

**Policultivos de sábila con lechuga, habichuela,
maíz dulce y yuca sobre rendimientos, uso
equivalente de terreno (UET) y UET
financiero**

Federico Alejandro Hill Valdés

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Policultivos de sábila con lechuga, habichuela,
maíz dulce y yuca sobre rendimientos, uso
equivalente de terreno (UET) y UET
financiero**

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

Presentado por

Federico Alejandro Hill Valdés

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Policultivos de sábila con lechuga, habichuela, maíz dulce y yuca sobre rendimientos, uso equivalente de terreno (UET) y UET financiero

Presentado por:

Federico Alejandro Hill Valdés

Aprobado por:

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

Hill Valdés, F.A. 2011. Policultivos de sábila con hortalizas sobre rendimientos, el uso equivalente de terreno (UET) y el UET financiero. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 21 p.

Se necesita buscar métodos de producción que producen más alimento en menor área. En la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano, Honduras) se han realizado varios estudios de policultivos con hortalizas mostrando la eficacia de las mismas, pero no han evaluado combinaciones de perennes como la sábila con anuales. El objetivo de este estudio fue comparar la producción, evaluar el UET, UETf e ingresos brutos de los policultivos con sábila (S), yuca (Y), maíz dulce (Y), lechuga (L) y habichuela (H), en diferentes combinaciones con sus contrapartes en monocultivo. El estudio se realizó en el lote 14 de zona 2 de la unidad de Olericultura de la Escuela Agrícola Panamericana. El estudio incluyó cinco monocultivos, y nueve combinaciones de los mismos. Los mejores rendimientos de sábila se obtuvieron en el tratamiento de SL, pero fueron más altos en cualquier policultivo que en monocultivo. En yuca los rendimientos en policultivo fueron iguales a los de monocultivo mientras que los de maíz dulce fueron mayores en monocultivo que en policultivo. Estos rendimientos reducidos de maíz dulce y la pérdida total de la lechuga y habichuela se deben principalmente a la sombra creada por la yuca. El mayor valor de unidad de equivalencia de terreno (UET) se obtuvo del tratamiento SM con un $UET=2.15$ lo que fue significativamente mayor que en SHM (1.55), SH (1.36), o SLH (1.17). El mayor valor de unidad de equivalencia de terreno financiero (UETf) se obtuvo de SLM (2.56), estadísticamente comparable solo con SYM (2.38), SHM (2.19) y SYLH (2.35). Bajo las condiciones de este ensayo, los policultivos con sábila fueron igual de ventajosos en rendimientos e ingresos comparado con sus contrapartes realizadas solo con cultivos anuales.

Palabras clave: Habichuela, lechuga, maíz dulce, policultivos, sábila, UET, UETf, yuca.

ABSTRACT

Hill Valdés, F.A. 2011. Aloe polyculture with lettuce, green bean, sweet corn and cassava about yields, land equivalency ratio (LER) and financial LER. Special graduation project Program in Agricultural Engineering, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 21 p.

There is a need to find production methods that produce more crops in less area. In the Escuela Agrícola Panamericana (EAP Zamorano) there have been various successful studies of polyculture crops proving the efficiency of polyculture involving vegetables crops, but there haven't been any studies involving combinations of perennial crops like aloe with other annual crops. The objective of this study was to compare the production, evaluate the LER, LERf and brute profits of polyculture with aloe (S), cassava (Y), sweet corn (M), lettuce (L), and green beans (H). The study was realized in plot 14 of zone 2 in the horticulture unit of the EAP Zamorano. The study included five mono-crops and 9 treatments of combinations from the mono-crops. The best yields of aloe were obtained from the treatment SL, but any aloe yield in any treatment was higher than the yields produced in the mono-crop. In cassava the yields in polyculture were equal to the yields in the mono-crop while the treatments from sweet corn were greater in the mono-crop. The lower yields of sweet corn and the complete loss of lettuce and green beans were mainly due to the shadow created by the cassava. The highest LER was obtained from the treatment SM (2.15) which was significantly higher than SHM (1.55), SH (1.36), or SLH (1.17). The highest LERf was obtained by SLM (2.56), statistically comparable to SYLH (2.35), SYM (2.38), and SHM (2.19). Under the conditions of this experiment, the polyculture crops with aloe were equal or better in yield and income production compared to the mono-crops.

Key words: Aloe, Cassava, Green bean, LER, LERf, Lettuce, Polyculture, Sweet corn

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y anexos.....	v
 1 INTRODUCCIÓN.....	 1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4 CONCLUSIONES	15
5 RECOMENDACIONES.....	16
6 LITERATURA CITADA	18
7 ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamiento del cultivo de sábila en asocio con cultivos hortícola.....	4
2. Calendario de siembra y permanencia de cultivos en plántulas y en el campo a lo largo del ensayo.....	5
3. Arreglo de siembra de los tratamientos de sábila con los diferentes cultivos en asocio	6
4. Densidades, demanda de NPK, aporte de nutrientes por abono y nutrientes restantes por aplicar por monocultivos y por asocio de cultivos.....	7
5. Aplicación mensual de porcentaje de la dosis total de abono y fertilizante sintético para cada cultivo y tratamiento de cultivos en el ensayo	8
6. Indicación, frecuencia y factores de cosecha y clasificación de los cultivos.....	9
7. Rendimiento y comparación de tratamientos de sábila en cosechado y promedio cosechado en por tratamiento	11
8. Rendimiento y comparación de tratamientos de maíz dulce en kg/ha cosechado y promedio cosechado por tratamiento.....	11
9. Rendimiento y comparación de tratamientos de yuca cosechado y promedio cosechado por tratamiento.....	12
10. UET de los ensayos de sábila, maíz dulce y yuca y comparación del UET parcial y UET total.....	13
11. Ingresos de los ensayos parciales y totales en L.	14
12. Unidad de equivalencia de terreno financiero parcial y total en los tratamientos evaluados.....	14
Anexos	Página
1. Mapa de aleatorización en campo con las repeticiones marcadas por los diferentes tonos de sombra.....	20
2. Mapa visual de colocación de tratamientos en las camas.....	21

1. INTRODUCCIÓN

Principios de policultivos. En muchos lugares del mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, los agricultores realizan sus siembras en policultivos, significando que hay más de un cultivo ocupando el espacio en un tiempo dado, más que en monocultivos. Una de las principales razones por la cual los agricultores adoptan policultivos, es que se puede obtener mayor rendimiento en la siembra de un área. Este aumento en el aprovechamiento de la tierra es importante en aquellos lugares donde los predios son pequeños debido a las condiciones socioeconómicas y donde la producción de los cultivos está sujeta a la cantidad de tierra que se pueda limpiar, preparar y desmalezar en un tiempo limitado. Además, ayuda con el aprovechamiento de otros factores como el uso de agua, luz, supresión de malezas (Innis, 1997). Sin embargo, aunque tradicionalmente se han manejado a escala pequeña, los principios de los policultivos son escala-neutral y se puede aplicar a grandes extensiones.

Para mejorar la estabilidad de la producción es común usar policultivos en aquellos sistemas agrícolas donde la subsistencia es el objetivo principal. Reducir el riesgo de perder totalmente la cosecha parece ser tan importante como aumentar el potencial nutricional y las ganancias económicas. La probabilidad de no tener nada para comer o vender es menor cuando se utilizan combinaciones de cultivos (Krome *et al.* 2009).

Hasta hace unos 20 años, los investigadores agrícolas, en general, ignoraban las características que caracterizaban a los policultivos (Liebman, 1999). Los policultivos pueden comprender combinaciones de cultivos anuales con otros anuales, anuales con perennes o perennes con perennes. Los policultivos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de 12 o más siembras entremezcladas (Liebman, 1999).

Los policultivos ejercen una presión de espacio. Significa que logran cubrir toda el área de suelo previniendo el crecimiento de malezas. Los fertilizantes usados se pierden menos como lixiviados ya que hay una amplia red de raíces que los atrapa en el suelo. El concepto de los policultivos es usar el 100% del espacio disponible y aumentar la biodiversidad y producción para semejarse más a la naturaleza.

Entre los mayores problemas de los monocultivos están las malezas y la erosión de la tierra más fértil. Las malezas pueden llegar a reducir la producción considerablemente (Innis, 1997). Esto se debe a la competencia por espacio y nutrientes y se debe considerar la alelopatía y la agresividad de las mismas comparada con los cultivos. Se ha comprobado que el control de malezas en la agricultura tradicional es solo requerido las

primeras semanas del ciclo ya que al poco tiempo este espacio es cubierto con muchas otras plantas que se han seleccionado como cultivo, y estas mismas suprimen el crecimiento descontrolado de las malezas (Coleman 1995).

Uso equivalente de terreno (UET) y financiero (UETf). Dos de los factores más importantes a considerar en la medición de la eficiencia de cultivos intercalados son el Uso Equivalente de Tierra (UET) y el Uso Equivalente de Tierra financiero (UETf). Se busca maximizar el uso de tierra con inter-cultivos o policultivos comparado con monocultivos. Esto se determina con el UET que define cuánto terreno se ocupará para lograr los rendimientos iguales en policultivos con relación a sus monocultivos (Gliessman, 2002).

Un valor de uno en un policultivo indica que no hay ventaja del mismo comparado con un monocultivo. Un valor mayor a 1.00 indica una superioridad hacia los policultivos y un valor menor indica una desventaja (Gliessman, 2002). Para calcular el UET se dividen los rendimientos de cada policultivo entre su monocultivo correspondiente y se suma los UET parciales [Fórmula 1] (Kantor, 1999). El resultado de esta ecuación indica valores proporcionales que determinan el nivel de interferencia de policultivos en un tipo de sistema de producción (Gliessman, 2002).

$$\text{Fórmula 1: UET} = \sum_{1 \rightarrow n} \frac{P_n}{M_n}$$

Donde:

P = Rendimiento del cultivo n en policultivo

M = Rendimiento del cultivo n en monocultivo

Estos mismos parámetros son útiles para interpretar al UETf. Para ello, se dividieron los ingresos brutos de cada policultivo entre los ingresos brutos del monocultivo más valioso [Fórmula 2] (Vandermeer 1989).

$$\text{Fórmula 2: UETf} = \text{IBI/IBCV}$$

Donde:

IBI= ingreso bruto de policultivos.

IBCV= ingreso bruto del monocultivo más valioso.

Sábila. La sábila (*Aloe vera*) es un cultivo poco común en Centro América y hay poca información disponible sobre todo sus aspectos de siembra y cosecha bajo condiciones tropicales. En las plantaciones que existen en El Salvador y Honduras, destaca la producción en monocultivo. Es usada en muchos productos cosméticos como los productos para proteger del sol, cremas humectantes, tratamiento de heridas, quemaduras, y oscurecimiento de pelo. También se pueden hacer mezclas con algunos tipos de hierbas para tratar úlceras estomacales.

Policultivos en Zamorano. En Zamorano se han realizado varios estudios de policultivos con resultados positivos. Achupallas y Gaitán (2009) evaluaron pepinos con maíz dulce y habichuela y reportaron valores de UET de 1.61 y buena supresión de malezas de hoja ancha, gramíneas y coyolillo (*Cyperus* spp.). En el caso del UETf se obtuvo un valor de 0.97 al compararlo con un monocultivo de maíz dulce y un valor mucho menor (0.38) cuando se trataba de pepino y habichuela (Achupallas y Gaitán, 2009).

Guerrero y Herrera (2010) evaluaron densidades de policultivos de ayote, maíz dulce y habichuelas y también reportaron valores de UET muy por encima de 1.00 (un máximo de 1.89 con densidades relativas de 67% de cada uno de los tres cultivos), y una supresión fuerte de malezas. En todos sus ensayos obtuvieron valores mayores a 1.00 en el UETf. El valor fue en maíz dulce abonado al 66% del requerimiento total, habichuela abonado al 66% del requerimiento total, ayote abonado al 66% del requerimiento total (1.43) y el menor fue maíz dulce abonado al 100% del requerimiento total (0.75) indicando que se obtuvieron mejores ingresos con el uso de policultivos. Este estudio confirmó la potencial de usar densidades totales más altas que lo que es posible con monocultivos porque se aprovechan mejor los nichos disponibles.

Enciso y Espinoza (2010) evaluaron maíz dulce, pepino y habichuela reportando un UET de 1.45 y mayor utilización de nutrientes, expresado como la eficiencia de uso de nutrientes (EUN), con policultivos comparado con los monocultivos. Para sus rendimientos de UETf obtuvieron mayor ingreso de su tratamiento policultivo con 125% del fertilizante total (1.40) y su menor ingreso lo obtuvieron de habichuela (0.71). Aunque no fue meta central del ensayo, también observó una reducción de malezas.

Finalmente, Nieto (2010) y Ruiz y Pérez (2010) evaluaron un sistema de cinco cultivos en asocio y reportaron valores de UET arriba de 3.00. También observaron que la riqueza biótica de insectos enemigos se mejoró en los policultivos comparado con los monocultivos (Nieto, 2010) y que las malezas fueron suprimidas por mayores a 90% (Ruiz y Pérez, 2010). En el cálculo del UETf, obtuvieron su mejor valor en su combinación de yuca, maíz dulce, lechuga y rábano (1.88) obteniendo su mayor ingreso por la yuca (Ruiz y Pérez 2010).

A pesar de esos éxitos, todos evaluaron solo combinaciones de cultivos anuales. Un paso próximo natural, siguiendo estos estudios, es la evaluación de policultivos con perennes. La permanencia de ciertos cultivos en el sistema puede aportar mucha estabilidad del mismo. En Zamorano no se ha evaluado los policultivos hortícolas en combinación con un cultivo perenne suculento, como la sábila. Este estudio evaluó los rendimientos, valor, UET y UETf de yuca, maíz dulce, habichuela y lechuga en varias combinaciones con sábila para evaluar la productividad de las mismas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se llevó a cabo en el lote 14 de Zona II de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicado en Honduras, desde el 1 de diciembre del 2010 al 30 de agosto de 2011. El sitio se encuentra a 800 msnm, latitud 14° N y longitud 87° O con temperatura media anual de 25 °C, y una precipitación promedio de 1100 mm anual. Los meses de noviembre a mayo son típicamente secos, seguidos de mayo a noviembre por el invierno húmedo. Los suelos del sitio son franco-arcillosos, compactados, con un pH entre 5-6 y 1.5% de materia orgánica.

Diseño experimental y tratamientos. El ensayo se arregló en bloques completos al azar (BCA) con parcelas divididas (sábila), con 14 tratamientos [cinco monocultivos y nueve policultivos] (Cuadro 1) y cuatro repeticiones. Cada tratamiento fue de 5 m de largo con un metro de espacio libre entre ellos por 1.5 m de ancho. La aleatorización de las parcelas se encuentra en el Anexo 1.

Cuadro 1. Tratamiento del cultivo de sábila en asocio con cultivos hortícolas.

Monocultivo	Policultivo
Sábila	Sábila + Habichuela
Maíz dulce	Sábila + Lechuga
Lechuga	Sábila + Maíz dulce
Habichuela	Sábila + Yuca
Yuca	Sábila + Lechuga + Maíz dulce
	Sábila + Lechuga + Habichuela
	Sábila + Habichuela + Maíz dulce
	Sábila + Yuca + Maíz dulce
	Sábila + Habichuela + Lechuga + Yuca

Manejo de los cultivos. El sitio se subsoló seis meses antes de realizar el ensayo a una profundidad de 75 cm. Poco antes del estudio se preparó el suelo con una rastra pesada, rastra liviana y un acamador. Las camas estaban distanciadas a 1.5 metros entre sí, y 90 cm por cama y 60 cm de canal.

La yuca se sembró en noviembre para poder cubrir su ciclo biológico de nueve meses. Los demás cultivos originalmente fueron colocados con la yuca pero hubo pérdidas totales por factores climáticos y por plagas y enfermedades por la cual se hizo un replante (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calendario de siembra y permanencia de cultivos en plántulas y en el campo a lo largo del ensayo

	Fecha																																				
	Nov			Dic				Ene					Feb				Mar				Abr				May				Jun			Jul					
Cultivo	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25
Sábila																																					
Lechuga																																					
Habichuela																																					
Yuca																																					
Maíz dulce																																					

Los colores pálidos representan el tiempo en plántulas y los colores vivos el tiempo que el cultivo estuvo en el campo.

La sábila estaba previamente sembrada por ser el foco del estudio. Como la cosecha de sábila es cada tres meses, se hizo una selección de cultivos que se incorporó al sistema ya establecido de sábila y se evaluó la producción de ellos.

Los monocultivos se sembraron de acorde a su espaciamiento tradicional. La sábila a 1 m entre planta con una hilera. El maíz dulce se trasplantó a doble hilera a 30 cm de espaciamiento entre plantas y entre hileras y la habichuela se sembró a doble hilera a 15 cm de espaciamiento entre plantas. La lechuga se sembró de cuatro hileras por cama a una distancia de 30 cm entre plántulas en la hilera y 20 cm entre hileras. La yuca se sembró en una hilera a 40 cm de espaciamiento en cama. Los cultivos se sembraron según el espacio disponible y sus requerimientos biológicos de cada cual en las camas [Cuadro 3] (Anexo 2).

El riego se manejó siguiendo las necesidades de los cultivos y fue evaluado y aplicado por personal de la unidad de Olericultura. Las cantidades de nutrientes que se aplicaron variaron según el cultivo y mezcla. En monocultivo fueron dosis estándar para cada cual, pero con policultivos se aplicó proporcionalmente a la densidad de cada cultivo en la siembra (Cuadro 4). De igual forma, la distribución de aplicación de nutrientes se hizo en base a las diferentes etapas de crecimiento de cada cual (Cuadro 5). Los nutrientes se aplicaron en forma de abono orgánico al inicio del ensayo (30m³/ha/cultivo; 300kg/m³; 50% disponibilidad), y de urea, MAP y K₂SO₄, de forma granular alrededor de la base de las plantas en la parcela cada dos semanas.

El manejo de plagas, enfermedades y malezas se hizo según prácticas culturales típicas del cultivo. Esto incluyó desmalezado con azadones entre hilera y a mano entre plantas. El control de insectos se realizó siguiendo las necesidades de los cultivos y fue realizado por personal de la unidad de Olericultura. La cosecha y pos cosecha de los diferentes cultivos de acuerdo a sus etapas de maduración y se extendió dependiendo del vigor de producción (Cuadro 6).

Se analizaron los datos con el software SAS (Statistical Analysis System). El análisis de varianza (ANDEVA) se hizo con un modelo lineal general (GLM) y separación de medias con el método Tukey con un nivel significativo de $p \leq 0.05$.

Cuadro 3. Arreglo de siembra de los tratamientos de sábila con los diferentes cultivos en asocio.

Tratamiento	Descripción
Sábila Maíz dulce	Se sembró el maíz dulce a una densidad del 75%. Tuvo dos hileras y estuvo a un distanciamiento de 30 cm. Solo faltó cada cuarta planta de cada hilera donde yació la sábila.
Sábila Yuca	La yuca se sembró a una densidad de 40% a un distanciamiento de 1 m. Se sembró en el punto medio entre sábila.
Sábila Habichuela	La habichuela se sembró en una densidad del 75%, tuvo dos hileras a un distanciamiento de 30 cm de separación entre hilera y 15 cm de distanciamiento entre ellas.
Sábila Lechuga	La lechuga tuvo un distanciamiento de 30 cm entre plantas en una densidad de 75%. Fueron cuatro filas a un distanciamiento de 30 cm entre si y se evito trasplantar donde ya había sábila.
Sábila Maíz dulce Yuca	El maíz dulce y la yuca se sembraron a una densidad del 75% y 40%, respectivamente. El maíz dulce se sembró a un distanciamiento de 30 cm con dos hileras. La yuca tuvo un distanciamiento de 1 m.
Sábila Maíz dulce Habichuela	La habichuela y el maíz dulce se sembraron a una densidad del 50% y 75%, respectivamente. El maíz dulce tuvo dos hileras con un distanciamiento de 30 cm en el medio de la cama, y se sembró la habichuela a un distanciamiento de 15 cm a ambos lados en la parte de afuera de la cama.
Sábila Maíz dulce Lechuga	El maíz dulce y la lechuga se sembraron a un 50% de densidad. El maíz dulce tuvo una sola hilera en medio de la cama y a los lados se sembró la lechuga a un distanciamiento de 30 cm entre plantas con dos hileras.
Sábila Lechuga Habichuela	La lechuga y la habichuela se sembraron a una densidad de 50% y 75%. En el centro estuvo la habichuela a 15 cm de distanciamiento entre plántulas con dos hileras. A los lados de esta irán dos hileras de lechuga con un distanciamiento de 30 cm entre plántulas.
Sábila Lechuga Habichuela Yuca	La yuca se sembró a una densidad de 40% con un distanciamiento de 1 m ubicada en el centro de la cama entre plantas de sábila. La lechuga fue ubicada a los lados de la cama con una densidad de 50%, sembrada a un distanciamiento de 30 cm. En la parte media de la cama se sembró la habichuela en dos hileras a una densidad de 75%, con un distanciamiento de 15 cm.

Cuadro 4. Densidades, demanda de NPK, aporte de nutrientes por abono y nutrientes restantes por aplicar por monocultivos y por asocio de cultivos.

Tratamiento	Densidad de cultivo	Demanda 100% NPK (kg/ha)			Aporte por abono (kg/ha) [∞]			Restante por sintético (kg/ha)		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Yuca	100	30	40	200	50	42	27	0	0	173
Maíz dulce	100	224	112	112	50	42	27	174	70	85
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	0	0
Habichuela	100	112	90	90	50	42	27	62	48	63
Lechuga	100	224	112	112	50	42	27	174	70	85
Yuca	40	12	16	80	20	17	11	-8	-1	69
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Habichuela	75	84	67	67	38	31	21	46	36	47
Lechuga	50	112	56	56	25	21	14	87	35	42
Total		258	169	223	134	111	73	124	59	151
Maíz dulce	75	168	84	84	38	31	21	130	53	63
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Total		218	114	104	88	73	48	130	41	56
Yuca	40	12	16	80	20	17	11	-8	-1	69
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Total		62	46	100	71	59	38	0	0	62
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Habichuela	75	84	67	67	38	31	21	12	-1	-1
Total		134	97	87	88	73	48	12	0	0
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Lechuga	75	112	56	56	38	31	21	74	25	35
Total		162	86	76	88	73	48	74	13	28
Yuca	40	12	16	80	20	17	11	-8	-1	69
Maíz dulce	75	168	84	84	38	31	21	130	53	63
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Total		218	114	104	108	90	59	122	40	125
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Maíz dulce	75	224	112	112	38	31	21	186	81	91
Habichuela	38	56	45	45	19	16	10	37	29	35
Total		330	187	177	107	89	31	223	98	119
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Lechuga	50	112	56	56	25	21	14	74	25	35
Maíz dulce	75	112	56	56	38	31	21	74	25	35
Total		274	142	132	113	94	62	148	37	63
Sábila	100	50	30	20	50	42	27	0	-12	-7
Habichuela	75	56	45	45	38	31	21	18	14	24
Lechuga	50	112	56	56	25	21	14	87	35	42
Total		218	131	121	113	94	62	105	37	59

[∞]=Abono: Un análisis de 1.12-0.93-0.61 NPK; 300 kg/m3; 75% disponible

Cuadro 5. Aplicación mensual de porcentaje de la dosis total de abono y fertilizante sintético para cada cultivo y tratamiento de cultivos en el ensayo.

Tratamiento	Ventana de aplicación (% de aporte total)										
	Nov. Abono	Dic. sint ^{&}	Ene. sint	Feb. Sint	Mar. sint	Abril. Abono	Mayo sint	Jun. sint	Jul. sint	sint	sint
Yuca	100	11	11	11	11		10	10	10	10	10
Maíz dulce					20	100	65	15			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Habichuela					25	100	60	15			
Lechuga					40	100	60				
Yuca	100		11	11	11		10	10	10	10	10
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Habichuela					20	100	70	10			
Lechuga					40	100	60				
Maíz dulce					20	100	65	15			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Yuca	100	11	11	11	11		10	10	10	10	10
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Habichuela					20	100	70	10			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Lechuga					40	100	60				
Yuca	100	11	11	11	11		10	10	10	10	10
Maíz dulce					20	100	65	15			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Maíz dulce					20	100	65	15			
Habichuela					20	100	70	10			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Lechuga					40	100	60				
Maíz dulce					20	100	65	15			
Sábila	100	8	8	8	8		8	8	8	8	9
Habichuela					20	100	70	10			
Lechuga					40	100	60				

sint[&] = Fertilizante sintético

Cuadro 6. Indicación, frecuencia y factores de cosecha y clasificación de los cultivos.

Cultivo	Indicador de cosecha	Frecuencia	Factores de clasificación
Sábila	Cada vez que el 80% de las plantas tengan más de dieciocho pencas.	Aproximado de cada tres meses.	Grosor debe de ser de más de 3 cm en el medio de la penca
Maíz dulce	Estigmas completamente secos y las primeras hojas de la planta se comienzan a secar	Setenta y cinco días después de siembra	Color amarillo, sin ataque de plagas en la parte central.
Habichuela	Tienen que estar tiernas y su semilla no desarrollada completamente.	Una a dos cosechas finalizando su ciclo de vida	Daños por plagas y enfermedades tienen que ser mínimos o no existentes
Lechuga	Se debe observar que la planta esté por producir el tallo principal y cosecharla antes que este comience a desarrollarse.	Durante dos semanas se cosecha las plantas que van madurando	Se remueven hojas dañadas o manchadas por plagas y enfermedades.
Yuca	Se toma una muestra y se observa el grosor del tubérculo.	A los nueve meses después de siembra	Retiro por daño mecánico de cosecha o daño de plaga.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimientos. En general, los rendimientos de yuca y sábila fueron buenos en este ensayo, mientras que los de maíz dulce, habichuela y lechuga fueron bajos. Eso se debió principalmente a que todos los cultivos estaba programados a sembrarse juntos en la sábila. Pero, por problemas logísticos, la yuca precedió a los otros por unos cuatro meses. Entonces, cuándo estos finalmente se sembraron, la cama ya estaba bastante compactada y en parcelas con yuca había bastante sombra. La lechuga y habichuela, siendo estresada, se acabaron por floración temprana y plagas, respectivamente.

Sábila. El rendimiento de sábila fue mayor en todos los policultivos que en monocultivo (Cuadro 7). Los rendimientos fueron significativamente más altos en parcelas con sábila y lechuga que con cualquier otra parcela con yuca y de SLH y el monocultivo. Esto puede atribuirse a una supresión de crecimiento por la yuca y por el fertilizante aplicado a la lechuga, la cual murió permitiendo que las raíces de la sábila aprovecharan de ello.

Cuando se evaluó el rendimiento de sábila en presencia de maíz dulce, yuca o ambos, fue significativamente mayor con maíz (33,500 kg/ha) que cuando había yuca (promedio de 24,200 kg/ha) por la misma sombra, o que con el monocultivo de sábila. La razón de este es que se observó que en todo tratamiento con asociación la sábila produjo menos “hijos” (brotes vegetativos reproductivos) y dedicó más de su energía en producción vegetativa. Los únicos tratamientos en los que la sábila no tenía ningún hijo fueron en los que se encontraba asociado con yuca. Aunque el rendimiento de la sábila no fue tan notable como en el de otras parcelas, se logró mantener una producción equivalente al del monocultivo (Cuadro 10).

Maíz dulce. El rendimiento de maíz dulce fue significativamente mayor (19,850 kg/ha) en la producción por monocultivo que en cualquiera de las otras repeticiones (Cuadro 8). Esto se debe a la densidad en la que fue sembrado en el monocultivo comparado con los tratamientos de policultivos en el cual la densidad fue mucho menor. El peor rendimiento se obtuvo del tratamiento SYM (1050 kg/ha) [Cuadro 8]. Esto se debe a que el maíz dulce fue trasplantado cuando la yuca ya generaba sombra, cuatro meses después de trasplante, y la competencia por luz fue demasiado fuerte para el maíz dulce, reduciendo su producción.

Yuca. En los rendimientos de yuca no se determinó una diferencia significativa entre el monocultivo y los policultivos (Cuadro 9). En los tratamientos se obtuvo el casi el doble de cosecha que en el control (Cuadro 9).

En la cosecha de la yuca se encontró que hubo dificultad cuando estaba en su asociación con sábila. Esto pasó ya que los tubérculos de la yuca crecieron debajo de la sábila y tocó quitar la sábila y volverla a colocar. El retrasplante afectará el rendimiento de futuras cosechas de sábila.

Cuadro 7. Rendimiento y comparación de tratamientos de sábila cosechado y promedio cosechado en por tratamiento

Tratamiento	Sábila (kg/ha)			kg/planta
Sábila	21800 c ¹		b ³	3.26
Sábila + Maíz dulce	33500 ab	ab ²	A	5.00
Sábila + Lechuga	35400 a	a		5.28
Sábila + Yuca	22100 c	c	B	3.30
Sábila + Habichuela	26700 a-c	a-c		4.43
Sábila+ Lechuga + Habichuela	25600 bc	bc		3.83
Sábila + Habichuela + Maíz dulce	24200 c	bc		3.62
Sábila + Yuca+ Maíz dulce	26300 bc	a-c	B	3.92
Sábila + Lechuga + Maíz dulce	28300 a-c	a-c		4.07
Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga	26400 bc	a-c		3.94
ANDEVA	0.0005	0.0005	0.004	
Tukey	9000	5700	4500	

Promedios en cada columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

1=Comparación entre mono y policultivos.

2=Comparación entre policultivos sin el monocultivo.

3=Comparación entre S, SM, SY, SYM.

Cuadro 8. Rendimiento y comparación de tratamientos de maíz dulce cosechado y promedio cosechado por tratamiento

Tratamiento	Maíz dulce (kg/ha)			Kg/planta
Maíz dulce	19850 a ¹			0.50
Sábila + Maíz dulce	8300 b	ab ²		0.46
Sábila + Habichuela + Maíz dulce	12350 b	a	a ³	0.39
Sábila + Yuca + Maíz dulce	1050 c	c	C	0.06
Sábila + Lechuga + Maíz dulce	7050 b	b	B	0.30
ANDEVA	0.0001	0.0003	0.0002	
Tukey	5619	5150	4285	

Promedios en cada columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

1=Comparación entre mono y policultivos.

2=Comparación entre policultivos sin el monocultivo.

3=Comparación entre policultivos con tres cultivos.

UET parciales. Los UET parciales de sábila fueron todos mayores a uno justo por el efecto positivo de asocio descrito anteriormente, siendo mayor el asocio de sábila con lechuga (1.62) [Cuadro 10].

Maíz dulce y yuca tuvieron valores de UET parciales respetables, excepto por maíz cuando este se encontró con yuca por la sombra creada por la yuca lo que restringió su crecimiento. Por la pérdida total de habichuela y lechuga, su UET parcial fue cero y no se incluyeron en los análisis (Cuadro 10).

Cuadro 9. Rendimiento y comparación de tratamientos de yuca cosechado y promedio cosechado en por tratamiento

Tratamiento	Yuca (kg/ha)		kg/planta
Yuca	38300	ns*	4.22
Sábila + Yuca	25150	ns	8.30
Sábila + Yuca + Maíz dulce	27700		9.15
Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga	31800		10.50
ANDEVA	0.1817	0.5993	
Tukey	17565	18381	

Promedios en cada columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

ns= No significativo

*=Comparación entre policultivos

UET total. En todos los casos, el UET total de los policultivos fue mayor a uno indicando una relación positiva en el asocio. El UET total más alto fue con SM (2.15) lo que fue significativamente mayor que tratamientos con habichuela (1.36), lechuga y habichuela (1.17), y habichuela y maíz dulce (1.55). Esto fue ocasionado por que hubo la pérdida total de lechuga y habichuela, lo que eliminó el aporte de esos cultivos (Cuadro 10).

Ingresos. Los ingresos obtenidos del ensayo fueron notablemente diferentes para cada tratamiento. Se observó una ventaja en las repeticiones que tenían yuca y en las repeticiones en las que el maíz dulce logró crecer sin ser afectado por factores de luz (Cuadro 11).

UETf. La comparación del UETf se hizo con base en el cultivo más valioso. En este caso fue el maíz dulce con un ingreso bruto de 202,000 L. en todos los otros tratamientos los ingresos relativos se compararon contra este calor (Cuadro 11).

Sábila. En el monocultivo de sábila se obtuvo un UETf parcial y total bajo (0.64) y menor que cualquier otro tratamiento que incluye o no sábila en su cultivo (Cuadro 11). En el tratamiento SY se obtuvieron valores cercanos a uno, indicando que se acerca los rendimientos de este tratamiento a un monocultivo de maíz dulce. Sin embargo la mayor producción de sábila se dio en el tratamiento de SH (Cuadro 11), el cual logró un UETf parcial [1.94] mayor al del monocultivo de maíz dulce.

Yuca. En todos los casos la yuca produjo un UETf total menor a uno (Cuadro 11), esto significa que la yuca por sí sola no genera los ingresos que el maíz dulce puede dar. En monocultivo obtuvo un UETf mayor (0.75) comparado con los otros tratamientos SY (0.50), SYM (0.55) y SYLH (0.63) siendo el último el más alto.

Maíz dulce. En la producción hubo una diferenciación muy marcada los datos obtenidos para el UETf parcial (Cuadro 12). Para la producción en monocultivo el UETf total sólo fue menor o igual a uno solo en la producción de maíz dulce (1.00). El menor ingreso de maíz dulce se obtuvo del ensayo SYM con un UETf parcial (0.12) muy bajo, debido a la sombra causada por la yuca hacia el maíz dulce (Cuadro 12).

UETf total. En todos los casos, el UETf fue mayor a uno en relación al cultivo más valioso (maíz dulce). En SYLH (2.35), SYM (2.38) y SHM (2.19). SLM (2.56) fue significativamente mayor que en los demás tratamientos (Cuadro 12).

Los policultivos obtuvieron un valor superior a uno, siendo el más bajo SM (1.41) y el más alto SLM (2.56), esto puede ser debido a el fertilizante aplicado a lechuga que no fue usado por la misma y fue utilizado por el maíz dulce y la sábila aumentando su rendimiento y mejorando los ingresos (Cuadro 12).

Otras observaciones. Para biodiversidad de artrópodos se encontró plaga de gusano peludo (*Estigmene acrea*), de grillo, gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), cogollero (*Spodoptera* spp.) y diversos tipos de ácaros y arañas. Se observaron varios enemigos naturales como las tortuguillas y gran variedad de avispas. Además, se encontró un número muy alto de insectos benéficos en los cultivos con asociación comparado con los monocultivos. Y se observó menos daño de plagas en estos mismos. También, al igual que en otros ensayos, los policultivos tuvieron menos crecimiento de malezas que en el monocultivo.

Cuadro 10. UET de los ensayos de sábila, maíz dulce y yuca y comparación del UET parcial y UET total

Tratamiento	Sábila	Maíz dulce	Yuca	UET total
Sábila + Maíz dulce	1.53 ab	0.62 a		2.15 a*
Sábila + Lechuga	1.62 a			1.62 a-d
Sábila + Yuca	1.01 c		0.61 b	1.62 a-d
Sábila + Habichuela	1.36 a-c			1.36 cd
Sábila+ Lechuga + Habichuela	1.17 bc			1.17 d
Sábila + Habichuela + Maíz dulce	1.11 c	0.44 ab		1.55 b-d
Sábila + Yuca+ Maíz dulce	1.20 bc	0.17 b	0.71 ab	2.08 ab
Sábila + Lechuga + Maíz dulce	1.25 a-c	0.53 a		1.78 a-c
Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga	1.21 bc		0.80 a	2.01 ab
ANDEVA	0.0007	0.0032	0.0247	0.0001
Tukey	0.41	0.2876	0.4123	0.5608

Promedios en cada columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Cuadro 11. Ingresos de los ensayos parciales y totales en L.

Tratamiento/Cultivo	Sábila (L.)	Maíz Dulce (L.)	Yuca (L.)	Ingreso total (L.)
Sábila	130955			130955
Maíz dulce		202477		202477
Yuca			153333	153333
Habichuela				0
Lechuga				0
Sábila + Maíz dulce	201000	84841		285841
Sábila + Lechuga	212409			212409
Sábila + Yuca	132477		100606	233083
Sábila + Habichuela	178159			178159
Sábila+ Lechuga + Habichuela	153795			153795
Sábila + Habichuela + Maíz dulce	145409	125818		271227
Sábila + Yuca+ Maíz dulce	157591	10795	110909	279295
Sábila + Lechuga + Maíz dulce	163682	71727		235409
Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga	158364		127273	285636
Yuca=8.8 L. /kg Maíz dulce=22.4 L. /kg Habichuela 13.75 L. /kg				
Lechuga=13.75 L. /kg Sábila=13.2 L. /kg; 1 US\$=18.89L.				

Cuadro 12. Unidad de equivalencia de terreno financiero parcial y total en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Sábila	Maíz dulce	Yuca	UETf total
Sábila	0.64 d			0.65 f
Maíz dulce		1.00 a		1.00 ef
Yuca			0.75 a	0.76 f
Habichuela				0.00 g
Lechuga				0.00 g
Sábila + Maíz dulce	0.99 d	0.42 bc		1.41 de
Sábila + Lechuga	1.44 bc			1.44 de
Sábila + Yuca	1.05 cd		0.50 c	1.55 bc
Sábila + Habichuela	1.94 a			1.94 bc
Sábila+ Lechuga + Habichuela	1.67 ab			1.67 cd
Sábila + Habichuela + Maíz dulce	1.58 ab	0.61 ab		2.19 ab
Sábila + Yuca+ Maíz dulce	1.71 ab	0.12 c	0.55 b	2.38 ab
Sábila + Lechuga + Maíz dulce	1.78 ab	0.78 ab		2.56 a
Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga	1.72 ab		0.63 b	2.35 ab
ANDEVA	0.4265	0.3878	0.3262	0.5008
Tukey	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Promedios en cada columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- La sábila produce más cuando se encuentra en asocio de otros cultivos y la yuca produce más cuando se le da espacio para desarrollarse.
- Se logra tener un mayor ingreso al usar las combinaciones de policultivos evaluadas en este ensayo.
- El uso de cultivos en asocio con sábila, sin importar la combinación, resulta en un UET mayor a 1.00. De igual manera, los ingresos a producir con policultivos siempre son mayores que solo cultivando sábila.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de nuevo produciendo lechuga, habichuela y maíz dulce temprano en el ciclo de yuca.
- Se debe tener en cuenta la producción de sombra y que tan efectivo es el cultivo seleccionado en competencia de estos.
- Se debería tratar diferentes asociaciones con otros cultivos no examinados en este ensayo.
- Se debería observar y clasificar los insectos, benéficos y plagas, encontrados en las asociaciones diferentes y encontrar soluciones a problemas de implementación a gran escala de estas asociaciones.
- Evaluar el comportamiento de sábila con sombra permanente en vez de la sombra temporal en este estudio para adaptación a otros sistemas perennes (como frutales).

6. LITERATURA CITADA

Achupallas Mesa, J. y Gaitán Pérez, 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. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 18 p.

Coleman, E. 1995. The New Organic Grower. Revised and expanded edition. Chelsea Green Publishing. Vermont, Estados Unidos. 1995.

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. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 25 p.

Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 243-244

Guerrero Soler, J., Herrera Egúez, F. 2010. Evaluación de ocho densidades de siembra de maíz dulce, habichuela y ayote en policultivo en uso equivalente de terreno y control de malezas en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 28 p.

Innis, D.Q. 1997. Intercropping and the Scientific Basis of Traditional Agriculture. Publicación Intermediate Technology Publications. Estados Unidos. 1997.

Kantor, S. 1999. Comparing yields with land equivalent ratio (LER). Washington State University, U.S. Department of Agricultural and King Country. (En línea). Consultado el 28 de ago. 2011.

Krome, M., T. Maurer, y K. Wied, 2009. Building Sustainable Farms, Ranches and Communities (en línea). Consultado Nov. 2010, disponible en:
http://attra.ncat.org/guide/Building_Sustainable.pdf#xml=http://search.ncat.org/taxis/search/pdfhi.txt?query=bean+nutrition+requirements&pr=ATTRA2010&prox=page&rorder=500&rprox=500&rdfreq=500&rwfreq=500&rlead=500&rdepth=0&sufs=0&order=r&cq=&id=4d9d8d7414

Liebman, M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. 1999. Editorial no disponible. Capítulo 9: sistema de policultivos. p. 191-202

Olson, S.M., E.H. Simonne, W.M. Stall, S.E. Webb, T.G. Taylor, S.A. Smith, y A.G. Palmateer. 2007. Legume Production In Florida: Snap bean, Lima Bean, Southernp pea, Snowpea. 2007. S.M Olson y E. Simonne (eds). Vegetable Production Handbook For Florida 2007-2008. Universidad de Florida, EE.UU. p 265-279.

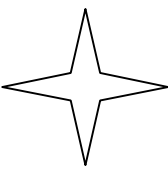
Pérez Atencio, A., Ruiz Guerra, K. 2010. Evaluación de un sistema de cinco policultivos (maíz dulce, habichuela, lechuga, rábano y yuca) en el uso equivalente de terreno, ingresos, y control de malezas en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 31 p.

Simonne E.H., W.M. Stall, S.M. Olson, S.E. Webb, T.G. Taylor, S.A. Smith, y R.N. Raid. 2007. Sweet Corn. Production In Florida. Olson, S.M y E. Simonne (eds). Vegetable Production Handbook For Florida 2007-2008. Universidad de Florida EE.UU. p 387-398.

Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Boston, Massachusetts, Estados Unidos 237 p.

7. ANEXOS

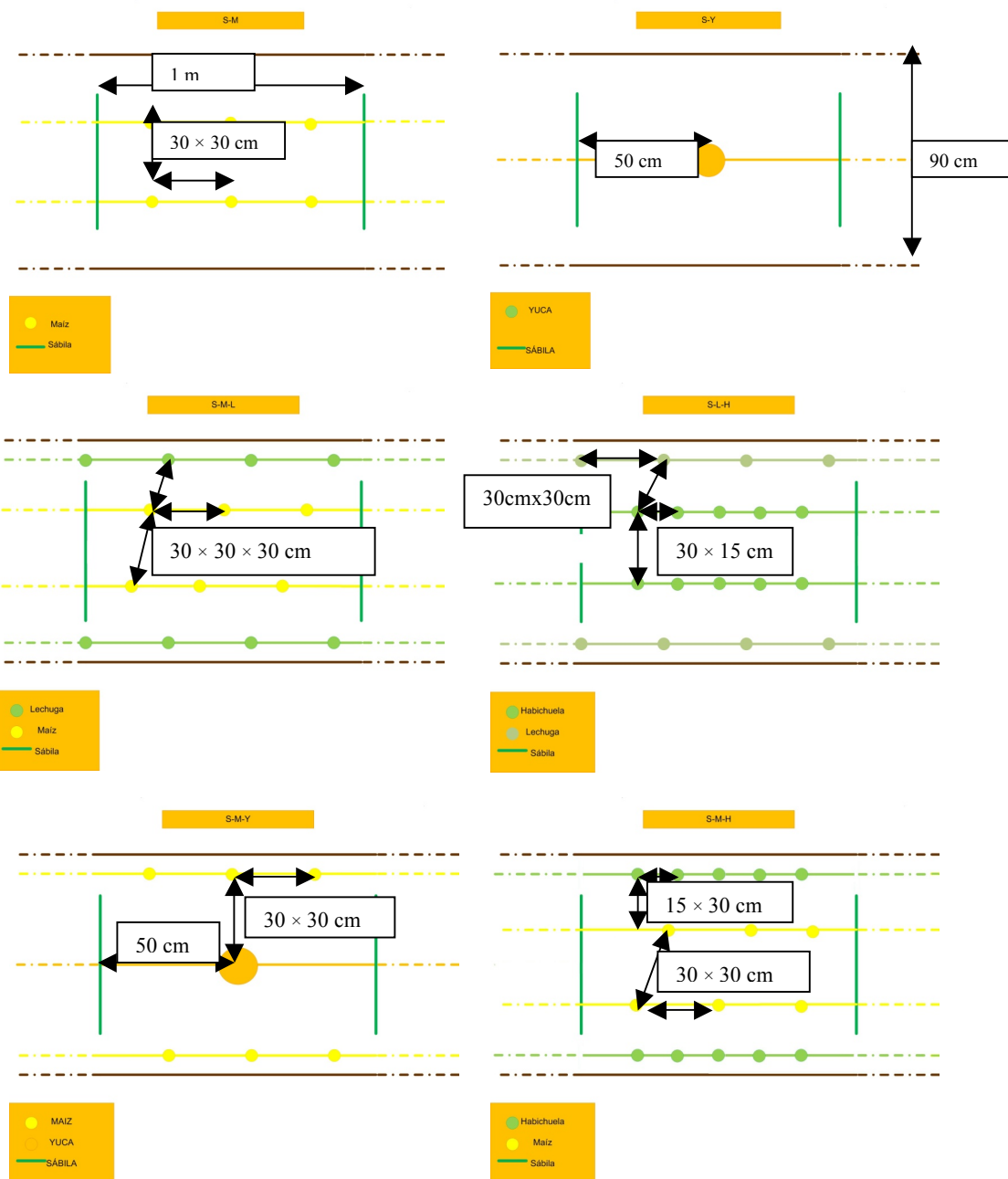
Anexo 1. Mapa de aleatorización en campo con las repeticiones marcadas por los diferentes tonos de sombra

Monocultivos		Policultivos + Monocultivo sábila		 Norte
M	10	2	9	
L	4	5	7	
H	1	8	3	
Y	6			
Y	7	9	8	
M	4	1	4	
H	8	3	9	
L	10	5	3	
		6	2	
Y	4	2	6	
H	7		5	
M	1	8	1	
L	6	5	7	
	9	3	10	
		10		
		2		
L				
Y				
H				
M				

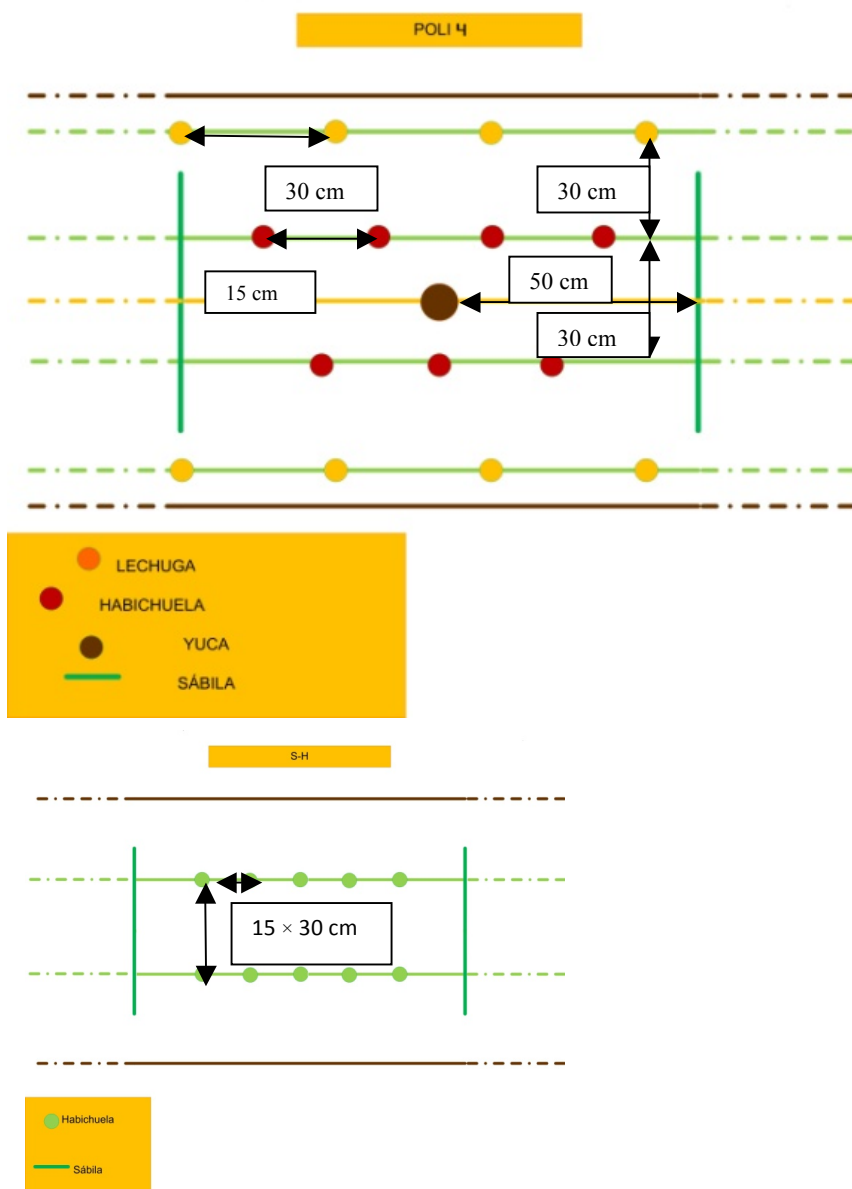
Clave

- | | |
|----|--------------------------------------|
| 1 | Sábila + Habichuela |
| 2 | Sábila + Lechuga |
| 3 | Sábila |
| 4 | Sábila + Lechuga + Habichuela |
| 5 | Sábila + Maíz dulce |
| 6 | Sábila + Yuca + Habichuela + Lechuga |
| 7 | Sábila + Lechuga + Maíz dulce |
| 8 | Sábila + Habichuela + Maíz dulce |
| 9 | Sábila + Yuca + Maíz dulce |
| 10 | Sábila + Yuca |

Anexo 2. Mapa visual de colocación de tratamientos en las camas



Anexo 2. (Cont.)



Las líneas café horizontales representan la cama. Las líneas verdes verticales representan sábila a un distanciamiento de 1 m. Las demás líneas verticales representa donde irá el cultivo de acorde con los espaciamientos de plantación.