

**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 en
Zamorano, Honduras.**

**Amalio Rubén Enciso Espínola
Joel Elías Espinoza Arteaga**

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**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 en
Zamorano, Honduras**

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

Presentado por

Amalio Rubén Enciso Espínola
Joel Elías Espinoza Arteaga

Zamorano, Honduras
Diciembre, 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 en Zamorano, Honduras

Presentado por:

Amalio Rubén Enciso Espínola
Joel Elías Espinoza Arteaga

Aprobado:

Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor Principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera Ciencia y Producción
Agropecuaria

Ulises Barahona, Ing.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Abelino Pitty, Ph.D.
Área temática Fitotecnia

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

RESUMEN

Enciso Espínola, A. y Espinoza Arteaga, J. 2010. Evaluación del uso equivalente de terreno y eficiencias de extracción de tres dosificaciones de nutrientes en policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino en Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 25 p.

Para aprovechar mejor el área de suelo disponible existen varias alternativas, de las cuales el sistema de policultivos es una de ellas que se basa en cultivar simultáneamente diversas familias de vegetales sobre la misma área. También la cantidad de fertilización en un policultivo y en cualquier monocultivo es importante para analizar el incremento de la producción. Mejorar el aprovechamiento de áreas cultivables justifica la investigación en estos sistemas. El objetivo fue evaluar el efecto de tres dosificaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en los rendimientos, valor económico y eficiencia de uso aparente de esos nutrientes en un sistema de policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino. Se evaluaron tres policultivos con tres dosificaciones de fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) 100%, 75% y 125% de la dosis normal, de maíz dulce, habichuela y pepino. El estudio se realizó en zona II de la unidad de horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Se utilizó un diseño de BCA con seis tratamientos y cuatro repeticiones, en 2009 se usaron parcelas de 10 m × 10 m y en 2010 de 6 m × 8 m. Se comparó el rendimiento de los monocultivos con los policultivos, el uso equivalente de terreno, el uso equivalente de terreno financiero, la eficiencia del uso de nutrientes y análisis de ingreso relativo de los policultivos. Comparando los valores relativos en 2009 y 2010 el policultivo con 125% de fertilizante siempre fue superior a los policultivos de 75 y 100% y a los tres monocultivos. Rendimientos de policultivo 125% en 2009 y 2010 fueron con UET = 1.24 y 1.45, respectivamente, resultando un ahorro de 24 y 45% de terreno si se hubieran sembrado por separado los cultivos. En 2009 ninguno de los policultivos logró sobrepasar al monocultivo de mayor valor económico (maíz), pero en 2010 todos los policultivos fueron superiores al monocultivo de mayor valor (pepino). En 2009 la eficiencia de uso de nutrientes fue mayor en el monocultivo de maíz, para 2010 fue el policultivo de 75%. Relativa y económicamente la reducción y el aumento de 25% de fertilizante en policultivos, obtuvieron ganancias comparándolos con el policultivo 100%.

Palabras clave: Eficiencia uso nutrientes, EUN, EUP, EUK, ingreso relativo, UET, UETf.

ABSTRACT

Enciso Espínola, A. and Espinoza Arteaga, J. 2010. Evaluation of Land Equivalent Ratio and extraction efficiencies of three dosages of nutrients in mixed farming of sweet corn, bean and cucumber in Zamorano, Honduras. Special graduation project Program in Agricultural Engineering, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 25 p.

To make better use of available land area there are several alternatives from which the polyculture system is one that is based on cultivating different families of plants simultaneously over the same area. Also the amount of fertilizer in a polyculture and monoculture is any important to analyze the increase of production. Improve the use of arable land justifies the conduct of research in these systems. The objective was to evaluate the effect of three doses of nitrogen, phosphorus and potassium on yields, economic value and efficiency of apparent use of these nutrients in a polyculture system of sweet corn, bean and cucumber. Evaluating three different polyculture with three doses of fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium) 100%, 75% and 125% of the normal dose of sweet corn, bean and cucumber. The study was conducted in zone II of the unit of horticulture at the Pan American Agricultural School. The design of BCA with six treatments and four replications in 2009 were used plots of 10 m × 10 m in 2010 of 6 m × 8 m. We compared the performance of monoculture with polyculture, the equivalent use of land, the equivalent use of financial ground, the efficiency of nutrient use and relative income analysis polycultures. Comparing the relative values in 2009 and 2010, the polyculture of 125% of fertilizer outpaced polyculture 75 and 100% and the three monocultures. Polyculture yields 125%, in 2009 and two hundred and first went with UET = 1.24 and 1.45, respectively, resulting in a savings of 24 to 45% of land if it were separately sown crops. In 2009 none of the polycultures managed to surpass the highest economic value monoculture (sweet corn), but in 2010 all were superior to monoculture polyculture higher value (cucumber). In 2009, the efficiency of nutrient use was higher in the monoculture of corn for 2010 was 75% polyculture. And economically on both the reduction and increase of 25% of fertilizer in polyculture were obtained compared with the polyculture profits 100%.

Keywords: LER, LERf, nutrient use efficiency, NUE, PUE, KUE, relative income.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Abstract	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODO	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. LITERATURAS CITADA	21
7. ANEXOS	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Cantidad de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O (kg/ha), en tres tratamientos de policultivos en Zamorano, Honduras.....	5
2. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kg/planta del cultivo de maíz, en el 2009 y 2010.....	9
3. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kg/planta del cultivo de habichuela, en el 2009 y 2010.....	10
4. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kilogramos por planta del cultivo de pepino, en el 2009 y 2010.....	11
5. Comparación del uso equivalente de terreno entre los policultivos.....	13
6. Comparación del uso equivalente de terreno financiero, parcial y total en todos los tratamientos, año 2010.....	16
7. Comparación entre la eficiencia aparente de extracción de nutriente de nitrógeno, fósforo y potasio, para el año 2009 y 2010.....	17
8. Ingreso relativos de policultivos de tres cantidades de fertilizante y rendimientos en 2010 en Zamorano, Honduras.....	18
Figura	Página
1. Sub y sobre-rendimientos de los cultivos en sistema de policultivos en Zamorano, Honduras.....	14
Anexo	Página
1. Ordenamiento de monocultivo de maíz.....	23
2. Ordenamiento de monocultivo de habichuela.....	24
3. Ordenamiento de monocultivo de pepino.....	24
4. Ordenamiento de policultivos.....	25
5. Analisis de suelo.....	25

1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de generar seguridad alimentaria familiar y animal a nivel de finca, granja, parcela, hacienda, fundo o chagra, el proyecto Unidades Productivas Agroindustriales Rurales-UPAR-otorga la mayor importancia al diseño, implementación, manejo y aprovechamiento del llamado policultivos de la huerta familiar (Katto e Inés, 2004). En los cultivos intercalados, el uso equivalente de tierra (UET) es frecuentemente utilizado como medida de eficiencia del cultivo intercalado y es idéntico al rendimiento total relativo (RTR) ya que está basado en los requerimientos relativos de tierra para producir cultivos intercalados versus monocultivos (Mead y Willey, 1980).

En los policultivos, la productividad absoluta por área es menor que la producción de los monocultivos, debido a que las densidades de las plantas son altas, pero al realizar una sumatoria de los rendimientos relativos de cada cultivo en los intercultivos, siempre hay ventaja en los policultivos que en los monocultivos. Los multicultivos también tienen un impacto en la supresión de malezas, principalmente gramíneas y cyperáceas, lo que hace que haya menos competencia de nutrientes entre los cultivos y las malezas (Achupallas y Gaitán, 2009).

El policultivo es un sistema agrícola basado en el cultivo simultáneo de diversas especies vegetales sobre la misma superficie, imitando un ecosistema de plantas herbáceas por lo general anuales. Uno de estos principios biológicamente complejos es el multicultivo o intercultivo, en que se plantan simultáneamente varias especies de cultivos en lugar de limitar a una sola. Esta práctica tiene muchas ventajas ya que tiende a maximizar la producción (Ortiz, 1993).

Al existir diferentes familias de plantas dentro de una misma área, crea un ambiente de biodiversidad, donde muchos enemigos naturales son atraídos por la variedad de flores que se genera por los mismos cultivos, logrando mantener un mejor control natural de plagas. Cuando las plagas se controlan biológicamente en un alto porcentaje, el uso de pesticidas disminuye considerablemente, por tanto los policultivos, tienen esa ventaja económica que es de mucha importancia para los productores. Además se reduce el riesgo de comercialización, también se elimina la dependencia de un solo cultivo que por razones inesperadas pueden sufrir fluctuaciones en los precios, mismos que pueden llegar a perjudicar económicamente a los productores (Soto *et al.*, 2003).

Los productores han usado esta tecnología de policultivos aprovechando que las estaciones climáticas eran más estables, pero la inestabilidad climática en la actualidad aumenta los riesgos de pérdida parcial o completa de la producción agrícola y es así que:

se necesita mejorar la técnica de asociación de cultivos. Típicamente, los productores hacen mezclas de cultivos tradicionales, que son utilizados para autoconsumo, tales como maíz, frijoles y ayote. Esta combinación antigua de gramínea, leguminosa y cucúrbita, son consideradas como las tres hermanas y los campesinos practican este tipo de agricultura de sistemas integrales siguiendo una secuencia de siembra, en primer lugar se siembra el maíz, en segundo lugar los frijoles y por último el ayote.

El Uso Equivalente de Terreno (UET) provee una medida de rendimientos alcanzados al cultivar dos o más plantaciones de una forma intercalada, comparando estos resultados con los mismos cultivos, pero sembrados individualmente en un área determinada en forma de monocultivo. El uso equivalente de tierra, como también se le conoce, es la sumatoria de dividir para cada cultivo el rendimiento del policultivo sobre el rendimiento del monocultivo de mayor valor económico, 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).

Se puede definir UET como la cantidad de tierra necesaria para producir en monocultivo tanto como puede producirse en una hectárea de policultivos (Vandermeer, 1989). De los factores que más influyen para obtener bajos rendimientos, se encuentra, la falta de programas de fertilización y mejor aprovechamiento de tierra por lo que hacer un estudio para producir más, por unidad de área optimizando la fertilización en los cultivos y mejorar rendimientos.

EUN

Para conocer si las aplicaciones de fertilizante han sido bien aprovechadas por las plantas se utiliza el concepto de eficiencia del uso de nutrientes (EUN), que en aspectos agronómicos se define como el porcentaje de nutrientes extraídos por los frutos formados a partir de la cantidad de fertilizante aplicado. Prihar *et al.* (2000) define la EUN aparente como la cantidad de nutriente absorbido por el cultivo y se divide por la cantidad aplicada como fertilizante, independientemente de la fuente de la que pueden tener los nutrientes obtenidos. Existe un cálculo de EUN real que es similar al EUN aparente porque tiene el mismo principio, sin embargo, la EUN real es diferente al EUN aparente porque el real mide la cantidad de nutrientes suministrados por los fertilizantes que en realidad son tomadas por el cultivo utilizando como marcadores nitrógeno 15 empobrecido o fósforo-32 (32P) en la fuente de fertilizante (Prihar *et al.*, 2000).

Maíz

El cultivo del maíz pertenece a la familia de las gramíneas, cuyo nombre científico es *Zea mays*. Cuando se consume como maíz dulce, se considera una hortaliza porque los granos son consumidos en estado inmaduro o estado lechoso-pastoso. El maíz prefiere clima cálido con temperaturas de 20-30 °C, con precipitación de 500-600 mm durante el ciclo de vida. Prefiere suelos francos bien drenados y con pH de 6.5 como ideal. Son débiles al ataque de gusanos principalmente *Spodoptera* spp. y *Helicoverpa zea*. Tienen un crecimiento determinado y consta de un ciclo del cultivo desde la siembra hasta la cosecha con un rango desde 80-90 días. Este cultivo se involucra perfectamente en

condiciones de policultivo porque su porte rígido aporta soporte para los cultivos asociados como el pepino.

Habichuela

El cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris*) pertenece a la familia de las leguminosas, es un tipo de frijol común que es comercializado en forma de vaina inmadura incluyendo las semillas y se considera como una hortaliza verde por su consumo. La habichuela se adapta bien a diferentes alturas desde los 800 hasta 2300 msnm, soporta temperaturas desde 19 hasta 26 °C en condiciones ideales, prefiere suelos francos y franco-arcillosos bien drenados y con un pH de 6.5. Su consumo de agua con precipitaciones durante su ciclo vida es de 350-500 mm y prefiere humedad relativa baja de 60% (Vallejo y Estrada, 2004). Existen dos tipos de crecimiento: determinado (arbusto) e indeterminado (enredadera). En caso del indeterminado es necesaria la técnica de tutoreo para evitar que las vainas estén en contacto con el suelo y sean infectadas por enfermedades. El ciclo del cultivo es de 50 a 70 días después de siembra. Debido a la distribución de raíces y por la capacidad de hacer cobertura en el suelo, para evitar la población de malezas es de mucha utilidad incluir este cultivo en un sistema de policultivo.

Pepino

El pepino (*Cucumis sativa*) pertenece a la familia de las cucúrbitas es una hortaliza de verano. Prefiere suelos francos o franco arcillosos bien drenados, con profundidad media (30 cm) y con pH óptimo de 5.5-6.5 (Bolaños, 2001). Se cultiva con éxito en un rango de temperatura de 15° a 25° C, aunque la semilla germina normalmente de 15° a 30° C (Montes 1999). Las enfermedades más comunes que afectan el cultivo de pepino son: mildiú polvoso en época seca y mildiú lanoso en época húmeda. También es afectado por el virus de las cucúrbitas, transmitido principalmente por mosca blanca y áfidos.

Justificación

Mejorar el aprovechamiento de áreas cultivables justifica realizar investigaciones en policultivos y aunque los agricultores a menudo utilizan esta técnica para aumentar rendimientos y reducir pérdidas en sus plantaciones, lo hacen de forma tradicional y sin comprender los principios que sustentan la utilización del sistema de policultivos. Por otro lado, con el aumento continuo de costos de fertilizantes y preocupaciones de contaminación ambiental, es necesario evaluar eficiencias de usos de nutrientes para mejorar los mismos. Este estudio evaluó el efecto de tres dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en los rendimientos, valor económico y eficiencia de uso aparente de esos nutrientes en un sistema de policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino.

2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en los lotes 13 y 14 de Zona II de la unidad de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se realizó de octubre y diciembre de 2009 y mayo a julio de 2010. El sitio se encuentra a 800 msnm, latitud 14°00'31.43" Norte y longitud 86°59'55.20" Oeste con temperatura media anual de 25 °C, y precipitación promedio anual de 1100 mm.

2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO

Se preparó el suelo con subsolador, con una profundidad efectiva de 45 cm, seguido de una rastra pesada y rastra liviana. Después de haber mullido el suelo se levantaron camas de 0.9 m de ancho y 1.5 m de distancia entre camas. Para no tener problemas de maleza se hizo pre-germinación de las mismas y se aplicó glifosato para mantener limpio las camas durante las primeras etapas del cultivo.

2.3 SIEMBRA Y TRASPLANTE

La habichuela fue sembrada directamente el día de trasplante del maíz dulce y pepino; los cuales se prepararon en la sección de plántulas de Zamorano, 14 y 10 días antes del trasplante, respectivamente. Las variedades utilizados fueron: Maíz dulce (saccharalis, cultivar Shimmer), habichuela (Opus) y pepino (Tropicuke II).

2.4 ORDENAMIENTO DE LOS CULTIVOS

2.4.1 Monocultivos

El maíz se sembró en doble hilera por cama a una distancia de 30 cm entre planta, para lograr una densidad de 44,000 plantas/ha; la habichuela se sembró en doble hilera por cama a 10 cm entre planta y 30 cm entre hilera, logrando una densidad de 120,000 plantas/ha; el pepino a 40 cm entre planta a una sola hilera por cama, para un total de 16,000 plantas/ha.

2.4.2 Policultivos

Todos los policultivos se sembraron a una tercera parte de densidad comparado con los monocultivos, pero dejando una densidad relativa de 1. El maíz se sembró en doble hilera a una distancia de 90 cm entre planta, las plántulas se trasplantaron en forma de

tresbolillo. La habichuela se sembró a doble hilera y una distancia de 30 cm entre planta. El pepino se trasplantó en una sola hilera a una distancia entre plantas de 120 cm.

2.5 FERTILIZACIÓN

Se fertilizó manualmente cada tratamiento y tapándola con tierra después de la distribución para evitar pérdidas por volatilización. Los fertilizantes que se utilizaron fueron: urea, fosfato monoamónico (MAP) y nitrato de potasio (K_2NO_3). Las dosis de fertilizantes para el policultivo de 100% fue tomado con base en el 33% de la dosis de cada monocultivo, para el policultivo de 75% se le restó 25% de la cantidad de fertilizante del policultivo de 100% y al policultivo de 125% se le aumentó 25% más de fertilizante que el de 100% (cuadro 1).

Las cantidades usadas para cada unidad experimental fueron basadas en una fertilización para el maíz: 200-150-150 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O , respectivamente, para habichuela: 150-100-100 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O , y para el pepino: 150-100-100 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O (Olson *et al.* 2007). Se fraccionó la cantidad de fertilizante en tres aplicaciones, la primera aplicación se realizó un día antes de la siembra de la habichuela y trasplante del pepino y maíz dulce (33%), la segunda 15 días después de la siembra (42%) y la última a los 35 días después de siembra (25%).

Cuadro 1. Cantidad de N, P_2O_5 y K_2O (kg/ha), en tres tratamientos de policultivos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	N	P_2O_5	K_2O
Maíz	200	150	150
Habichuela	100	100	100
Pepino	150	100	100
Policultivo 100%	149	116	116
Policultivo 125%	186	144	144
Policultivo 75%	111	87	87

2.6 RIEGO

El sistema de riego utilizado fue por goteo, cada cama constaba de dos cintas de goteo, con un caudal de 1 L/h por cada gotero y una presión de la cinta al regar era de 8 psi. El riego estuvo a cargo del personal de la unidad de horticultura, se realizaron con base en la humedad del suelo y condiciones climáticas.

2.7 MANEJO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS

Plagas y enfermedades se manejaron según prácticas culturales típicas del cultivo. Las principales plagas que atacaron a los cultivos fueron: maíz, gusanos (principalmente *Spodoptera* spp.) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp); habichuela, la plaga principal fue tortuguilla (*Diabrotica* spp); en pepino se observó áfidos en abundancia, mosca blanca y

tortuguilla. Todas estas plagas fueron controladas con insecticidas usados por la unidad de protección vegetal y por agentes biológicos que se encontraron naturalmente por el sistema de policultivos. Las enfermedades principales en el cultivo de pepino fueron mildiú lanoso o veloso y en el cultivo de maíz se tuvo problemas de tizón sureño principalmente. El desmalezado se realizó con y sin azadones a los 14, 34 y 50 días después de trasplante.

2.8 COSECHAS

El maíz fue cosechado dos veces en elote (70 y 78 días después de trasplante (DDT)); la habichuela fue cosechada cuatro veces durante dos semanas (52, 57, 61 y 65 días después de siembra); el pepino fue cosechado ocho veces durante cuatro semanas (40, 44, 49, 52, 57, 61, 65 y 70 DDT). Se hicieron dos clasificaciones en la cosecha: rendimiento total y comercial. En el total se tomó en cuenta el 100% de la producción. Para el comercial se hizo por medio de los siguientes aspectos: En el pepino se tuvo consideración sobre: grosor (4-6 cm), longitud (20-25 cm), estado de madurez (verde con semillas inmaduras) y forma (cilíndrica). En habichuela se tuvo en cuenta la vaina con granos inmaduros. En maíz se tomó en cuenta que los granos estuvieran en estado lechoso-pastoso.

2.9 VARIABLES ANALIZADAS

UET y UETf

Para el cálculo del uso equivalente de terreno (UET) y uso equivalente de terreno financiero (UETf), se tomó en consideración el rendimiento obtenidos por cada tratamiento de los monocultivos y policultivos. También se analizó el aporte económico que ofreció cada tratamiento utilizando precios que estaban en el mercado nacional. El cálculo de la UET (fórmula 1) y UETf (fórmula 2) se realizaron mediante la fórmula matemática siguiente:

$$UET = \sum \frac{Y_{pi}}{Y_{mi}} \quad [\text{Fórmula 1}]$$

Donde “Y_{pi}” es el rendimiento del policultivo y “Y_{mi}” es el rendimiento del monocultivo.

Para ambas variables UET, valores < 1, significa que el policultivo no produjo más que los monocultivos en cuanto a unidad por área; valores = 1, significa que la unidad por área es igual en ambos sistemas de producción; y valores > 1 significa que el policultivo es más productivo que cualquier monocultivo.

$$UETf = \frac{\sum X_{aep}}{X_{aem}} \quad [\text{Fórmula 2}]$$

Donde “X_{aep}” es el aporte económico de policultivo y “X_{aem}” es el aporte económico del monocultivo de mayor valor.

Para ambas variables UETf, valores < 1, significa que el policultivo no es más rentable que el monocultivo de mayor valor; valores = 1, significa es igualmente rentable; y valores > 1 significa que es más rentable.

EUN

También se analizó la eficiencia del uso de nutrientes, fueron calculados con base en el rendimiento y los contenidos típicos de nutrientes absorbidos por los cultivos, los cuales fueron investigados en la literatura, por lo que no se realizó un análisis de los tejidos de los frutos. Este tipo de análisis no da eficiencias de extracción exactas, pero da una idea adecuada de eficiencias relativas de extracción de nutrientes. El análisis solo representa eficiencias aparentes, porque no se conoce cuanto de ese nutriente extraído por el fruto fue el que aplicó o fue parte de los nutrientes que aportó el suelo. Basado en los datos de Rubatzky y Yamaguchi, (1997) la parte cosechada de cada cultivo contiene lo siguiente (a bases de materia fresca): el maíz 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 y 0.22% de K; el pepino contiene 0.12% de N, 0.03% de P y 0.17% de K.

$$EUN = \frac{\text{cantidad de nutriente en producto cosechado} \times \text{rendimiento total del cultivo}}{\text{Cantidad de nutriente aplicado}} \times 100$$

[Fórmula 3]

Ingresos relativos

Se analizó el ingreso relativo de los policultivos, lo que consistió en comparar los ingresos entre los policultivos de 125 y 75% con el policultivo de 100% para evaluar el efecto neto de aumentar o disminuir la cantidad de fertilizante en 25% y analizando el cambio de rendimientos correspondientes, debido a que los demás costos fueron iguales para los policultivos.

2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones, para hacer un total de 24 unidades experimentales en la cual se arregla un diseño de BCA (bloques completamente al azar). Cada una de las mismas tenía las dimensiones siguientes 10m × 10m. El experimento se realizó en 2009 y se repitió en 2010.

2.11 ANALISIS ESTADÍSTICO

Se analizó los datos por medio del software Statistical Analysis System (SAS, 2009)[®]. El análisis de varianza (Probabilidad) y separación de medias se hicieron con el método Tukey con un nivel significativo de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Observación de los cultivos

Se destinó realizar el ensayo solo en 2009. Sin embargo, por condiciones climáticas anormales en que las lluvias regulares de invierno nunca llegaron y las plantas sufrieron estrés reduciéndose la productividad de las mismas (particularmente pepino), se repitió el estudio en 2010. Sin embargo, en 2010 también el clima perjudicó la producción con un repentino, pesado y temprano inicio de las lluvias, lo que tuvo un impacto negativo en las plantas (particularmente con la germinación de las habichuelas), dando como resultado la disminución de rendimientos en las mismas. Por tanto, los resultados representan dos escenarios menos ideales en la producción de esos cultivos.

3.2 Comparación de rendimientos

3.2.1 Rendimientos de maíz

En ambos años, el mayor rendimiento se obtuvo en el monocultivo de maíz comparado con los policultivos, porque había mayor densidad del mismo. Pero entre los policultivos de 100, 125 y 75% también hubo diferencia significativa. En el 2009 por error no se hizo una clasificación comercial, sólo se realizó para el año 2010, en la cual se obtuvo el mismo patrón de los rendimientos totales (Cuadro 2).

En 2009, comparando los policultivos entre sí, se observó que el policultivo de 125% obtuvo los rendimientos más altos (4,200 kg/ha), esto debido a que se aplicó 25% más de fertilizante, el cual respondió a la aplicación extra, mientras que el policultivo de 75% tuvo el segundo lugar de producción (2,490 kg/ha) y como último lugar el policultivo de 100% con una producción de 1,500 kg/ha. Sin embargo, se obtuvo el potencial de mejor rendimiento debido a que en una de las repeticiones del tratamiento se tuvo casi una producción nula porque el porcentaje de sobrevivencia fue muy bajo, si se contara solo las tres repeticiones buenas el promedio habría sido 3000 kg/ha. En el análisis de los rendimientos por planta no hubo diferencias significativas entre el monocultivo y los policultivos, aunque numéricamente el policultivo de 125% rindió más por unidad (0.29 kg/planta), la respuesta baja por planta se debe a la alta mortalidad descrita anteriormente (Cuadro 2).

En 2010, el patrón obtenido solo con los policultivos, se determina que el policultivo de 125% rindió más que los demás policultivos con una producción total de 4,470 kg/ha, lo que representa 13% más de la producción del policultivo de 100% (3,950 kg/ha) y 48% más que el policultivo de 75% (3,030 kg/ha).

Considerando la producción comercial, los policultivos 125 y 100% no fueron significativamente diferentes, con rendimientos de 4,190 kg/ha y 3,680 kg/ha, respectivamente. En los policultivos 100, 125 y 75% el porcentaje de producto comercial (93, 94 y 93%, respectivamente) fue muy parecido al monocultivo (92%). La mayor producción comercial por planta de maíz se tuvo con el policultivo de 125% (0.29 kg/planta) diferenciándose con el monocultivo (0.22 kg/planta) y el policultivo de 75% (0.19 kg/planta), superándolos por 32 y 53%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kg/planta del cultivo de maíz, en el 2009 y 2010 .¹

Tratamiento	Rendimiento Total			Rendimiento Comercial		
	kg/ha		kg/planta	kg/ha		kg/planta
2009						
Maíz	10450	a	0.24	ns	nd	nd
² Poli 100%	1500	b c	0.10		nd	nd
Poli 125%	4200	b a	0.29		nd	nd
Poli 75%	2490	b b	0.17		nd	nd
Probabilidad	0.0001	0.1413	0.1232			
Tukey	3660	3570	0.22			
2010						
Maíz	10350	a	0.24	b	9500 a (2)	0.22 b
² Poli 100%	3950	b b	0.27	ab	3680 b a	0.25 ab
Poli 125%	4470	b a	0.31	a	4190 b a	0.29 a
Poli 75%	3030	b c	0.21	b	2820 b b	0.19 b
Probabilidad	0.0001	0.0003	0.0089		0.001 0.01	0.009
Tukey	1820	490	0.07		1450 530	0.071

¹ = Medias con diferente letra en la columna, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ns= Datos de la columna no son significativos.

nd= Datos no colectados en 2009.

² = Separación de medias en la misma columna solo compara policultivos.

3.2.2 Rendimientos de habichuela

En los dos años de estudio se obtuvo significativamente mayor rendimiento en el monocultivo, lo cual se esperaba debido a que existió 200% más plantas que en los policultivos. La evaluación de rendimientos comerciales se realizó únicamente en el 2010, obteniendo el mismo patrón que los rendimientos totales (Cuadro 3).

En 2009, entre los policultivos hubo diferencias significativas, en que los policultivos 125 y 75% tuvieron rendimientos más altos (2,660 kg/ha y 2,240 kg/ha, respectivamente) que el policultivo de 100% (1,810 kg/ha) con 47% el policultivo 125% y en 24% el policultivo

de 75%, eso puede ser y si se evaluara solo con tres repeticiones, el promedio habría sido 1950 kg/ha debido a que una de las repeticiones del mismo sufrió problemas de mortalidad. Los rendimientos por planta no fueron diferentes estadísticamente, aunque el policultivo de 125% (0.07 kg/planta) numéricamente fue superior a los policultivos 100% (0.05 kg/planta) y 75% (0.06 kg/planta) e incluso al monocultivo (0.06 kg/planta) (Cuadro 3).

En 2010, las altas cantidades de lluvia redujo la germinación de las habichuelas y a pesar de que se hizo resiembra, la densidad siempre fue baja. El policultivo que obtuvo el rendimiento total mayor fue el de 125% de fertilización (2,060 kg/ha) superando significativamente a los policultivos de 100% (1,070 kg/ha) y 75% (1,132 kg/ha) en 93% y 82%, respectivamente de la producción. Tomando en cuenta la producción comercial, se observó el mismo patrón de rendimiento con el policultivo de 125% (1,930 kg/ha), lo que representa 94% de producción comercial, que es igual al porcentaje del monocultivo, pero los policultivos de 100 y 75% tuvieron 92 y 93%, respectivamente, de rendimiento apto para venderlo. La mayor producción comercial por planta, la tuvieron el monocultivo y el policultivo de 125% (0.05 kg/planta, para los dos tratamientos), superando a los policultivos de 100% (0.02 kg/planta) y el de 75% (0.03 kg/planta) en 150 y 67%, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kg/planta del cultivo de habichuela, en el 2009 y 2010. ¹

Tratamiento	Rendimiento Total			Rendimiento Comercial		
	kg/ha		kg/planta	kg/ha		kg/planta
2009						
Habichuela	7060	a	0.06	ab	nd	nd
² Poli 100%	1810	b	ab	0.05	b	nd
Poli 125%	2660	b	a	0.07	a	nd
Poli 75%	2240	b	a	0.06	b	nd
Probabilidad	<0.0001		0.097		0.098	
Tukey	1820		980		0.02	
2010						
Habichuela	6240	a		0.05	ab	5840 a
² Poli 100%	1070	b	b	0.03	b	980 b
Poli 125%	2060	b	a	0.05	a	1930 b
Poli 75%	1130	b	b	0.03	b	1050 b
Probabilidad	0.0001		0.0161		0.010	<0.0001
Tukey	3660		810		0.02	1000
						740
						0.01
						0.02

¹ = Medias con diferente letra en la columna, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ns= Datos de la columna no son significativos.

nd= Datos no colectados en 2009.

² = Separación de medias en la misma columna solo compara policultivos.

3.2.5 Rendimientos de pepino

En ambos años, el mayor rendimiento se obtuvo en el monocultivo de pepino, porque había mayor densidad del mismo, pero, interesantemente en 2009 el policultivo de 125% fue estadísticamente igual, lo que se debe principalmente a una desviación estándar mayor ya que numéricamente rindió menos que la mitad del monocultivo. Entre los policultivos de 100, 125 y 75% no hubo una diferencia significativa; de igual forma en 2009 por error no se cuantificó el rendimiento comercial del cultivo de pepino, por lo que en 2010 sí se realizó esta actividad, la cual no fue el mismo patrón que los rendimientos totales (Cuadro 4).

Comparando solo policultivos, en 2009, el policultivo de 125% tuvo el mayor rendimiento (1,950 kg/ha) comparando con los policultivos de 100% (625 kg/ha) y 75% (1,200 kg/ha), superando los rendimientos en 212 y 63% respectivamente, debido a que en el policultivo de 100% se tuvo una alta mortalidad de plantas en una de las repeticiones. En el rendimiento por planta, el policultivo de 125% (0.39 kg/planta) superó al monocultivo (0.29 kg/planta) en 28%, al policultivo de 75% (0.24 kg/planta) en 39% y al policultivo de 100% (0.13 kg/planta) en 68% (Cuadro 4). En el 2009 en condiciones adversas, tanto en temperaturas como precipitaciones bajas, debido a eso el cultivo no respondió en ninguno de los tratamientos. En 2009 el policultivo de 100% solo produjo el 32% del policultivo de 125%, el de 75% rindió el 62% de la producción del policultivo de 125%.

Cuadro 4. Comparación de rendimientos totales, comerciales y kilogramos por planta del cultivo de pepino, en el 2009 y 2010 ¹.

Tratamiento	Rendimiento Total			Rendimiento Comercial		
	kg/ha		kg/planta	kg/ha		kg/planta
2009						
Pepino	4280	a	0.29	ns	nd	nd
² Poli 100%	630	b	0.13	c	nd	nd
Poli 125%	1950	ab	0.39	a	nd	nd
Poli 75%	1200	b	0.24	b	nd	nd
Probabilidad	0.0051	0.1701	0.1432			
Tukey	2410	1850	0.32			
2010						
Pepino	22850	a	1.52	c	18640	a (2) 1.24 c
² Poli 100%	14430	bc	2.92	ab	12910	b ab 2.61 ab
Poli 125%	15780	b	3.19	a	14370	b a 2.90 a
Poli 75%	13070	c	2.64	b	12060	b b 2.44 b
Probabilidad	0.0001	0.0012	0.0001	0.0004	0.0094	0.0003
Tukey	2700	1160	0.28	3080	1520	0.28

¹ = Medias con diferente letra en la columna, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ns= Datos de la columna no son significativos.

nd= Datos no colectados en 2009.

² = Separación de medias en la misma columna solo compara policultivos.

3.3 Uso Equivalente de Terreno (UET)

En el 2009, ninguno de los policultivos tuvo diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para los UET parciales como el UET total. El tratamiento 125% tuvo rendimientos superiores que los del tratamiento 75 y 100% y fue el único en tener un UET mayor que 1.00. También, observando la productividad de los policultivos con respecto a las densidades relativas de sus componentes, ni el policultivo de 75% ó 100% de la dosis de fertilizante fue mayor a 1. Esto tiende a implicar que la dosis más alta de fertilizante ayudó a las plantas a superar cualquier impedimento del ambiente y sobreproducir aún al monocultivo, mientras que menores cantidades de fertilizante no otorgaron esa capacidad (Cuadro 5).

En 2009, teniendo como referencia el cultivo de mayor valor, los policultivos de 75 y 100% tuvieron sub-rendimientos en todos los cultivos (maíz dulce, habichuela y pepino), pero con el 125% de fertilización todos los cultivos tuvieron sobre-producción. Para el cultivo de maíz: a 75% de fertilización, solo rindió 72%, a 100% rindió 43% y a 125% de fertilización sobre-produjo 22%; para el cultivo de habichuela: a 75% rindió 96%, a 100% rindió 78% y a 125% sobre-rindió 14%; y para el cultivo de pepino: a 75% de fertilización rindió 85%, a 100% de nutrientes rindió 44% y a 125% rindió 38% (Figura 1).

En el 2010, el policultivo de 125% siempre tuvo valores de UET (parciales y totales) más altos que los de 100 y 75%, los que no fueron diferentes entre sí para el UET total (1.17 y 1.05, respectivamente) mientras que todos los policultivos fueron netamente 22% más productivos que los monocultivos (Cuadro 5). Aspecto importante a considerar es que con policultivos de 125%, todos los cultivos a lo menos rindieron igual (kg/planta) comparado con el monocultivo, incluso las habichuelas que sufrieron mucha mortalidad.

También se evaluó el sobre o sub rendimiento de los cultivos según el comportamiento de las dosis de fertilizantes en los policultivos. Se tomó como línea base un valor de 1, que representa el 100% de producción. El cultivo de maíz, en el policultivo de 75% tuvo un sub-rendimiento de 89%, con 100% logró alcanzar un sobre-rendimiento de 16% y al aumentar a 125% la dosis de nutrientes alcanzó una sobre-producción de 31%. El cultivo de habichuela, los policultivos de 75 y 100% obtuvieron un sub-rendimiento de 55 y 52%, respectivamente, pero al aumentar la dosis a 125% de fertilizante a lo menos cumplió con lo mínimo de una producción normal (33% de la producción de un monocultivo). El cultivo de pepino, siempre obtuvo una sobre-producción en todos los policultivos de 75, 100 y 125% logrando 73, 21 y 109% más de la línea base, respectivamente. Las tendencias obtenidas del ensayo es que a mayor fertilizante se aplica, mayor son los rendimientos (Figura 1).

En el 2010, todos los policultivos tuvieron rendimientos superiores que cualquier monocultivo, aun cuando la habichuela fue el cultivo más afectado por la elevada precipitación a inicio del ensayo lo cual afectó la germinación. El UET total mayor a 1.00 representa mejor UET en policultivos comparado con el cultivo de mayor valor (pepino) siendo el tratamiento 125 % el mejor tratamiento con 45% más de producción, seguido por el tratamiento 100 y 75% con sobrerendimiento de 17 y 5%, respectivamente (Cuadro 5).

En ambos años, cuatro de los seis tratamientos tuvieron valores de UET mayores a 1.00, lo que significa que rindieron más producto por área de suelo que sus contrapartes monocultivos. Esos datos particularmente útiles en evaluaciones de producciones en años considerados malos para producción agrícola y demuestra la sabiduría del concepto de diversificar cultivos para evitar el riesgo.

Cuadro 5. Comparación del uso equivalente de terreno (UET) entre los policultivos ¹.

Tratamiento	UET						UET total
	Maíz		Habichuela		Pepino		
	2009						
Poli 100%	0.14	ns	0.26	ns	0.15	ns	0.55 ns
Poli 125%	0.40		0.38		0.46		1.24
Poli 75%	0.24		0.32		0.28		0.83
Probabilidad	0.1401		0.0976		0.1769		0.0897
Tukey	0.34		0.14		0.43		0.78
	2010						
Poli 100%	0.36	b	0.17	b	0.63	b	1.17 b
Poli 125%	0.43	a	0.33	a	0.69	a	1.45 a
Poli 75%	0.29	c	0.18	b	0.57	c	1.05 b
Probabilidad	0.0003		0.0143		0.0005		0.0004
Tukey	0.05		0.13		0.04		0.15

¹ = Medias con la misma letra en la columna, no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ns= Datos de la columna no son significativos.

nd= Datos no colectados en 2009.

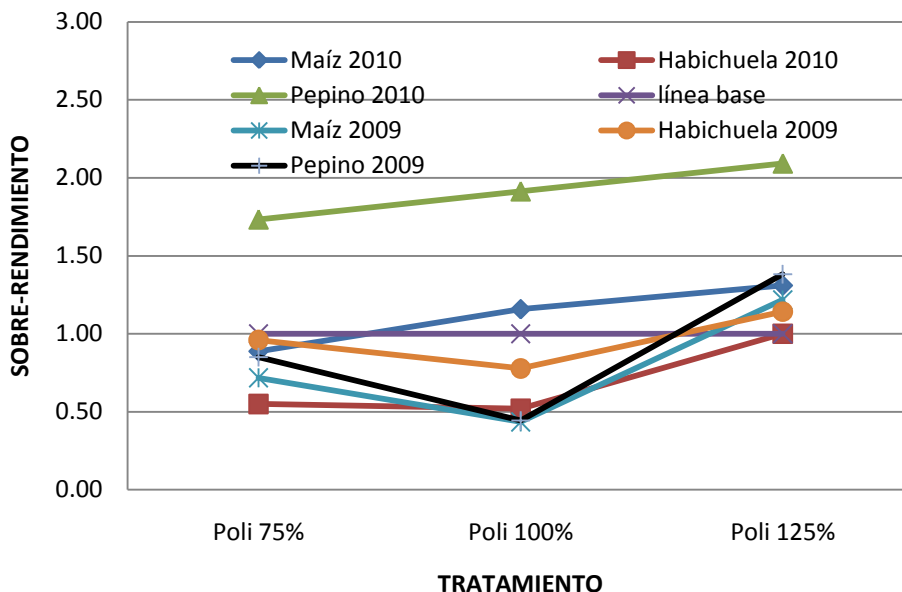


Figura 1. Sub y sobre-rendimientos de los cultivos en sistema de policultivos en Zamorano, Honduras.

3.4 Aporte económico y UETf

Para el 2009 no se hizo análisis con rendimientos comerciales debido a que los datos no se clasificaron, por lo que los resultados de UETf son basados en rendimientos totales. Los precios usados para los cultivos fueron, maíz (L 2.10/kg), habichuela (L 2.75/kg) y pepino (L 1.20/kg). La tasa de cambio fue de L. 18.895 por dólar americano. Para este año el monocultivo de maíz se consideró como el cultivo de mayor valor económico por hectárea (L 52,187), la cual se utilizó como referencia para comparar con los tratamientos de policultivos, dando como resultado que ninguno de los policultivos es más rentable que el monocultivo de maíz. Se tomó como referencia el valor de 1.00 para el maíz para conocer si el cultivo es factible económicamente, números mayores que el mismo son rentables (Cuadro 6). El monocultivo de habichuela tuvo un aporte económico de L 44,903 lo que representa un UETf de 0.86 y el policultivo 125% con un aporte de L 43,394 lo que es un UETf de 0.83, éstos tuvieron UETf más altos que el resto, pero no sobrepasaron la cantidad de dinero que rindió el maíz (Cuadro 6).

Para 2010, los precios usados para los cultivo fueron: maíz (L 2.35/kg), habichuela (L 3.00/kg) y pepino (L 1.50/kg). La tasa de cambio fue de L. 18.895 por dólar americano. Se compararon los ingresos brutos obtenidos en cada tratamiento, teniendo en cuenta la producción comercial de los cultivos y comparando con el cultivo de mayor valor económico del año (Pepino, L 52,482), el análisis demuestra que con el policultivo de tratamiento 125% se obtiene L 73,677 el cual representa 40% más de ingreso bruto, con el policultivo 100% se tuvo L 60,992 de ingreso (16% más de ingreso bruto), con el policultivo 75% se tuvo L 54,707 (4% más de ingreso bruto), contrastando los ingresos con la producción de habichuela que tuvo rendimiento inferior al promedio esperado, nos da idea de la ventaja de reducir riesgos de producción siendo que se tuvo alta mortalidad

de semillas y plantas causadas por alta precipitación, por tanto si en este año se hubiera decidido sembrar solo habichuela, hubiera dado como resultado una pérdida considerable en ese ciclo de cultivo. Con los policultivos se obtuvieron los ingresos brutos más elevados que sembrando cualquiera de los monocultivos, inclusive el de tratamiento 75% que no había alcanzado obtener mejor UETf que el monocultivo de pepino (Cuadro 6).

En 2010, para el UETf (parciales y totales), el policultivo de 125% superó significativamente al monocultivo de mayor valor que fue el pepino, los policultivos de 75% y 100% no difieren entre si, al mismo tiempo que el policultivo de 75% no difiere del monocultivo de pepino quedando como último el monocultivo de habichuela. Tanto el policultivo 125% el de mejor UETf y el policultivo 100% generaron ganancias (24% y 4%, respectivamente) sobre el monocultivo de mayor valor económico (pepino), significa que en cuanto a volumen resulta mejor implementar el sistema de policultivos con fertilización normal de 100% o 25% más de fertilizante, en ambos casos de obtienen rendimientos superiores a cualquiera de los tres cultivos en monocultivo. Se tuvo la misma tendencia que el año 2009, el tratamiento 125% siempre sale como mejor tratamiento tanto para UETf parciales y UETf total (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación del uso equivalente de terreno financiero, parcial y total en todos los tratamientos, año 2010. ¹

Tratamiento	Maíz		Habichuela		Pepino		Total		
	Aporte (L)	UETf	Aporte (L)	UETf	Aporte(L.)	UETf	UETf-total	UETf-total	
2009									
Maíz	52187	1.00					52190	1.00	a
Habichuela			44900	0.86			44900	0.86	ab
Pepino					12040	0.23	12040	0.23	c
Poli 100%	7490	0.14	11520	0.22	1760	0.03	20780	0.40	c
Poli 125%	20980	0.40	16930	0.32	5490	0.11	43390	0.83	ab
Poli 75%	12360	0.24	14230	0.27	3380	0.06	29970	0.57	bc
Probabilidad									<0.0001
Tukey									0.36
2010									
Maíz	47440	0.90					47440	0.90	c
Habichuela			37100	0.71			37100	0.71	d
Pepino					52480	1.00	52480	1.00	c
Poli 100%	18390	0.35	6230	0.12	36370	0.69	60990	1.16	b
Poli 125%	20950	0.40	12260	0.23	40470	0.77	73680	1.40	a
Poli 75%	14090	0.27	6670	0.13	33950	0.65	54710	1.04	bc
Probabilidad									<0.0001
Tukey									0.14

¹= Medias con la misma letra en la columna, no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

3.6 Eficiencia del Uso de Nutrientes

3.6.1 Eficiencia del Uso de Nitrógeno (EUN)

Para el 2009, el monocultivo de maíz fue el que tuvo la mayor eficiencia de uso del nitrógeno (30%) en relación a los demás tratamientos, pero no difiriendo significativamente el monocultivo de habichuela y los policultivos de 125% y 75% (23, 19 y 21%, respectivamente), quedando como el menos eficiente el monocultivo de pepino (3%). Este resultado de pepino probablemente no fue por una ineficiencia biológica por la planta sino que por la alta mortalidad (Cuadro 7).

Para el 2010, el monocultivo de maíz y los tres policultivos significativamente fueron iguales (26-31%) de eficientes con el nitrógeno y fueron diferentes con respecto a la habichuela (19%) y pepino (15%). Al igual que 2009 con pepino, en 2010 la baja eficiencia en habichuelas probablemente se debe a la alta mortalidad de las mismas, porque al compararlas con 2009 se obtuvo una eficiencia de 23% y 19% en 2010. A pesar que ese año la densidad de pepino no se vio afectada por las condiciones climáticas, el monocultivo del mismo siempre tuvo una eficiencia aparente de nitrógeno más bajo que los otros cultivos.

3.6.2 Eficiencia del Uso de Fósforo (EUP)

Con fósforo se observó un patrón casi parecido al de nitrógeno. El maíz tuvo un UEP (17%) significativamente mayor a las habichuelas (7%), pepino (12%) y policultivo de 100% (5%). Al igual que nitrógeno, el policultivo 75% fue alto (relativamente) por su reducción del 25% de fertilizante y el policultivo 125% por su alto rendimiento. En 2010, la habichuela siguió significativamente menor (5%) al resto de los tratamientos por su mortalidad y el pepino (11%) nunca llegó a niveles de los demás tratamientos (Cuadro 7).

3.6.3 Eficiencia del Uso de Potasio (EUK)

En 2009, el maíz obtuvo la mayor absorción de potasio (23%), pero no difirieron con los policultivos de 125 y 75% (17 y 19%, respectivamente) y con el monocultivo de habichuela (19%) quedando como el menos eficiente el pepino (9%), esto igualmente debido a la alta mortalidad del mismo. Para el 2010 el policultivo de 75% tuvo la mayor eficiencia aparente con el uso de potasio (42%), pero no difiere con el policultivo de 100% y el monocultivo de pepino (35 y 37%, respectivamente), quedando como menos eficiente los tratamientos de maíz con 21% y habichuela 15% de absorción (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación entre la eficiencia aparente de extracción de nutriente de nitrógeno, fósforo y potasio, para el año 2009 y 2010. ¹

Tratamiento	Eficiencia de Extracción de Nutrientes (%)		
	EUN	EUP	EUK
	2009		
Maíz	30 a	17 a	23 a
Habichuela	23 ab	7 bc	19 ab
Pepino	3 c	2 c	9 c
Poli 100%	10 bc	5 bc	10 bc
Poli 125%	19 ab	10 ab	17 abc
Poli 75%	21 ab	10 ab	19 ab
Probabilidad	<0.0001	0.0001	0.0014
Tukey	12	7	10
	2010		
Maíz	27 a	16 a	21 c
Habichuela	19 b	5 c	15 c
Pepino	15 b	11 b	37 ab
Poli 100%	27 a	15 a	35 ab
Poli 125%	26 a	14 a	33 b
Poli 75%	31 a	17 a	42 a
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Tukey	6	4	7

¹ = Medias con la misma letra en la columna, no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

3.7 Análisis de costos e ingresos por hectárea

Este análisis se realizó solo para el año 2010 porque solo en ese año se contabilizaron rendimientos comerciales vendibles. Los precios usados por cada fertilizante fueron: L 27.87 por kilogramo de urea, L 7.57 por kilogramo de MAP y L 20.72 por kilogramo de nitrato de potasio lo que fueron los precios de fertilizante en el momento de realizar el estudio (SIMPAH, 2010). El porcentaje de costo en la producción de los policultivos es muy alto representado arriba del 50% del costo de producción. Esto fue debido a que cultivos como la habichuela tuvieron problemas de mortalidad y los rendimientos de la misma fueron muy bajos (Cuadro 8).

Considerando el ahorro o aumento de fertilizante junto con su efecto sobre rendimientos, se observó que no hubo una tendencia clara de cuál estrategia adoptar. En el caso del fertilizante reducido en 25%, el neto relativo fue mejor por L 3,113 ya que la pérdida de rendimientos fue menor que los ahorros de nutrientes, dejando un neto positivo. El contraste de éste (aumento de 25% de fertilizante) tuvieron mayores costos, pero su amentó en rendimientos cubrió el costo aumentado, dejando un valor neto relativo mejor que el anterior por L 3,292.

Los datos no proporcionan conclusiones claras y se tendría que repetir el ensayo para analizar cuál es la influencia (rendimientos vs dosis de fertilizante). Sin embargo, con factores fuera del control (como el clima) y la alta variabilidad de precios de fertilizantes y cultivos en el mercado, la relación cambiaría en todo momento y un poder interpretativo quizás sea imposible. A pesar de eso, como descrito anteriormente, la reducción de riesgo de pérdida completa de siembras en épocas malas, junto con una alza anticipada de precios de fertilizantes, no es difícil imaginar que un escenario de reducido fertilizante se vuelva más importante para el futuro.

Cuadro 8. Ingreso relativos de policultivos de tres cantidades de fertilizante y rendimientos en 2010 en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Costo (L/ha)		Ingreso bruto (L)	Ingreso bruto menos fertilizante (L)	Cambio de ingreso relativo (L)
	Fertilización	Diferencia a la referencia			
Poli 100% (referencia)	37584	0	60989	23405	0
Poli 125%	46980	9396	73678	26697	3292
Poli 75%	28188	-9396	54706	26518	3113

4. CONCLUSIONES

- En policultivos, el aporte extra de fertilizante (25% de más) resultó en mejores rendimientos que dosis menores, a diferencia de lo que se esperaría basado en la teoría de mayor utilización de nutrientes con diferentes sistemas radiculares.
- Rendimientos del policultivo de 125%, en 2009 tuvo un UET = 1.24, resultando un ahorro de 24% terreno si se hubiera sembrado por separado los cultivos y en 2010 tuvo un UET = 1.45% ahorrando 45% de terreno.
- En 2009, ninguno de los policultivos tuvo un UETf mayor que 1.00, por lo que ninguno fue mejor que el monocultivo de mayor valor (maíz). En cambio en 2010, todos los policultivos tuvieron un UETf mayor que 1.00, por tanto los ingresos brutos fueron mejores que el monocultivo de mayor valor (pepino).
- En 2009 la eficiencia de uso de nutrientes fue mayor en el monocultivo de maíz, para 2010 fue el policultivo de 75%.
- En 2010 relativa y económicamente tanto la reducción como el aumento de 25% de fertilizante en policultivos, se obtuvieron ganancias comparándolos con el policultivo 100%

5. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios fertilización de policultivos con mayores cantidades de fertilizante para obtener una curva de sobre-rendimiento y evaluar el máximo del mismo que puede obtener el sistema de policultivos
- Realizar el mismo estudio utilizando rangos de porcentajes pequeños de fertilizante para conocer si hay variaciones en cuanto al ingreso relativo neto
- Repetir el ensayo en otras épocas del año para evaluar producción, rendimientos y rentabilidad bajo diferentes condiciones climáticas

6. LITERATURA CITADA

Achupallas J. y Gaitán M. 2009. Comparación de rendimientos, valor económico y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivo e intercultivo en El Zamorano, Honduras. 25 p.

Bolaños A. 2001. Introducción a la Olericultura. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 156-158 p.

Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 243 p.

Katto, R. e Inés, C. 2004. Guía para la instalación y manejo de los policultivos de la huerta familiar. (en línea). Consultado el 31 de agosto del 2010. Disponible en: http://books.google.hn/books?id=rCC3rn6sdgEC&pg=PA5&dq=*policultivos&hl=es&ei=Nmx9TKltw_nwBsTKxJwH&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC0Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false

Mead, R. y Willey, R.W. 1980. The concept of a “Land Equivalent Ratio” and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*. p 16, 217-228

Montes, F. 1999. Cultivos de hortalizas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 207 p.

Olson, S.M.; Simonne, E.H.; Stall, W.M.; Roberts, Webb, S.E.; Taylor, T.G.; Smith, S.A. y Freeman, J.H. 2008. Cucurbit Production in Florida. In: Olson, S.M. y Simonne, E.H. (eds) *Vegetable production handbook for Florida*. Publicación de la Universidad de Florida, Publicación de Extensión. p 201.

Olson, S.M.; Simonne, E.H.; Stall, W.M.; Webb, S.E.; Taylor, T.G.; Smith, S.A.; Palmateer, A.J. 2008. Legume Production in Florida. In: Olson, S.M. y Simonne, E.H. (eds) *Vegetable production handbook for Florida*. Publicación de la Universidad de Florida, Publicación de Extensión. p 265.

Ortiz, R.B. 1993. Medicina, salud y nutrición Azteca. (en línea). Consultado el 31 de agosto del 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

Prihar, S.S., P.R. Gajri, D.K. Benbi, and V.K. Arora. 2000. In *Intensive Cropping: Efficient Use of Water, Nutrients and Tillage*. p 14-15.

Rubatzky, V.E. y M. Yamaguchi. 1997. *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. Chapman and Hill. New York, USA. p 799- 819.

Simonne, E.H., Stall, W.M.; Olson, S.M.; Webb, S.E.; Taylor, T.G.; Smith, S.A.; Raid, R.N. 2008. Sweet corn Production in Florida. In: Olson, S.M. y Simonne, E.H. (eds) *Vegetable production handbook for Florida*. Publicación de la Universidad de Florida, Publicación de Extensión. p 387.

Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras, SIMPAH, FHIA.

Software Statistical Analysis System. SAS[®], 2009.

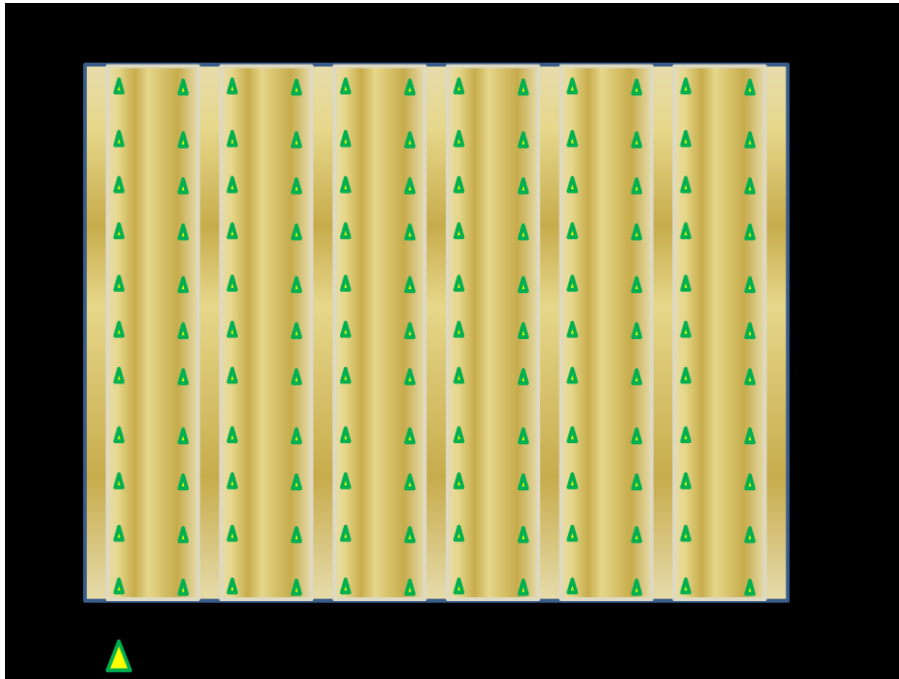
Soto G., Hopkins R. (FIDA), Andersen M. (FAO/RUTA), Lidth M. (FIDA/RUTA). 2003. *Agricultura Orgánica: Una herramienta para el Desarrollo Rural Sostenible y la Reducción de la Pobreza*. Memoria del Taller. Turrialba, Costa Rica. 61 p.

Vallejo F. y Estrada E. 2004. *Producción de Hortalizas de Clima Cálido*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. 269 p.

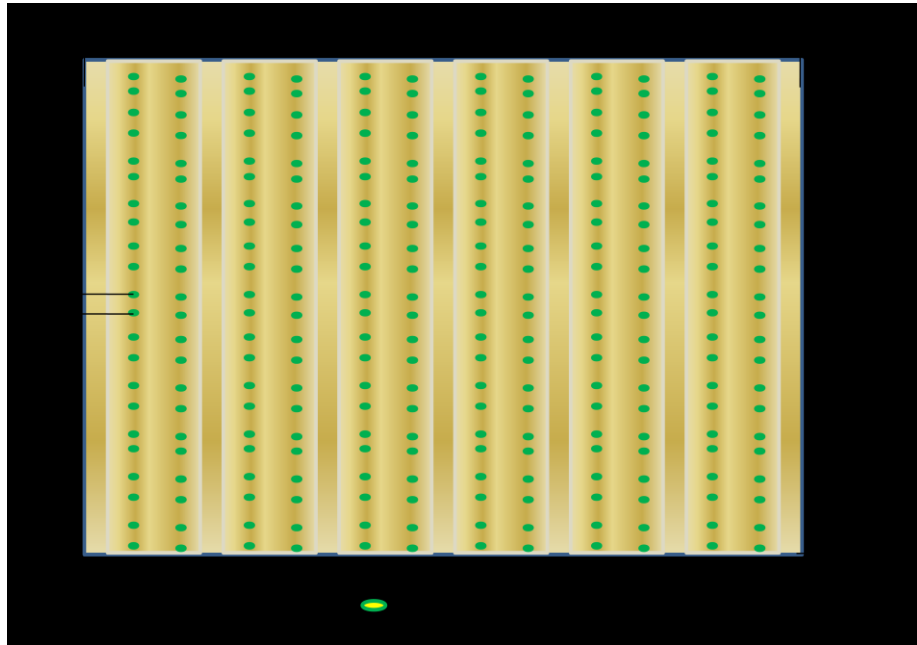
Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 137 p.

7. ANEXOS

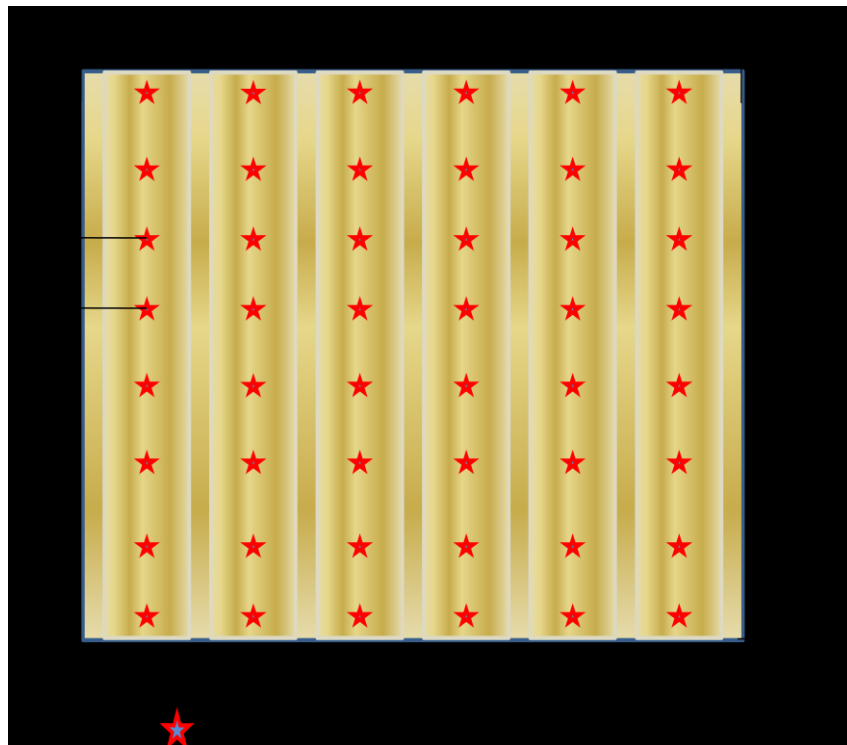
Anexo 1. Ordenamiento del monocultivo de maíz



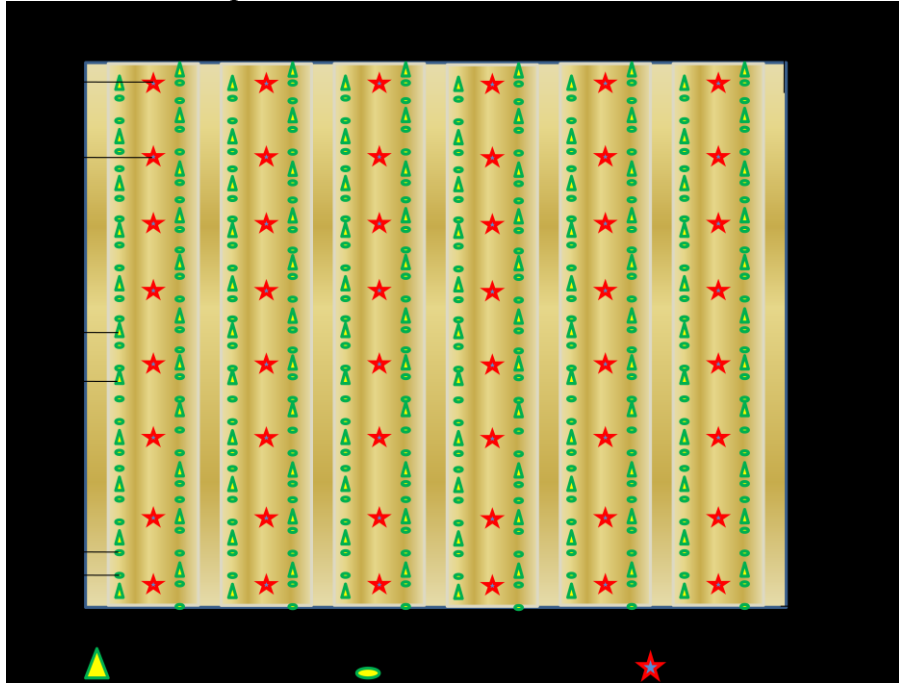
Anexo 2. Ordenamiento del monocultivo de habichuela



Anexo 3. Ordenamiento del monocultivo de pepino



Anexo 4. Ordenamiento de policultivo



Anexo 5. Análisis de suelo

ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 776-6140 al 50 ext. 2316 Fax: (504) 776-6242

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

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELOS

Fecha de entrada: 18/06/2010

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.	% N total	mg/Kg (Extractable)								
					P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
10-S-0766	Zona 2 lote 14	5.98	1.43	0.07	Alto	Alto	Medio	Bajo	Normal	Medio	Alto	Alto	Alto

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