 Poli 7 (50%) Y,M,H,L,R,C,A	16 Yuca, Lechuga Rábano	13 Poli 7 (125%) Y,M,H,L,R,C,A
2 Maíz	9 Poli 7 Y,M,H,L,R,C,A	3 Maíz (n) Maíz	3 Maíz (n) Maíz	9 Poli 7 Y,M,H,L,R,C,A
18 Yuca, Habichuela Lechuga, Rábano	1 Yuca	1 Yuca	2 Maíz	14 MH Maíz, Habichuela
13 Poli 7 (125%) Y,M,H,L,R,C,A	5/7 Lechuga/ Camote	15 MH (n) Maíz, Habichuela	18 Yuca, Habichuela Lechuga, Rábano	2 Maíz
9 Poli 7 Y,M,H,L,R,C,A	6/8 Rábano/ Ayote	5/7 Lechuga/ Camote	17 Yuca, Maíz, Lechuga, Rábano	10 Poli 7 (n) Y,M,H,L,R,C,A
6/8 Rábano/ Ayote	4 Habichuela	17 Yuca, Maíz, Lechuga, Rábano	3 Maíz (n) Maíz	18 Yuca, Habichuela Lechuga, Rábano
1 Yuca	14 MH Maíz, Habichuela	4 Habichuela	5/7 Lechuga/ Camote	
15 MH (n) Maíz, Habichuela	2 Maíz	11 Poli 7 (75%) Y,M,H,L,R,C,A	6/8 Rábano/ Ayote	
16 Yuca, Lechuga Rábano	11 Poli 7 (75%) Y,M,H,L,R,C,A	6/8 Rábano/ Ayote	1 Yuca	

10 Poli 7 (n) Y,M,H,L,R,C,A	10 Poli 7 (n) Y,M,H,L,R,C,A	13 Poli 7 (125%) Y,M,H,L,R,C,A	16 Yuca, Lechuga Rábano
14 MH Maíz, Habichuela	13 Poli 7 (125%) Y,M,H,L,R,C,A	10 Poli 7 (n) Y,M,H,L,R,C,A	15 MH (n) Maíz, Habichuela
3 Maíz (n) Maíz	17 Yuca, Maíz, Lechuga, Rábano	9 Poli 7 Y,M,H,L,R,C,A	11 Poli 7 (75%) Y,M,H,L,R,C,A

Bloque	#1	#2	#3	#4
--------	----	----	----	----



Anexo 2. Distribución de los cultivos en una cama en el sistema de policultivo



Anexo 3. Análisis de los nutrientes potencialmente disponibles en el suelo

ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 776-8140 al 50 ext. 2316 Fax: (504) 776-8242

Solicitante: JEFF PACK
Institución: PARTICULAR
Localización: Aldea Municipio
de la muestra: ZAMORANO
Departamento: FCO. MORAZAN
Cultivo a sembrar:
Recomendación: Si No

RESULTADO DE ANALISIS Fecha de entrada: 18/06/2010
DE SUELOS

Metodos:

P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3

% M.O. : Metodo de Walkley & Black

% N total: 5% de M.O.

pH: Relación suelo : agua; 1:1

# Lab.	Muestra	pH (H2O)	% M.O.		mg/Kg (Extractable)									
			Bajo	Alto	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	
10-S-0766	Zona 2 lote 14	5.98	1.43	0.07	165	1460	2090	180	178	3.2	254	172	22	

Rango Medio		2.00	0.20	13					1.70	56	28	1.7
		4.00	0.50	30					3.4	112	112	3.4

Responsable del análisis: _____
Ing. Hilda Flores

Interpretación: _____
Ing. Dania Pamela Oliva