



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE POSGRADO**

**Optimización de prácticas agroecológicas bajo enfoque de agricultura
climáticamente inteligente en huertos caseros del Trifinio**

Por:

Josué David Aguilar Medina

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de
Posgrado como requisito para optar por el grado de:**

***MAGISTER SCIENTIAE*
en Agroforestería y Agricultura Sostenible**

Turrialba, Costa Rica

2016

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA Y AGRICULTURA SOSTENIBLE

FIRMANTES:



Reinhold Mutschler, Ph.D.

Director de tesis



Eduardo Hidalgo, Ph.D.

Miembro Comité Consejero

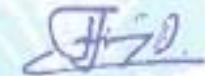


Rolando Cérda, M.Sc.

Miembro Comité Consejero

José Suchini, M.Sc.

Miembro Comité Consejero



Francisco Jiménez, Dr. Sc.

Decano Programa de Posgrado



Josué David Aguilar Medina

Candidato

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de finalizar y a la vez comenzar una nueva etapa de mi vida con nuevas visiones y expectativas.

*A las mujeres más especiales que Dios me dio la oportunidad de conocer:
Zoila Banegas (QDDG) y Yamileth Banegas.*

A mis adorados hermanos: Daniela, Fernando, Leonardo y Camila, esperando que continúen mis pasos y hacerles ver que sí se puede.

A mis tíos y demás familiares que han estado pendientes en todo momento.

A todos mis amigos, pero en especial a miyo Tito y Pompilio

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones que me ha dado y a la vida por las oportunidades.

Mi agradecimiento formal al fondo Henry Wallace gestionado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) a través de CATIE, también al Programa Agroambiental Mesoamericano MAP por brindarme parte del apoyo económico en la ejecución de este trabajo de investigación.

Al director de mi tesis, Reinhold Muschler y demás miembros de mi Comité Académico por la orientación en este trabajo de investigación.

A la Dra. Nelly Vásquez por su apoyo constante durante estos dos años de estudio.

Al personal de MAP Trifinio, principalmente a Liseth Hernández, Danilo Padilla y Carlos Moscoso por su apoyo.

A todo el personal de OCDIH-Copán Ruinas, pero principalmente a Karlita, David, Nanci, Gloria, Marvin, Sochil y Sofía.

A mis amigos y amigas que con buenas vibras me apoyaron durante todo este proceso.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
LISTADO DE ACRÓNIMOS	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
2.3 Preguntas de investigación.....	13
3 REVISIÓN DE LITERATURA	14
3.1 Agricultura climáticamente inteligente: enfoques agroecológicos y conocimiento locales	14
3.2 Huertos familiares, una forma de agricultura climáticamente inteligente	15
3.3 Situación de la inseguridad alimentaria en Centroamérica	17
3.4 Contexto económico y alternativas en Centroamérica.....	17
3.5 Prácticas agroecológicas en los huertos caseros para la producción sostenible. 17	
3.5.1 Bocashi.....	18
3.5.2 Microorganismos eficientes	19
3.5.3 Biofertilizante	20
3.5.4 Lombricompost.....	20
3.5.5 Compost a base de residuos sólidos.....	21
3.5.6 Caldo sulfocálcico.....	21
3.5.7 La rotación de cultivos.....	21
3.6 El rol de la mujer en la agricultura familiar y seguridad alimentaria.....	22
3.7 La biodiversidad en los huertos familiares y su resiliencia al cambio climático23	
3.8 Importancia del cultivo de repollo	25

3.9	Contexto general de la región Trifinio	25
4	RESULTADOS	26
4.1.1	Identificación de prácticas agroecológicas más utilizadas.....	26
4.1.2	Valoración de la efectividad de prácticas agroecológicas	26
4.1.3	Evaluación de mejoras adicionales de prácticas agroecológicas	27
5	CONCLUSIONES	27
5.1	Adopción y promoción futura:	27
5.2	Dosis recomendadas:.....	28
5.3	Prevención de insectos plaga.....	28
5.4	Otros aspectos: diversificación y mercadeo	28
6	RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	29
Artículo.	Optimización de prácticas agroecológicas bajo enfoque de agricultura climáticamente inteligente en huertos caseros del Trifinio	36
1	INTRODUCCIÓN	37
2	METODOLOGÍA	38
2.1	Ubicación geográfica y datos generales del área de estudio	38
2.2	Identificación de las prácticas agroecológicas más utilizadas por las familias del Trifinio	39
2.3	Valoración de la efectividad de prácticas agroecológicas con base en criterios agronómicos, de rentabilidad y adoptabilidad comunitaria	40
2.4	Evaluación de mejoras adicionales a prácticas agroecológicas usadas en huertos familiares	41
2.4.1	Diseño experimental	42
2.4.2	Selección de huertos experimentales	43
2.4.3	Materiales utilizados para la elaboración de las prácticas agroecológicas tomando como referencia los procesos y sugerencias de Restrepo (2007).....	43
2.4.4	Preparación del terreno	44
2.4.5	Muestreo de suelos y abonos sólidos	44
2.4.6	Aplicación de abonos sólidos	45
2.4.7	Siembra de plántulas	45
2.4.8	Fertilización foliar.....	45
2.4.9	Control de insectos.....	45

2.4.10	Cosecha	46
2.4.11	Análisis Costo-Beneficio.....	46
2.4.12	Análisis Estadístico	46
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1	Identificación de las prácticas agroecológicas más utilizadas	47
3.2	Valoración de la efectividad de las prácticas agroecológicas	48
3.3	Evaluación de mejoras adicionales a las prácticas agroecológicas más usadas en huertos familiares	51
3.4	Rendimiento por metro cuadrado.....	51
3.5	Peso por cabeza	60
3.6	Daños por plagas	62
3.7	Circunferencia	64
4	CONCLUSIONES	65
5	RECOMENDACIONES.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Comunidades de Guatemala y Honduras donde se realizaron las encuestas .	40
Cuadro 2.	Tratamientos evaluados en la segunda etapa de campo; +: Incluye, -: no incluye.	41
Cuadro 3.	Valoración de prácticas agroecológicas usadas en Trifinio según criterios y experiencias del agricultor, del técnico acompañante del MAP-Noruega/CATIE y el investigador del presente estudio.....	49
Cuadro 4.	Observación de las variables: rendimiento, peso por cabeza y circunferencia de repollo al aplicar diferentes dosis y prácticas agroecológicas; *: incluyeron biofertilizante supermagro. Marzo 2015, Copán Ruinas, Copán, Honduras	54
Cuadro 5.	Propiedades químicas de los abonos sólidos. Boc: Bocashi, Lom: Lombricompost, a: % con base en materia seca, b: % con base en materia húmeda.	55
Cuadro 6.	Características químicas de los suelos en los huertos del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Honduras en muestras tomadas a profundidades de 0 a 15 cm; Niveles A: alto, M: Medio, B: Bajo según laboratorio de suelos de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) 2015.....	56
Cuadro 7.	Análisis beneficio-costo en la producción de repollo con el uso de prácticas agroecológicas. B: Bocashi; L: Lombricompost; C: Control; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras, 2015.....	58

Cuadro 8. Intensidad de daño ocasionado por plagas en el cultivo de repollo. *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Huerto I, II y III en comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras, 2015. 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución y frecuencia global de los huertos caseros (Nair y Kumar 2006; high: 50% de hogares presentan HC; moderate: 25-50%; low: $\leq 25\%$).....	16
Figura 2. Funcionamiento del Bocashi en los cultivos (YamadayXu 2001), adaptado por Aguilar 2015.....	19
Figura 3. Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agro-ecosistemas según Nicholls y Altieri (2002).....	24
Figura 4. Ubicación geográfica del Trifinio (CATIE2010).	38
Figura 5. Elevaciones en la región Trifinio: llanuras de los valles: < 750 msnm; planicies intermedias: 750-1250 msnm; pie de montañas: 1251-1750 msnm; zonas de montañas: > 1750 msnm (GIZ y CTPT 2011).	39
Figura 6. Clasificación de la intensidad de daños por plagas. Su numeración se muestra en la parte inferior derecha de cada imagen. 0: Sin ataque, 1: Bajo, 2: Medio, 3: Alto.....	43
Figura 7 Porcentaje de familias encuestadas que utilizan prácticas agroecológicas en el Trifinio (Guatemala y Honduras) con base en 40 encuestas.	47
Figura 8. Rendimiento de repollo por metro cuadrado en 4 huertos 11 semanas después del trasplante. Barras representan error estándar; C: Control, B: Bocashi; L: Lombricompost; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Números eje “x” representan cantidades de abono utilizadas.	53
Figura 9. Desarrollo y cosecha de repollo con la utilización de prácticas agroecológicas donde se lograron rendimientos de 2.50 a 4.02 kg m^{-2} en huertos familiares de las comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras en junio del 2015.....	54
Figura 10. Peso por cabeza de repollo en 3 huertos 11 semanas después del trasplante. Barras representan error estándar; C: Control, B: Bocashi; L: Lombricompost; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Números eje “x” representan cantidades de abono utilizadas.	61

LISTADO DE ACRÓNIMOS

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

MAP: Programa Ambiental Mesoamericano

ECA: Escuelas de Campo

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura

PESA: Programa Especial para la Seguridad Alimentaria

DICTA: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria

CTPT: Comisión Trinacional del Plan Trifinio

PRESANCA: Programa Regional de Seguridad Alimentaria para Centroamérica

BMZ: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo

GIZ: Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional

RESUMEN

El cambio climático en la región centroamericana afecta los sistemas productivos de muchas familias rurales debido a la problemática de sequías. Para enfrentar los resultantes desafíos para la seguridad alimentaria, se requiere construir sistemas productivos con mayor capacidad de adaptación al cambio climático, basado en prácticas agroecológicas. La presente investigación se desarrolló en la región Trifinio que ha sido típicamente conocida por sus altos índices de pobreza y un aumento de sequías. Se encuestaron 40 familias en Honduras y Guatemala con el objetivo de identificar las prácticas agroecológicas más utilizadas y mejor valoradas según criterios de adoptabilidad comunitaria, efectividad agronómica y rentabilidad económica.

Posteriormente, se realizó un experimento a campo abierto en el cultivo de repollo utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para evaluar el rendimiento de estas prácticas. Los tratamientos fueron 2 tipos de abonos orgánicos aplicados en 4 cantidades: Bocashi con 2 kg m⁻² (T1-control), 2.5 kg m⁻² (T2), 4.7 kg m⁻² (T3) y 7.3 kg m⁻² (T4) y lombricompost con 2.5 kg m⁻² (T5 y T6), 4.7 kg m⁻² (T7) y 7.3 kg m⁻² (T8). Todos los tratamientos recibieron aplicaciones foliares de microorganismos eficientes, caldo sulfocálcico, madrifol (un extracto de hojas de *Gliricidia sepium*) y un repelente de insectos.

En adición, los tratamientos de dosis intermedias T2, T3, T6 y T7 recibieron aplicaciones de un biofertilizante ('Supermagro'). Se calculó el valor de la producción a través de tres indicadores económicos: beneficio neto, flujo neto y relación costo beneficio. Las prácticas más utilizadas por estas familias fueron el caldo sulfocálcico, el Bocashi y microorganismos eficientes, pero las más valoradas fueron el compost a base de residuos de cocina, el lombricompost y madrifol. Se evidenciaron de manera general incrementos en los rendimientos del cultivo de repollo conforme se incrementaron las cantidades de abono orgánico al suelo con los mayores rendimientos para T4 (4.0 kg m⁻²) y T8 (3.9 kg m⁻²). Las prácticas que lograron la mejor relación de costo beneficio fueron las que demandan menos mano de obra, incluyendo lombricompost. Se recomienda el uso al de menos 2 kg m⁻² de Bocashi o 2.5 kg m⁻² de lombricompost para la producción de huertos familiares por cada ciclo de cultivo.

Palabras clave: Prácticas agroecológicas, repollo, huertos familiares, abonos orgánicos, cambio climático, Bocashi, lombricompost, microorganismos eficientes.

ABSTRACT

Climate change in Central America affects the productive systems of many rural families due to problems related to drought. To address the resulting food security challenges, it is necessary to create production systems based on agro-ecological practices that are better able to adapt to climate change. This research was completed in the Trifinio region, which has been typically known for its high rates of poverty and increased number of droughts. Forty families were surveyed in Honduras and Guatemala with the aim of identifying the agroecological practices that are most common and most valued according to criteria of community adoptability, agronomic effectiveness and economic efficiency. Subsequently, an experiment was conducted in the open field with cabbage using a Randomized Complete Block design (RCB) to evaluate the performance of these practices. Two types of organic fertilizers were applied in four quantities: Bocashi with 2 kg m⁻² (T1-control), 2.5 kg m⁻² (T2), 4.7 kg m⁻² (T3) and 7.3 kg m⁻² (T4) and vermicompost with 2.5 kg m⁻² (T5 and T6), 4.7 kg m⁻² (T7) and 7.3 kg m⁻² (T8). All treatments received foliar applications of efficient microorganisms, Lime sulfur, madrifol (an extract of leaves of *Gliricidia sepium*) and an insect repellent. In addition, intermediate treatment doses T2, T3, T6 and T7 received applications of a biofertilizer ('Supermagro'). The value of production was calculated using three economic indicators: net income, net cash flow and cost-benefit ratio. The most common practices used by these families were the Lime sulfur, Bocashi and efficient microorganisms, but the most valued were compost kitchen waste, the vermicompost and madrifol. In general, increases were seen in cabbage crop yields, corresponding to the amounts of organic fertilizer in the soil with the best results for T4 (4.0 kg m⁻²) and T8 (3.9 kg m⁻²). The practices that achieved the best cost-benefit ratio were those that require less labor, including vermicompost. The use of at least 2 kg m⁻² of Bocashi or 2.5 kg m⁻² of vermicompost are recommended for home gardens per crop cycle.

Keywords: agro-ecological practices, cabbage, home gardens, organic fertilizers, Climate Change, Bocashi, Vermicompost, efficient microorganisms.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, la agricultura convencional está siendo fuertemente cuestionada por su impacto negativo sobre los recursos naturales y el ambiente debido al uso excesivo de sustancias químicas como plaguicidas, herbicidas y fertilizantes aplicados en grandes extensiones de monocultivos. Esta forma de producción ha generado una rápida pérdida de biodiversidad, principalmente por los cambios de uso de la tierra acompañada con la adopción de agroquímicos (Altieri 2002; Gliessman 2002; Pinheiro y Restrepo 2010; Barruti 2013).

Por su alta dependencia de energía fósil para aumentar la productividad, las prácticas de la agricultura convencional, mayormente en los países desarrollados, liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera (Haas *et al.* 2001; Flessa *et al.* 2002; Gomiero *et al.* 2008). Como consecuencia se fomenta el cambio climático y aumentan eventos extremos como sequías e inundaciones cada vez más fuertes. El resultado final es que se reducen las cosechas al mismo tiempo que aumentan las pérdidas de cultivos agrícolas (Altieri y Nicholls 2013; Hurduzeu *et al.* 2014; Mendelsohn 2014) y, con esto, la inseguridad alimentaria, principalmente en los países más pobres (IPCC 2012; Huang 2014).

La región Trifinio (donde colindan Honduras, Guatemala y El Salvador) es una zona donde los altos índices de pobreza extrema afectan entre el 36 y 45% de la población principalmente indígena Maya Chortí de Guatemala y Honduras (CATIE 2013a). Las grandes limitaciones en la disponibilidad de tierras y los bajos rendimientos de cultivos, como consecuencia de prácticas inadecuadas en la agricultura, son algunas de las amenazas que hacen a estas familias cada vez más vulnerables a la inseguridad alimentaria.

Ante estas problemáticas ha surgido la necesidad de adoptar prácticas de producción amigables con el ambiente bajo contextos de agricultura climáticamente inteligente (FAO 2010), que están siendo promovidas por instituciones y programas tales como la FAO, GIZ, MAP-Noruega y PRESANCA, entre otros. Estos enfoques agroecológicos renacen como una opción que promueve el desarrollo agrícola sostenible y tiene como principios básicos la diversidad de los sistemas agrícolas, la estabilidad biológica, la conservación de los recursos naturales, la equidad de género y la seguridad alimentaria, tomando en cuenta las interacciones entre plantas, animales, seres humanos y el medio ambiente (Altieri y Nicholls 2000; Dalgaard *et al.* 2003; Altieri *et al.* 2012; Peeters *et al.* 2013).

Los huertos familiares se perfilan como una opción de producción agrícola resiliente al cambio climático al mismo tiempo que promueven la seguridad alimentaria de las familias más pobres, la equidad de género y los valores culturales (Trinh *et al.* 2003; Buchmann 2009;

Galhena *et al.* 2013; Sangakkara y Frossard 2014). Estos sistemas de producción muestran una amplia gama de diversidad (Huerta y Van Der Wal 2012; Mohri *et al.* 2013).

El presente estudio identificó oportunidades para mejorar la producción y la seguridad alimentaria en los huertos familiares de una manera sostenible; para ello se propusieron y aplicaron criterios para identificar y evaluar prácticas agroecológicas usadas por productores y productoras de la región Trifinio según su efectividad en el contexto de una agricultura climáticamente inteligente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Optimizar prácticas agroecológicas climáticamente inteligentes para mejorar la producción sostenible en los huertos familiares y la seguridad alimentaria de la región Trifinio.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las prácticas agroecológicas más utilizadas por las familias del sector Trifinio en la producción agrícola.
2. Valorar la efectividad de prácticas agroecológicas en el contexto de agricultura climáticamente inteligente con base en criterios agronómicos, de rentabilidad y adoptabilidad comunitaria.
3. Evaluar a través de la investigación participativa con productores selectos, mejoras adicionales a las prácticas agroecológicas más usadas en huertos familiares.

2.3 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las prácticas agroecológicas más utilizadas en huertos familiares de Trifinio?
2. ¿Cuáles son las prácticas agroecológicas más valoradas según criterios de adoptabilidad comunitaria, efectividad agronómica y rentabilidad económica?

3. ¿Cuáles de las prácticas agroecológicas utilizadas actualmente por los agricultores y agricultoras son las más eficientes para mejorar la producción en los huertos familiares?
4. ¿Cuáles son mejoras o cambios posibles para hacer que las prácticas agroecológicas sean aún más efectivas y más utilizadas como prácticas de agricultura climáticamente inteligente?
5. ¿La combinación de prácticas agroecológicas permite mejorar la producción agrícola de los huertos familiares?

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Agricultura climáticamente inteligente: enfoques agroecológicos y conocimiento locales

Según la FAO (2010), la agricultura climáticamente inteligente incrementa la productividad de manera sostenible, es más resiliente al cambio climático, reduce o elimina los gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera y fortalece los logros de metas nacionales de desarrollo y de seguridad alimentaria. Este tipo de agricultura hace uso intensivo e inteligente de las funciones e interacciones naturales de los ecosistemas para la producción de fibra, alimento y servicios ecológicos de manera sostenible (Tittone 2014), basándose en principios agroecológicos orientados a mejorar la biodiversidad de los agroecosistemas (Altieri 2002).

Estos enfoques agroecológicos tienen sus raíces en el manejo tradicional ancestral que los productores daban a sus sistemas de cultivos diversificados para mantener la productividad de manera armoniosa con la naturaleza. Según Altieri y Nicholls (2010), durante siglos, la agricultura campesina e indígena en América Latina, Asia y África, se practicó sobre los recursos locales con un uso sostenible del agua y suelo, empleando la utilización de variedades criollas basados en el conocimiento indígena ancestral. Esto es lo que ha fortalecido la capacidad de resistencia y adaptación de esos sistemas a los cambios en el clima y al ataque de plagas y enfermedades (Machin *et al.* 2010).

Durante siglos, los agricultores han aprendido cómo funciona la naturaleza y cómo interactuar con ella para obtener la mejor y más abundante cosecha. El saber que los productores poseen del entorno natural y de sus sistemas productivos, los habilita para desenvolverse mejor bajo condiciones complejas (Mora 2008). Han inventado técnicas e

instrumentos de labranza; la rotación y la combinación favorables de cultivos; las técnicas de manejo agroecológico de plagas, domesticación y cría de animales, así como la selección y mejora de semillas locales adecuadas a su entorno y sus necesidades. Por su parte, la naturaleza ha ido proveyendo a los agricultores de semillas cada vez más adaptadas a las condiciones de cada ecosistema y ha dado los frutos para la alimentación de la humanidad, originando un proceso de coevolución entre la naturaleza y la sociedad (Montiel 2009).

Altieri y Nicholls (2008); FAO (2010) señalaron que existen aproximadamente 117 millones de hectáreas (cerca del 8% de la tierra arable del mundo) bajo agricultura de conservación. Estos conocimientos de agricultura antigua han sido ejemplos de estrategia agrícola indígena exitosa e incluyen un tributo a la creatividad de agricultores tradicionales e indígenas. Por lo tanto, estos sistemas no solo constituyen lugares de belleza estética que mantienen la biodiversidad agrícola global (Gliessman 2015), y que representan ecosistemas resistentes y una herencia cultural valiosa, sino que también prestan una serie de servicios, incluyendo seguridad alimentaria, sustento nutricional y calidad de vida para millones de personas en el mundo.

En las áreas agrícolas campesinas, se desarrollan múltiples actividades para asegurar la alimentación y los ingresos económicos basados en los conocimientos que tienen los campesinos de su entorno, heredado de generación en generación. En ese sentido, Nodari y Tomás (2010) indicaron que diversas plantas y animales han sido domesticados desde hace miles de años por los agricultores, quienes también lograron adaptar plantas a diversos ambientes climáticos, desde sitios ubicados en el nivel del mar hasta cuatro mil metros de altitud, por lo que se sabe que la domesticación y la adaptación han dependido de la selección natural.

3.2 Huertos familiares, una forma de agricultura climáticamente inteligente

El huerto familiar o huerto casero es definido como una forma de agricultura que se realiza en pequeñas superficies de suelo urbano, periurbano y rural localizados cerca del hogar de la familia que generalmente involucra la asociación de varios árboles o arbustos de usos múltiples, especies agrícolas anuales y perennes e incluso la asociación con animales destinados a satisfacer todos los requerimientos de vitaminas, fibra y proteínas para complementar la alimentación de toda la familia (Fernandes y Nair 1986; FAO 2011).

Estos sistemas productivos son considerados como uno de los sistemas agroforestales más antiguos utilizados en el mundo y se encuentran distribuidos principalmente en las regiones comprendidas entre los trópicos (Nair y Kumar 2006). Los territorios con las más grandes concentraciones de huertos caseros se encuentran en Mesoamérica, Sur y el Sudeste de Asia, las islas del Pacífico, Este y el Oeste de África (Figura 1).

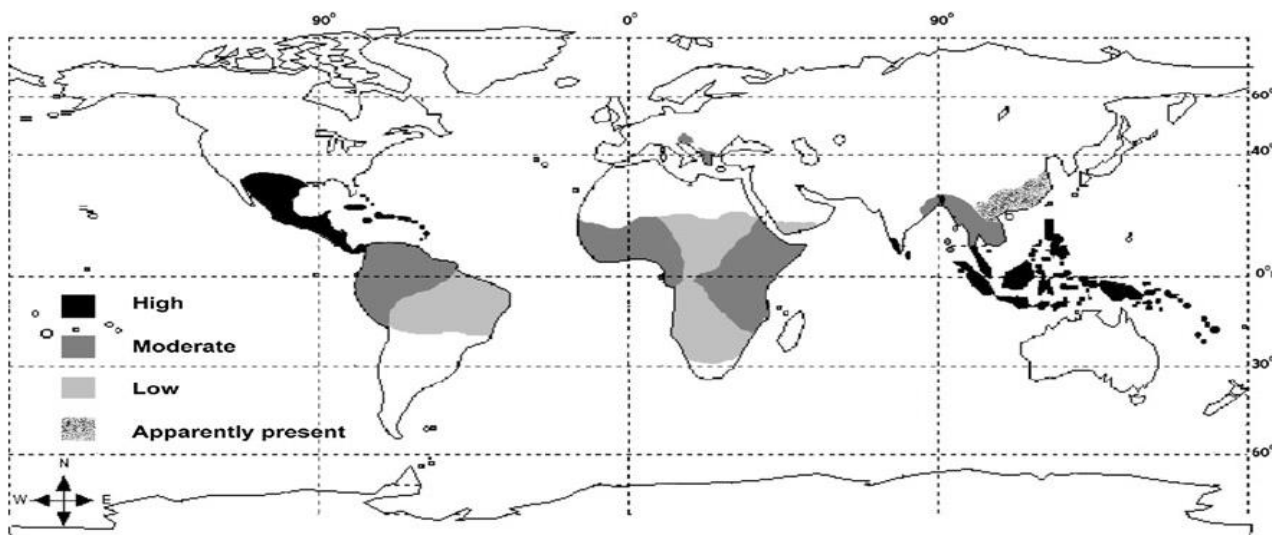


Figura 1. Distribución y frecuencia global de los huertos caseros (Nair y Kumar 2006; high: 50% de hogares presentan HC; moderate: 25-50%; low: $\leq 25\%$).

El tamaño de los huertos familiares es muy variable. Sin embargo, varios estudios en distintas regiones agroecológicas y geográficas durante las últimas tres décadas reportan que sus tamaños no superan los 7,000 metros cuadrados (0.7 ha) (Fernandes y Nair 1986; Trinh *et al.* 2003; Galluzzi *et al.* 2010; Mohri *et al.* 2013; Sangakkara y Frossard 2014).

La dimensión de los huertos familiares dependerá de la finalidad o las oportunidades económicas de las familias, ya que según Nifiez (1984) se pueden identificar *huertos de subsistencia* para suministrar productos agrícolas básicos para el consumo doméstico como maíz, hortalizas, raíces, tubérculos, etc., que también puede producir algunos pequeños excedentes para la venta en mercados locales. En contraste, está el *huerto de presupuesto* que tiene bases económicas para el empleo rural y urbano de mano de obra externa.

Con respecto a la diversidad, los huertos familiares cuentan a menudo con múltiples especies alimenticias, usualmente en ellos se conservan variedades locales y subutilizadas que son de difícil acceso en el mercado. Esta diversidad de alimentos fortalece las necesidades nutricionales requeridas principalmente por los niños y las niñas en sus diferentes etapas de crecimiento en los hogares más pobres de muchos países en vías de desarrollo (Pudasaini *et al.* 2013; Clarke *et al.* 2014).

3.3 Situación de la inseguridad alimentaria en Centroamérica

La situación de la inseguridad alimentaria y nutrición en la región de Centroamérica es compleja. Principalmente en el sector Trifinio, la población tiene limitaciones en la disponibilidad de tierras, lo que imposibilita mantener la producción constante de alimentos. Por otra parte, estas familias mantienen un consumo excesivo de carbohidratos y bajos niveles de consumo de proteínas, vitaminas y micronutrientes (CATIE 2013a).

Según PRESANCA (2010) las deficiencias nutricionales específicas más comunes en la región centroamericana son la anemia producida por la deficiencia de hierro, en niñas y niños en edad preescolar y en mujeres embarazadas, deficiencia de ácido fólico, zinc y de vitamina A en menores de cinco años, deficiencia de vitamina B12 en adultos y deficiencia de yodo en la población en general. Por otra parte, FAO (2009) mencionó que la problemática de la inseguridad alimentaria y la desnutrición de las familias rurales está ligada no solo al resultado de las malas cosechas de granos básicos, sino también a los elevados precios nacionales de los alimentos, los menores ingresos económicos y un desempleo en aumento, lo cual ha reducido el acceso a los alimentos.

3.4 Contexto económico y alternativas en Centroamérica

PRESANCA y FAO (2011) mencionaron que el mayor porcentaje de población en situación de extrema pobreza en Centroamérica se encuentra en Honduras con un 45.6% seguido de Nicaragua con un 31.9%, Guatemala con un 29.1% y El Salvador con un 17.3%. Con mayor pobreza en el área rural.

3.5 Prácticas agroecológicas en los huertos caseros para la producción sostenible

Los huertos familiares son manejados con prácticas agroecológicas, haciendo uso de los residuos vegetales, el estiércol, abonos orgánicos, semillas de variedades locales, la combinación de cultivos y otras tecnologías locales implementadas por los agricultores y agricultoras encargadas de la gestión de estos (Pudasaini *et al.* 2013). También se caracterizan por la diversidad de cultivos que se integran en pequeñas áreas para la alimentación de las familias, muchas de las cuales obtienen las semillas a través de intercambios con sus vecinos o del mismo huerto (Gautam *et al.* 2008).

En la región Trifinio, se han realizado múltiples esfuerzos por parte del programa MAP-Noruega relacionados con prácticas agroecológicas tales como la elaboración de microorganismos eficientes (hechos a base de hojarasca descompuesta de los bosques) en su estado sólido y líquido para el control de microorganismos patógenos en el suelo, Bocashi elaborado con la mezcla de diferentes residuos vegetales (ver detalles en sección 3.5.1) caldos minerales, biofertilizante elaborados a base de sales minerales en acompañamiento con

estiércol de vaca fresco, entre otros, para su implementación en los huertos familiares y fincas agrícolas con el objetivo de reducir la contaminación causada por el uso de agroquímicos en la producción de hortalizas, incrementar la calidad de los cultivos agrícolas, disminuir los costos en la producción, mejorar la seguridad alimentaria de las familias y promover el uso de materiales locales (CATIE 2012).

3.5.1 Bocashi

El Bocashi es un tipo de abono orgánico que puede ser elaborado con diversos materiales locales que incluyen rastrojos de cultivos, pulpa de café, suelo, carbón triturado, melaza, ceniza de fogón, gallinaza o estiércol de vaca, entre otros materiales locales (Ramírez y Duque 2010). El producto final se obtiene mediante la mezcla de todos los materiales a través de un proceso de fermentación aeróbica en el cual se liberan los nutrientes como resultado de la actividad microbiológica para luego ser absorbidos por las plantas (Restrepo 2010).

En el proceso de elaboración del Bocashi, se requieren volteos periódicos durante los primeros días de la fermentación con la finalidad de favorecer la aireación, evitar temperaturas excesivas de más de 55°C y mantener activos los microorganismos encargados de la desintegración de los materiales (Ángel 2004; Gómez y Vásquez 2011; Ramos y Terry 2014). Cuando la temperatura llega a los 70 °C, se genera una descomposición inadecuada, con la volatilización alta de nitrógeno y la muerte de muchos microorganismos benéficos (Inckel *et al.* 2005).

Los microorganismos encargados de la descomposición en las primeras etapas del proceso son los llamados mesófilos ($T < 45^{\circ}\text{C}$), con el aumento de las temperaturas estos son sustituidos por los termófilos ($T > 45^{\circ}\text{C}$) que resisten a mayores temperaturas durante el proceso (Márquez *et al.* 2008; Ramos *et al.* 2014).

Para lograr un producto final de buena calidad, se requiere una serie de factores. En primer lugar, ampliar la diversidad de materiales de origen orgánico utilizados, en segundo lugar, una combinación de microorganismos apropiados y tercero, es adecuado mantener una buena aireación durante el proceso (Inckel *et al.* 2005; Restrepo 2010). Si los parámetros anteriores se cumplen, este abono resulta un producto con altos contenidos de nutrientes requeridos por los cultivos para su desarrollo (Boraste *et al.* 2009).

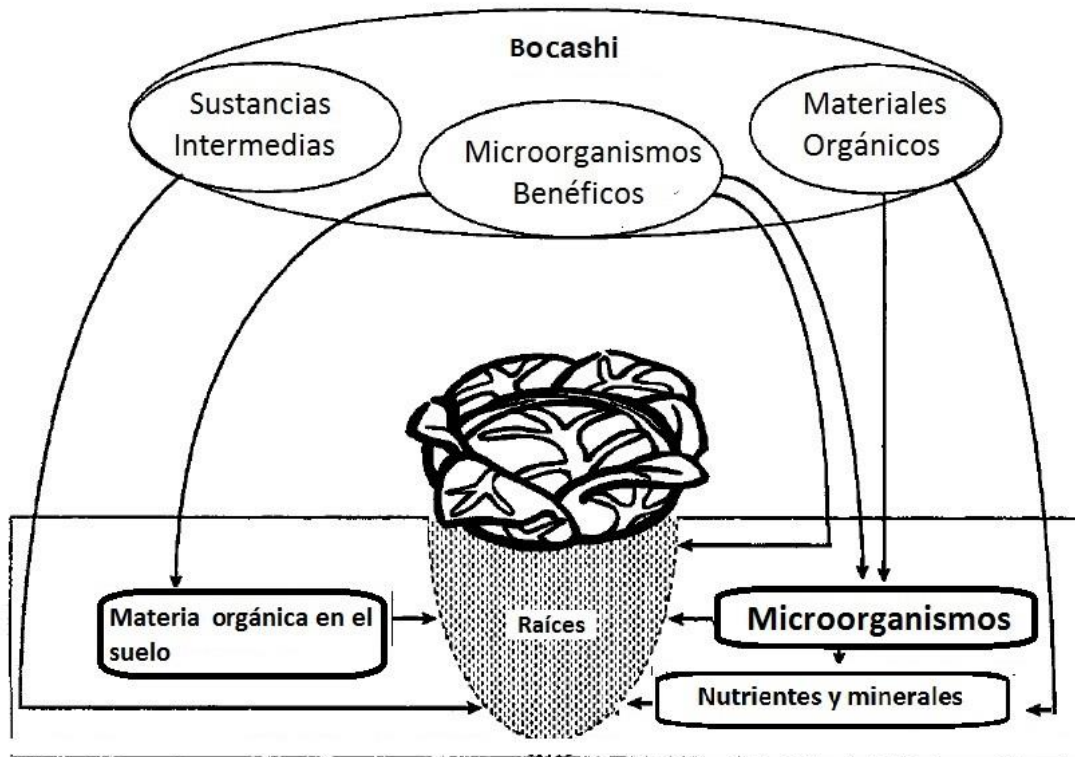


Figura 2. Funcionamiento del Bocashi en los cultivos (YamadayXu 2001), adaptado por Aguilar 2015

3.5.2 Microorganismos eficientes

Los “microorganismos eficientes”, también llamados microorganismos de montaña, están constituidos por diferentes microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y levaduras. Estos son típicamente encontrados en la hojarasca bajo la foresta de bosque latifoliado. Para su multiplicación, se requiere de procesos de fermentación anaeróbicos (en ausencia de oxígeno) durante al menos 30 días en medio sólido después de su recolección. Son el principal medio a través del cual se descompone la materia orgánica y también pueden ser utilizados como fertilizante foliar orgánico. No presentan manipulaciones genéticas, puesto que son de origen natural y fisiológicamente son compatibles unos con otros (Gutiérrez *et al.* 2013).

Según Higa y Parr (1994), las aplicaciones de microorganismo eficientes promueven los incrementos en la salud y fertilidad de los suelos, así como mejoras en el rendimientos y la calidad de los cultivos.

3.5.3 Biofertilizante

Los biofertilizantes son abonos orgánicos que se aplican vía foliar a los cultivos: se obtienen del proceso de fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de estiércol de vaca. Es un producto rico en fitohormonas que fortalecen el desarrollo, la distribución de las raíces y la floración de las plantas. Con este producto, se logra incrementar hasta el 30% en la producción agrícola, sin la utilización de agroquímicos (Aranda 2011).

Según Restrepo (2010), los biofertilizantes son abonos líquidos con altos contenidos de energía equilibrada elaborados a base de estiércol de ganado bovino mezclado con agua, melaza, suero y ceniza. Algunas veces también se emplea la utilización de sales minerales como sulfato de magnesio, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros. El estiércol de vaca es el principal inóculo de microorganismos para el proceso de fermentación, en este se encuentran altas poblaciones de *Bacillus subtilis* que son bacterias antagónicas de microorganismos patógenos que afectan los cultivos (Swain *et al.* 2008). El contenido de nutricional de los biofertilizantes dependerá de la diversidad de materiales con que sean elaborados.

Con las actuales problemáticas de producción de alimentos a nivel global y el incremento en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos nocivos al ambiente y la salud de la población, los biofertilizantes fermentados se constituyen como una alternativa altamente sostenible y su uso puede favorecer los cambios a una agricultura sana, sostenible y en pro de la protección del ambiente (Bhardwaj *et al.* 2014).

3.5.4 Lombricompost

Este es un tipo de abono orgánico resultante de procesos interactivos entre lombrices de tierra con el acompañamiento de la actividad microbiológica que transforman los residuos orgánicos en humus con un alto contenido nutricional que facilita el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Rodríguez *et al.* 2007; Lazcano y Domínguez 2011).

El lombricompost puede ser usado en diferentes etapas vegetativas del cultivo. Este abono estimula el sano desarrollo de cultivos agrícolas proporcionándoles los nutrientes necesarios para su crecimiento (Acevedo y Pire 2004). Su fabricación resulta de diversas fuentes de origen natural desintegradas por lombrices y microorganismos que van desde residuos de cocina (Garg *et al.* 2006), desechos de caña producidos por la industria azucarera (Sangwan *et al.* 2010), pulpa de café (Blandón-Castaño *et al.* 1999), hasta estiércoles de animales (Loh *et al.* 2005), entre otros.

Se ha comprobado que el lombricompost es muy útil para la recuperación de suelos con baja fertilidad debido a su riqueza nutricional. Al mismo tiempo reduce el riesgo de toxicidad

en los suelos, ya que las lombrices tienen la capacidad de desintoxicar la mayoría de los metales pesados a través del tejido de sus cuerpos (Bhattacharya *et al.* 2012; Bhat *et al.* 2014).

La lombriz tradicionalmente utilizada para la obtención de lombricompost es conocida como roja californiana *Eisenia foetida* (Garg *et al.* 2006 y Bhattacharya *et al.* 2012). Esta especie se reproduce muy rápidamente y puede vivir hasta los 16 años (Cruz *et al.* 2010), dependiendo del tipo de sustrato utilizado. Algunos estudios han demostrado los sustratos de pulpa de café como uno de los mejores para su supervivencia a largo plazo (Durán y Henríquez 2009).

3.5.5 Compost a base de residuos sólidos

El compostaje es el proceso biológico mediante el cual los microorganismos como bacteria, hongos, actinomicetos y levaduras transforman toda sustancia de origen vegetal o animal en abono orgánico. Durante su proceso, la temperatura óptima es de los 40 a 70 grados centígrados; lo cual favorece el desarrollo y la sobrevivencia de la actividad microbiológica. Los materiales típicamente utilizados en su elaboración son residuos vegetales, agua, suelo, cenizas y estiércol. Estos son colocados conjuntamente en capas hasta formar una pila que presente condiciones óptimas de aireación (Ramón y Rodas 2007).

El compostaje es una de las opciones más económicas y sostenibles para el manejo de los residuos orgánicos de la agricultura y los desperdicios del hogar (Nair *et al.* 2006), que puede ser utilizado en los huertos caseros como un complemento para la enmienda de los suelos y la nutrición de los cultivos (Andersen *et al.* 2011). El compost es una fuente de abono orgánico con alto contenido nutricional y de materia orgánica (Vázquez *et al.* 2015).

3.5.6 Caldo sulfocálcico

Es un potente producto utilizado para el control de algunos insectos y hongos en el ámbito agropecuario. Para su elaboración, son necesarios 20 kg de azufre mezclados con 10 kg de cal (óxido de calcio), los cuales deben ser disueltos en 100 l de agua hirviendo hasta obtener una tonalidad de color ámbar. Su uso se ha extendido a nivel de Latinoamérica, siendo impulsado por pequeños y medianos productores (Restrepo 2010).

3.5.7 La rotación de cultivos

Las prácticas de rotación de cultivos consisten en la alternación de plantas de diferentes familias basadas en secuencias sistemáticas en una misma área durante distintos ciclos (Liebman y Dyck 1993). Estas prácticas estabilizan y mejoran el control de plagas a escalas

de paisajes agrícolas (Rusch *et al.* 2013) y contribuyen con mantener la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Xuan *et al.* 2011).

Los siguientes son algunos de los ejemplos que se pueden tomar en cuenta para la planificación en rotaciones de cultivos en los huertos familiares (Vázquez *et al.* 2012).

Camote/papa/camote/papa
Maíz/papa/camote/frijol
Maíz/pepino/camote
Col/zanahoria
Acelga/habichuela
Cebolla/maíz/camote/cebolla

3.6 El rol de la mujer en la agricultura familiar y seguridad alimentaria

Las mujeres que habitan en áreas rurales principalmente de países en vías de desarrollo realizan importantes aportes relacionados a la seguridad alimentaria, la salud y la nutrición de los miembros de sus hogares, mejoramiento de sus medios de vida y contribución al desarrollo económico de sus comunidades, esto ya ha sido ampliamente reconocido en los últimos años por varios autores (Scanlan 2004; Ibnouf 2013; Kehler 2013; Kongolo y Bamgose 2013). Según estimaciones de la FAO (2011), las mujeres representaban cerca del 50 por ciento de la fuerza laboral agrícola en África Subsahariana, y un poco más del 20 por ciento para la región Latinoamericana para el año 2010.

Las mujeres juegan un rol esencial en el manejo de los huertos familiares. Las mujeres rurales se dedican principalmente a la agricultura de subsistencia con la producción de granos básicos. Además de la producción de estos alimentos, las mujeres cultivan, cosechan, procesan y venden hortalizas, legumbres y frutas en huertos familiares, (Corbera 2005; Lahoz 2006).

Estudios por Trinh *et al.* (2003) para determinar la conservación de la biodiversidad agrícola en los huertos, demostraron que el involucramiento del género femenino para la gestión y toma de decisiones en huertos familiares es de vital importancia para la seguridad alimentaria. Según estos autores existen una fuerte tendencia por parte de las mujeres en el establecimiento de cultivos de subsistencia tales como raíces, tubérculos y hortalizas, en cambio, las decisiones tomadas por los hombres generalmente se inclinan a la siembra de cultivos orientados al mercado tales como árboles frutales y arroz.

En la mayoría de las áreas rurales de los países en desarrollo, las mujeres trabajan más que los hombres ya que las mujeres no solamente dedican gran parte de su tiempo a la agricultura, sino también cuidan a los hijos, y se dedican al aseo de las viviendas, la

preparación de los alimentos, la recolección de agua y leña, entre otras actividades (FAO 2011). Por su parte, PESA y FAO (2005) mencionaron que otra de las actividades usuales realizadas por las mujeres centroamericanas es la cría de animales, al igual que el procesamiento y comercialización de algunos productos derivados principalmente lácteos.

3.7 La biodiversidad en los huertos familiares y su resiliencia al cambio climático

La biodiversidad es el conjunto de organismos, plantas y animales que integran un ecosistema, en el cual se presentan una serie de interacciones complejas entre cada uno de sus componente que son necesarias para el sostenimiento de las funciones básicas del agroecosistema (FAO 1999; Nicholls y Altieri 2002). Esta ha sido el resultado de procesos evolutivos de selección natural y manipulación de plantas y animales que han sido desarrollados por agricultores durante milenios (GolandyBauer 2004;Mccouch 2004).

La agrobiodiversidad es clave para la sustentabilidad de los agroecosistemas (Figura 3), debido a que cumple con funciones ecológicas tales como la regulación del microclima, el ciclaje de nutrientes, la regulación de poblaciones de organismos indeseados, así mismo provee plantas de importancia medicinal, comestible, bebidas, refugio silvestre, etc. (Nicholls y Altieri 2002; Stupino *et al.* 2007; Granados *et al.* 2009; Muschler 2016). Los huertos familiares son considerados como los sistemas agroforestales más antiguos que constituyen una amplia diversidad de especies cultivadas y no cultivadas incluyendo a variedades nativas que ya han desaparecido en muchos de los ecosistemas (Nair 1985; Trinh *et al.* 2003; Mohri *et al.* 2013).

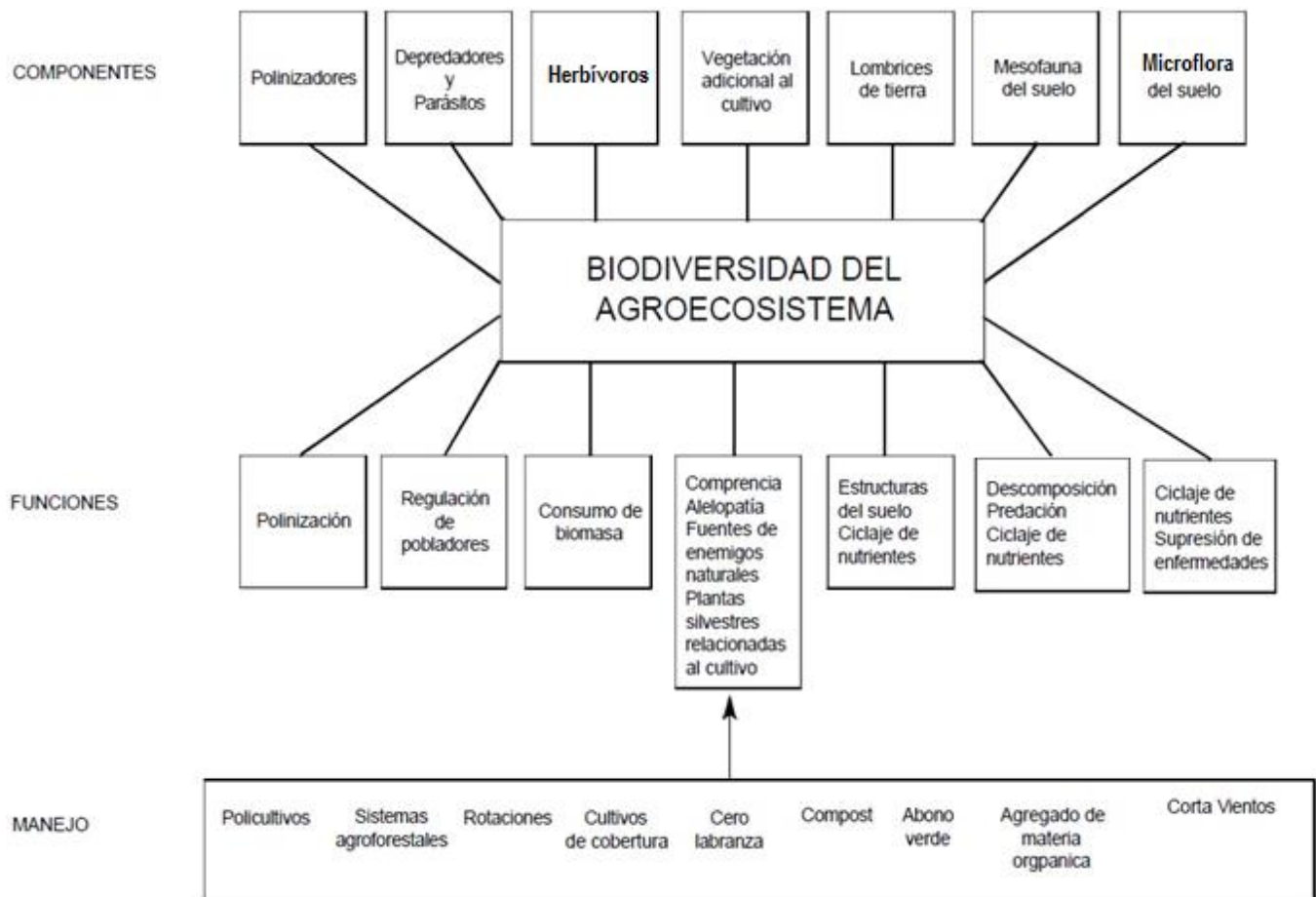


Figura 3. Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas según Nicholls y Altieri (2002).

Estos sistemas de producción agroecológica promueven la conservación de la agrobiodiversidad y la mitigación al cambio climático (Kumar 2011). Sin embargo, a mayores índices de biodiversidad, el manejo de los huertos familiares se hace más complejo y si se carece de conocimientos en el manejo de los cultivos, el sistema puede experimentar disminución en la productividad (Pandey *et al.* 2007).

En la región Trifinio, la densidad de árboles y la riqueza de especies son mayores en sistemas agroforestales como cacao, café y patios (huertos caseros) que en sistemas de producción de granos básicos y pasturas. Estudios preliminares demuestran que la densidad arbórea (número de árboles por hectárea) en los huertos caseros fue mayor a 57, lo que refleja su capacidad de provisión de servicios ecosistémicos, sin embargo, la riqueza y cantidad de plantas herbáceas es baja, con un total de 2 a 3 especies por patio (CATIE 2013b).

3.8 Importancia del cultivo de repollo

El repollo (*Brassica oleracea L. var. capitata*) es un cultivo que generalmente es consumido de forma cruda en ensaladas. Perteneciente a la familia de las *Brassicaceae* que se caracteriza por contener especies de ciclo corto con amplia adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas. Según Nosek *et al.* (2011) es una familia que incluye alrededor de 3500 especies que se distribuyen en 350 géneros. Su distribución es muy alta y se cultiva en diferentes regiones del mundo. Para el año 2009, se reportaron alrededor de 3.2 millones de hectáreas sembradas de este cultivo (de las cuales 800,000 fueron en América) produciendo alrededor de 71 millones de toneladas (Maršić *et al.* 2012). La producción de repollo en Honduras para el año 2013 representó un total 72,109 toneladas con un promedio en rendimiento de 31.5 t/ha (FAOSTAT 2014).

Para el desarrollo óptimo de repollo, se necesitan temperaturas entre los 15 y 20 grados centígrados y la disponibilidad regular de agua; bajos suministros de agua pueden repercutir directamente en la disminución de sus rendimientos (Muleke *et al.* 2014). Una frecuencia adecuada de riegos (típicamente al menos 7 veces por semana) también mejora las propiedades organolépticas porque reduce los compuestos responsables de sabores amargos, permitiendo aumentar la percepción de dulzura en el repollo (Radovich *et al.* 2005).

El cultivo de repollo es un alimento con altos contenidos de micro y macronutrientes, así como vitamina C, vitamina E, beta-caroteno y antioxidantes (Warman y Havard 1997); sus contenidos nutricionales pueden variar según la variedad de repollo seleccionada (Singh *et al.* 2006). El repollo es un cultivo altamente comerciable y que forma parte de la alimentación cotidiana en las familias del Trifinio.

3.9 Contexto general de la región Trifinio

La región Trifinio se ha identificado como una zona de alto riesgo y vulnerable al cambio climático. En sus principales usos de la tierra se destacan los granos básicos que ocupan el 13%, la agroforestería con un 9%, pastos con 9%, el café con un 3%, y la producción de hortalizas y frutales que ocupa al rededor del 3% del área Trifinio. En los últimos 21 años (periodo comprendido entre 1989 y 2010), esta región ha sufrido la pérdida de 100,775 ha de bosque, lo que representa una reducción de un 30 por ciento de la cobertura total, sin embargo, en la actualidad aún se conserva el 31% de la cobertura boscosa en el sector Trifinio, incluyendo bosque de conífera y latifoliados (GIZ y CTPT 2011).

Se estima que en el sector Trifinio cerca del 20% de la población pertenece a la etnia Maya Chortí, lo que representa un alto porcentaje en la zona de presencia indígena. Con lo referente a datos socioeconómicos de la zona, cerca del 45% de la población experimentan

situaciones de pobreza extrema, afectando particularmente a esta población indígena en Honduras y Guatemala (CATIE 2013a).

Esta problemática es determinante en temáticas de inseguridad alimentaria, como resultado del bajo rendimiento agrícola debido a prácticas inadecuadas en los cultivos y manejo de la producción de alimentos. Se ha determinado que en la región Chortí, la recurrente sequía es una de las principales causas de la inseguridad alimentaria debido a la pérdida de las cosechas de granos básicos (CATIE 2013a).

4 RESULTADOS

4.1.1 Identificación de prácticas agroecológicas más utilizadas

- De las 40 familias encuestadas en la región Trifinio, 20 pertenecieron a Guatemala y 20 a Honduras. Con la participación de estas familias, se identificaron las 10 principales prácticas agroecológicas, siendo las más utilizadas el uso de enmiendas orgánicas como el caldo sulfocálcico, utilizado por el 95% de las familias, seguido por la práctica de Bocashi empleado por el 93% y los microorganismos eficientes por el 85%.
- Las familias elaboran sus enmiendas orgánicas (compost, Bocashi, lombricompost, madrifol y repelentes para el control de insectos), a partir de todo tipo de materiales disponibles localmente, algunos gratuitos. Para la elaboración de otros fertilizantes foliares como biofertilizante supermagro, caldo sulfocálcico, caldo bordelés y caldo visosa, que son aplicados de forma foliar a los cultivos, las familias deben recurrir a la compra de materias primas (sales minerales) lo que en ocasiones limita su adquisición debido a sus bajos ingresos.
- Las familias han utilizado en promedio un litro de biofertilizante foliar diluidos en 20 litros de agua en el caso de los foliares como microorganismos de montaña, madrifol y biofertilizante supermagro. Respecto a las enmiendas de Bocashi, lombricompost y compost las familias utilizan en promedio 2 kg m^{-2} (con un rango de 1 a 6.5 kg m^{-2} de lombricompost, 1 a 5 kg m^{-2} de compost a base de residuos de cocina y de 1 a 5 kg m^{-2} de Bocashi).

4.1.2 Valoración de la efectividad de prácticas agroecológicas

- Todas las prácticas identificadas mostraron una fuerte aceptación por parte de las familias, siendo las más valoradas el compost a base de residuos de cocina, el madrifol y el lombricompost que se basan en materiales locales que se consiguen fácilmente y a un bajo costo y que además proporcionan rendimientos satisfactorios.

4.1.3 Evaluación de mejoras adicionales de prácticas agroecológicas

- Las mejoras adicionales propuestas en esta investigación se hicieron con base en aumentos de las enmiendas de lombricompost y Bocashi en combinación con biofertilizantes foliares. Los tratamientos más productivos fueron T4 y T8 (7.3 kg m⁻² de Bocashi y 7.3 kg m⁻² de lombricompost) acompañados con otras prácticas foliares descritos en la sección 2.4.4. Estos tratamientos recibieron la mayor cantidad de abono sólido y mostraron una producción comercializable de 4.0 kg m⁻² y 3.9 kg m⁻² de repollo, superando al testigo en un 29 y 25% respectivamente. El tratamiento testigo de 2 kg m⁻² de Bocashi y las mismas aplicaciones foliares que los demás tratamientos produjeron 2.8 kg m⁻².
- El mayor peso promedio por cabeza de repollo fue obtenido en el T2 con 0.83 kg, seguido por el T4 con 0.77 kg; en contraste, los tratamientos que mostraron los pesos promedios más bajos fueron el T6, Testigo y T5 con 0.51 kg, 0.57 kg y 0.57 kg respectivamente. Las tendencias de aumento en peso de cabezas de repollo favorecieron correlativamente los rendimientos por tratamiento. Sin embargo, como el precio de este producto en los mercados locales no varió según el tamaño de las cabezas, este parámetro no fue de importancia económica (para más información de los tratamientos, acudir a la página 33).
- Considerando los costos de materia prima y mano de obra no calificada utilizada para la recolecta de materiales y la preparación y aplicación de las prácticas, la relación de costo beneficio no mostró diferencias estadísticas, sin embargo, la mayor tendencia se observó en el T8 con 1:8.3 seguido por el T2 con 1:7.1, en contraste, el tratamiento con la menor relación costo beneficio fue el T3 con 1:4.6, una relación muy aceptable considerando el costo de mano de obra invertido por las familias agricultoras.

5 CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se generaron las siguientes conclusiones:

5.1 Adopción y promoción futura:

- Las prácticas agroecológicas han mostrado una alta aceptación en su adopción por parte de las familias del Trifinio, lo que constituye una oportunidad para continuar promoviendo su utilización. Sin embargo, una parte de las familias encuestadas mencionó sus limitaciones económicas y difícil acceso a algunos materiales necesarios para la elaboración principalmente de biofertilizante

supermagro y caldos minerales, lo cual les impide su uso frecuente para aplicaciones constantes.

5.2 Dosis recomendadas:

- Con base en los resultados de la presente investigación y desde el punto de vista de rentabilidad económica, se recomienda usar cantidades de lombricompost entre 4 y 7.3 kg m⁻², acompañados con aplicaciones foliares de biofertilizantes. Para el caso de los agricultores que tengan mayor afinidad o disponibilidad de materiales para la elaboración de Bocashi, se recomienda usar las cantidades al menos de 2 kg m⁻², también acompañados con aplicaciones de biofertilizantes. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que estos resultados dependerán, entre otros factores, de los precios en los mercados locales y la fertilidad de los suelos. Probablemente en suelos más fértiles los requerimientos de estas prácticas disminuyan.
- Desde la óptica de agricultura familiar y tomando en cuenta las condiciones de inseguridad alimentaria de las familias del Trifinio, para un pequeño agricultor se recomienda el uso de al menos 2 kg m⁻² de Bocashi o 2.5 kg m⁻² de lombricompost en acompañamiento de aplicaciones de productos biofoliares. Dosis menores a estas podrían probablemente no proporcionar buenos rendimientos de los cultivos.

5.3 Prevención de insectos plaga

- Todos los tratamientos evaluados en este estudio reportaron bajas incidencias de daños ocasionados por insectos plagas, probablemente asociado con las constantes aplicaciones de repelente m⁵ a lo largo del desarrollo del cultivo, lo que sugiere considerar esta práctica como una opción factible para el control de insectos. En ese sentido, se recomiendan investigaciones enfocadas a la comprobación del verdadero efecto de este repelente para prevenir o controlar plagas insectiles.

5.4 Otros aspectos: diversificación y mercadeo

- En vista de las prolongadas sequías y altos índices de inseguridad alimentaria para las familias del Trifinio, se recomienda enfatizar de manera prioritaria en la promoción de especies alimenticias subutilizadas adaptadas a tales condiciones climáticas y que puedan aportar altos contenidos nutricionales a las familias.

- Se recomienda gestionar la creación de espacios comunales donde los agricultores puedan comercializar los excedentes de su producción, principalmente en zonas turísticas.

6. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

- Para investigaciones basadas en aplicaciones de métodos experimentales, se sugiere la instalación de un testigo absoluto, donde no se contemple ninguna de las prácticas evaluadas, esto con la finalidad de identificar un aporte más claro de estas prácticas.
- Debido a las condiciones de sequía y escasez de agua para riego de cultivos en el Trifinio, se sugiere investigar los sistemas más eficientes de riego, de forma tal que la cantidad de agua en las parcelas experimentales pueda ser medida y aplicada de manera uniforme.
- Se recomienda la implementación de investigaciones orientadas a la determinación del costo beneficio en el uso de otras prácticas agroecológicas tales como el uso de barreras vivas, abonos verdes, repelentes, entre otros que puedan favorecer la utilización de otros materiales locales y reducir con ello costos de producción.
- En vista de los limitados espacios disponibles para la producción de alimentos con los que cuentan las familias de Trifinio, principalmente de la región de Guatemala, se recomiendan investigaciones relacionadas con la asociación de cultivos para la optimización de espacios productivos.
- En futuras investigaciones, se recomienda trabajar al menos con cuatro huertos o fincas para aumentar aún más la precisión del experimento.
- En la presente investigación, se recomendó realizar la doble excavación por sus potenciales beneficios agroecológicos. Con el fin de sustanciar sus beneficios, se recomienda realizar estudios de validación en diferentes suelos bajo condiciones tropicales.

Referencias

- Acevedo, IC; Pire, R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (carica papaya l.). *Interciencia* 295:274-279+231.
- Altieri, M; Nicholls, CI. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México:1-250.
- Altieri, M; Nicholls, C. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de Economía Crítica* 102:62-74.
- Altieri, M; Funes-Monzote, F; Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development* 321:1-13.
- Altieri, MA. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 931-3:1-24.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y agricultores tradicionales y sus repuestas adaptativas.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2013. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. 83 p.
- Andersen, JK; Boldrin, A; Christensen, TH; Scheutz, C. 2011. Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. *Waste Management* 319-10:1934-1942.
- Ángel, R. 2004. Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos. Honduras: Jesús Aguilar Paz:
- Aranda, S. 2011. Manual de elaboración del biol. Curso de soluciones prácticas:40 p. Disponible en <http://es.slideshare.net/frederys1712/manual-de-elaboracin-del-biol?related=1>
- Barruti, S. 2013. Malcomidos: Cómo la industria alimentaria argentina nos está matando. Grupo Planeta Spain.
- Bhardwaj, D; Ansari, MW; Sahoo, RK; Tuteja, N. 2014. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *MICROBIAL CELL FACTORIES* 131:66-66.
- Bhat, SA; Singh, J; Vig, AP. 2014. Genotoxic assessment and optimization of pressmud with the help of exotic earthworm *Eisenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research* 2113:8112-8123.
- Bhattacharya, SS; Iftikar, W; Sahariah, B; Chattopadhyay, GN. 2012. Vermicomposting converts fly ash to enrich soil fertility and sustain crop growth in red and lateritic soils. *Resources, Conservation and Recycling* 650:100-106.
- Boraste, A; Vamsi, K; Jhadav, A; Khairnar, Y; Gupta, N; Trivedi, S; Patil, P; Gupta, G; Gupta, M; Mujapara, A. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. *International Journal of Microbiology Research* 12:23.
- Buchmann, C. 2009. Cuban home gardens and their role in social-ecological resilience. *Human Ecology* 376:705-721.

- CATIE(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2013. Desarrollo rural sostenible en dos territorios climáticamente inteligentes de Centroamérica (Proyecto MAP, Noruega). 57 p.
- CATIE(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2013. Informe de línea base: indicadores de impacto. MAP Noruega (2013 - 2017). Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). 31 p.
- Clarke, L; Li, L; Jenerette, GD; Yu, Z. 2014. Drivers of plant biodiversity and ecosystem service production in home gardens across the Beijing Municipality of China. *Urban Ecosystems* 173:741-760.
- Corbera, E. 2005. Bringing development into carbon forestry markets: Challenges and outcomes of small-scale carbon forestry activities in Mexico. *Carbon forestry: Who will benefit*:42-56.
- Cruz, D; de León, EL; Pascual, LF; Battaglia, M. 2010. Producción de abono orgánico por medio del cultivo de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*). *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 1043/4:155-167.
- Dalgaard, T; Hutchings, NJ; Porter, JR. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 1001:39-51.
- Durán, L; Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 332:
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations, Italy). 2010. “Climate-Smart” Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation:47 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Crisis económicas: repercusiones y enseñanzas extraídas 64 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2011. Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar.100 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma) 1999. Agricultural Biodiversity, Multifunctional Character of Agriculture and Land Conference, Background Paper 1: What is agrobiodiversity? :6 p.
- FAO(Food and Agriculture Organization of The United Nations, Italy). 2011. The role of women in agriculture.48 p.
- Faostat. 2014. Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division 21: Disponible en <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
- Fernandes, ECM; Nair, PKR. 1986. An evaluation of the structure and function of tropical homegardens. *Agricultural Systems* 214:279-310.
- Flessa, H; Ruser, R; Dörsch, P; Kamp, T; Jiménez, M; Munch, J; BEESE, F. 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emission (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agric. Ecosys. Environment* 91:175-189.
- Galhena, DH; Freed, R; Maredia, KM. 2013. Home gardens: a promising approach to enhance household food security and wellbeing. *Agriculture & Food Security* 21:8.
- Galluzzi, G; Eyzaguirre, P; Negri, V. 2010. Home gardens: neglected hotspots of agrobiodiversity and cultural diversity. *Biodiversity and Conservation* 1913:3635-3654.
- Garg, P; Gupta, A; Satya, S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource technology* 973:391-395.

- Gautam, R; Sthapit, B; Subedi, A; Poudel, D; Shrestha, P; Eyzaguirre, P. 2008. Home gardens management of key species in Nepal: a way to maximize the use of useful diversity for the well-being of poor farmers. *Plant Genetic Resources* 702:142-153.
- GIZ (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional; CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio,). 2011. Estado de la region Trifinio 2010. Datos socioeconómicos y ambientales de los municipios Consultado
- Gliessman, SR. 2015. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC Press.
- Goland, C; Bauer, S. 2004. When the apple falls close to the tree: Local food systems and the preservation of diversity. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1904:228-236.
- Gómez, D; Vásquez, M. 2011. *Abonos orgánicos. Producción orgánica de hortalizas de clima templado*, Honduras, 27 p.
- Gomiero, T; Paoletti, M; Pimentel, D. 2008. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 274:239-254.
- Granados, S, D.; López Ríos, GF; Hernández-García, MÁ. 2009. Recursos genéticos, biotecnología y propiedad intelectual. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 15:127-140. Consultado agosto 20, 2014. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n2/v15n2a7.pdf>
- Gutiérrez, LA; Seguro, S; Arenas, JE; Moreno, JG. 2013. Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz.
- Haas, G; Wetterich, F; Köpke, U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 831:43-53.
- Higa, T; Parr, JF. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. *International Nature Farming Research Center Atami., Japan*.
- Huang, J-k. 2014. Climate Change and Agriculture: Impact and Adaptation. *Journal of Integrative Agriculture* 134:657-659.
- Huerta, E; van der Wal, H. 2012. Soil macroinvertebrates' abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. *European Journal of Soil Biology* 500:68-75.
- Hurduzeu, G; Kevorchian, C; Gavrilesu, C; Hurduzeu, R. 2014. Hazards and Risks in the Romanian Agriculture Due to Climate Changes. *Procedia Economics and Finance* 80:346-352.
- Ibnouf, FO. 2013. The role of women in providing and improving household food security in Sudan: implications for reducing hunger and malnutrition. *Journal of International Women's Studies* 104:144-167.
- Inckel, M; de Smet, P; Tersmette, T; Veldkamp, T. 2005. AD08E The preparation and use of compost. *Agromisa Foundation*.
- Kehler, J. 2013. Women and poverty: the South African experience. *Journal of International Women's Studies* 31:41-53.
- Kongolo, M; Bamgose, O. 2013. Participation of rural women in development: a case study of Tsheseng, Thintwa, and Makhalaneng Villages, South Africa. *Journal of International Women's Studies* 41:79-92.
- Kumar, BM. 2011. Species richness and aboveground carbon stocks in the homegardens of central Kerala, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 1403-4:430-440.

- Lahoz, C. 2006. El papel clave de las mujeres en la seguridad alimentaria. *Seguridad Alimentaria y Políticas de Lucha contra el Hambre*:13.
- Lazcano, C; Domínguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients* 10:1-23.
- Liebman, M; Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological applications*:92-122.
- Machin, S, Braulio; Roque-Jaime, AM; Ávila-Lozano, DR; Rosset, P. 2010. Revolución agroecológica: El Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. ANAP, La Habana:
- Márquez, PB; Blanco, MJD; Capitán, FC. 2008. 4. Factores que afectan al proceso de compostaje. *Compostaje*:93.
- Maršić, NK; Šturm, M; Zupanc, V; Lojen, S; Pintar, M. 2012. Quality of white cabbage yield and potential risk of ground water nitrogen pollution, as affected by nitrogen fertilisation and irrigation practices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 921:92-98.
- McCouch, S. 2004. Diversifying Selection in Plant Breeding. *PLoS Biol* 210:e347. Consultado agosto 13, 2014.
- Mendelsohn, R. 2014. The Impact of Climate Change on Agriculture in Asia. *Journal of Integrative Agriculture* 134:660-665.
- Mohri, H; Lahoti, S; Saito, O; Mahalingam, A; Gunatilleke, N; Irham; Hoang, VT; Hitinayake, G; Takeuchi, K; Herath, S. 2013. Assessment of ecosystem services in homegarden systems in Indonesia, Sri Lanka, and Vietnam. *Ecosystem Services* 50:124-136.
- Montiel, MS. 2009. El contexto socioeconómico de la Agricultura Ecológica: la evolución de los sistemas agroalimentarios.
- Muleke, EM; Saidi, M; Itulya, FM; Martin, T; Ngouajio, M. 2014. Enhancing Cabbage (*Brassica oleraceae* Var *capitata*) Yields and Quality Through Microclimate Modification and Physiological Improvement Using Agronet Covers. *Sustainable Agriculture Research* 32:24.
- Muschler RG 2016 Agroforestry - essential for sustainable and climate-smart land use? In Pancel L, Koehl M (eds.) *Tropical Forestry Handbook*. 2nd ed. Springer-Verlag. 2 Volumes. 3578 pp. (in press).
- Nair, J; Sekiozoic, V; Anda, M. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource technology* 9716:2091-2095.
- Nair, PKR. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 32:97-128. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/BF00122638>
- Nair, PR; Kumar, BM. 2006. Tropical homegardens: a time-tested example of sustainable agroforestry. Springer.
- Nicholls, C; Altieri, M. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 65:50-63.
- Nifiez, VK. 1984. Household gardens: theoretical considerations on an old survival strategy. International Potato Center, Potatoes in Food Systems Research Series Report 1:
- Nodari, RO; Tomás, DF. 2010. Agrobiodiversidad y desarrollo sostenible: La conservación in situ puede asegurar la seguridad alimentaria.

- Nosek, M; Surówka, E; Cebula, S; Libik, A; Goraj, S; Kornas, A; Miszalski, Z. 2011. Distribution pattern of antioxidants in white cabbage heads (*Brassica oleracea* L. var. capitata f. alba). *Acta Physiologiae Plantarum* 336:2125-2134.
- Pandey, CB; Rai, RB; Singh, L; Singh, AK. 2007. Homegardens of Andaman and Nicobar, India. *Agricultural Systems* 921–3:1-22.
- PESA (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, Centroamérica); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2005. El enfoque de género y desarrollo en PESA de Centroamérica.1-38.
- Pinheiro, S; Restrepo, RJ. 2010. Agricultura Orgánica, harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos. 205 p.
- PRESANCA (Programa Regional de Seguridad Alimentaria para Centroamérica,); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2011. Centroamérica en Cifras. Datos de Seguridad Alimentaria Nutricional y Agricultura Familiar.27 p.
- PRESANCA(Programa Regional de Seguridad Alimentaria para Centroamérica,). 2010. Análisis de la situación de la seguridad alimentaria nutricional en Centroamérica y República Dominicana.123 p.
- Pudasaini, R; Sthapit, S; Suwal, R; Sthapit, B. 2013. The role of integrated home gardens and local, neglected and underutilized plant species in food security in Nepal and meeting the Millennium Development Goal 1 (MDG). *Diversifying Food and Diets: Using Agricultural Biodiversity to Improve Nutrition and Health*:242-256.
- Radovich, TJ; Kleinhenz, MD; Streeter, JG. 2005. Irrigation timing relative to head development influences yield components, sugar levels, and glucosinolate concentrations in cabbage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 1306:943-949.
- Ramírez, BVH; Duque, NN. 2010. Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo Bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronómica* 592:155-161.
- Ramón, VA; Rodas, BF. 2007. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. Guía práctica para los campesinos del bosque seco. Información para la conservación de los bosques secos de Perú y Ecuador: www.darwin.net.org:
- Ramos, D; Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* 354:52-59.
- Ramos, D; Terry, E; Soto, F; Cabrera, J. 2014. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales* 35:90-97.
- Restrepo, J. 2010. Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra.1-239 p.
- Rodríguez, A; Concepción, N; Peña, E; Cañet, F; Fresneda, J. 2007. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida.184.
- Rusch, A; Bommarco, R; Jonsson, M; Smith, HG; Ekbom, B. 2013. Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology* 502:345-354.
- Sangakkara, R; Frossard, E. 2014. Home gardens and Dioscorea species—A case study from the climatic zones of Sri Lanka. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)* 1151:55-65.

- Sangwan, P; Kaushik, CP; Garg, VK. 2010. Vermicomposting of sugar industry waste (press mud) mixed with cow dung employing an epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Waste Management & Research* 281:71-75.
- Scanlan, SJ. 2004. Women, Food Security, and Development in Less-Industrialized Societies: Contributions and Challenges for the New Century. *World Development* 3211:1807-1829.
- Singh, J; Singh, B; Singh, KP; Upadhyay, AK; Bahadur, A; Rai, M. 2006. Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). *Scientia Horticulturae* 1083:233-237.
- Stupino, SA; Ferreira, AC; Frangi, J; Sarandón, SJ. 2007. Agrobiodiversidad vegetal en sistemas hortícolas orgánicos y convencionales (la plata, argentina). *Revista Brasileira de Agroecología* 21:342 p.
- Swain, M; Ray, R; Nautiyal, C. 2008. Biocontrol efficacy of *Bacillus subtilis* strains isolated from cow dung against postharvest yam (*Dioscorea rotundata* L.) pathogens. *Current microbiology* 575:407-411.
- Tittonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture — sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 80:53-61.
- Trinh, LN; Watson, JW; Hue, NN; De, NN; Minh, NV; Chu, P; Sthapit, BR; Eyzaguirre, PB. 2003. Agrobiodiversity conservation and development in Vietnamese home gardens. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 971–3:317-344.
- Vázquez, L; Elizondo, A; Matienzo, Y; Paredes, E; Morell, R. 2012. Resultados de un proceso participativo de sistematización de experiencias en buenas prácticas agroecológicas para el manejo de plagas.105.
- Vázquez, PV; López, MZG; Cortez, MCN; Hernández, DG. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*) en invernadero. *Revista Mexicana de Agronegocios* 1936:1351-1356.
- Warman, PR; Havard, KA. 1997. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabbage. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 612:155-162.
- Xuan, D; Guong, V; Rosling, A; Alström, S; Chai, B; Högberg, N. 2011. Different crop rotation systems as drivers of change in soil bacterial community structure and yield of rice, *Oryza sativa*. *Biology and Fertility of Soils* 482:217-225.
- Yamada, K; Xu, H-L. 2001. Properties and Applications of an Organic Fertilizer Inoculated with Effective Microorganisms. *Journal of Crop Production* 31:255-268.

Artículo. Optimización de prácticas agroecológicas bajo enfoque de agricultura climáticamente inteligente en huertos caseros del Trifinio

Josué David Aguilar Medina*

*CATIE, Escuela de Posgrado, MAP-Noruega; Turrialba, 30501, Costa Rica.

RESUMEN

El cambio climático amenaza los sistemas productivos de muchas familias rurales en Centroamérica. La resiliencia de los sistemas agrícolas depende, en gran medida, de su diseño y manejo según principios y procesos agroecológicos. La presente investigación se centró en familias de escasos recursos económicos y vulnerables a la prolongación de sequías en la región Trifinio. Se realizaron 40 encuestas para obtener información de las prácticas agroecológicas más utilizadas y mejor valoradas según criterios del agricultor, el técnico del MAP-CATIE y el investigador para evaluar la efectividad agronómica, la factibilidad económica y la adoptabilidad comunitaria. Se realizaron mejoras a estas prácticas a través de incrementos en las enmiendas de abonos orgánicos en combinación con biofertilizantes foliares para ser evaluadas a campo abierto en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea var. capitata*), usando un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). Los tratamientos fueron 2 tipos de abonos orgánicos aplicados en 4 cantidades (kg m^{-2}): Bocashi B2 (T1-control), B2.5 (T2), B4.7 (T3) y B7.3 (T4) y lombricompost L2.5 (T5 y T6), L4.7 (T7) y L7.3 (T8). Todos los tratamientos incluían aplicaciones foliares de microorganismos eficientes, caldo sulfocálcico, madrifol y repelente de insectos. Los tratamientos T2, T3, T6 y T7 recibieron aplicaciones de biofertilizante supermagro con el fin de identificar sus beneficios en la producción. El caldo sulfocálcico, Bocashi y microorganismos eficientes fueron las prácticas más utilizadas por el 95, 93 y 85% de las familias respectivamente. Las prácticas más valoradas según la efectividad agronómica, la adoptabilidad comunitaria y la rentabilidad económica fueron el compost a base de residuos de cocina, el madrifol y el lombricompost con un porcentaje de 100, 94 y 92 respectivamente. Los tratamientos con mayor productividad de repollo fueron los de mayores aplicaciones de enmiendas orgánicas: el T4 con 4.0 kg m^{-2} y T8 con 3.9 kg m^{-2} superando al control en un 30 y 25% respectivamente. En contraste, los de menores rendimientos fueron los tratamientos T6, T5 y T1 con 2.5, 2.7 y 2.8 kg m^{-2} respectivamente. La relación costo beneficio no mostró diferencias estadísticas, no obstante, la mayor tendencia resultó en el T8 con 1:8.3; mientras la menor fue en el T3 con 1:4.6, ilustrando los beneficios de 1.7 USD m^{-2} y los costos de 0.36 USD m^{-2} . Los tratamientos con menores costos de inversión fueron los que incluyeron lombricompost, estos a su vez generaron rendimientos y un costo beneficio muy aceptable visto desde el punto de vista de la agricultura familiar. En ese sentido, se recomiendan aplicaciones de al menos 2 kg m^{-2} de Bocashi o 2.5 kg m^{-2} de lombricompost en acompañamiento de biofertilizantes foliares.

Palabras clave: Prácticas agroecológicas, repollo, huertos familiares, abonos orgánicos, cambio climático, Bocashi, lombricompost, microorganismos eficientes.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la mayor incidencia de eventos extremos constituyen una amenaza real en los países en vías de desarrollo, particularmente grave en Centroamérica. Estos impactos ya evidentes generan desafíos para el desarrollo de investigaciones que aporten resultados óptimos para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de sistemas agrícolas. Según Nakaegawa *et al.* (2014), en los próximos años, Centroamérica proyecta aumentos significativos en la prolongación de sequías, lo cual representa mayores riesgos en el sector agrícola y pecuario.

A causa de este fenómeno, las familias rurales del sector ya han experimentado pérdidas en sus sistemas de producción (Schejtman *et al.* 2004), lo que revela la necesidad inmediata de recurrir a nuevas formas y modelos de producción. En particular, se deben adoptar prácticas que se acoplen a los cambios naturales y que contribuyan al desarrollo de una agricultura climáticamente inteligente con enfoques interdisciplinarios, respecto a la naturaleza y que estén al alcance de pequeños productores.

Muchos modelos de producción agroecológica han mostrado su potencial de resiliencia ante estos eventos (Holt-Giménez 2002) y se perfilan como una alternativa que promueve la seguridad alimentaria de las familias rurales (Altieri y Nicholls 2013). Bajo este enfoque, programas internacionales como el MAP-Noruega/CATIE (Programa Agroambiental Mesoamericano) promueven prácticas de producción sostenible en fincas y huertos familiares que contribuyen a la seguridad alimentaria de las familias sobre todo en sectores con índices elevados de pobreza como en la región Trifinio (CATIE2013), donde colindan Honduras, Guatemala y El Salvador.

Prácticas agroecológicas como el uso de abonos orgánicos han mostrado mejoras significativas en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Aggelides y Londra 2000; Singh *et al.* 2000) y contribuyen directamente a través del ciclaje de nutrientes a la producción de alimentos sanos a corto, mediano y largo plazo (Casado-Vela *et al.* 2006; Sarangthem *et al.* 2011). Su uso frecuente fomenta la retención de agua en los suelos, lo cual contribuye a disminuir las pérdidas en la productividad frente a las amenazas de sequías cada vez más persistentes (Lotter *et al.* 2003).

Este trabajo de investigación buscó optimizar las prácticas agroecológicas más utilizadas en Trifinio con el fin de mejorar la productividad en huertos familiares y disminuir los riesgos de inseguridad alimentaria de familias vulnerables a efectos del cambio climático en el territorio Trifinio.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación geográfica y datos generales del área de estudio

El estudio se realizó en el territorio Trifinio entre los 88°45' y 89°50' de longitud oeste y entre los 14°05' y 15°12' de latitud norte conformada por los países de Guatemala, Honduras y El Salvador (Figura 4). Su extensión es de 7541 km², de los cuales el 45% corresponde a Guatemala, el 40% a Honduras y el 15% a El Salvador. El Trifinio comprende 45 municipios fronterizos, 8 pertenecen a El Salvador, 15 a Guatemala y 22 a Honduras y tiene una población total de más de 670,000 habitantes (CTPT 2009).



Figura 4. Ubicación geográfica del Trifinio (CATIE2010).

El clima predominante en la región del Trifinio es semicaliente húmedo, incluyendo la mayoría del sector de Honduras; sus principales amenazas son el aumento de sequías e inundaciones, el uso inadecuado del suelo y la contaminación del agua causados por agentes biológicos, desechos sólidos y contaminantes químicos provenientes de labores agrícolas. La

topografía de la región es muy accidentada y los suelos en zonas de montañas son poco profundos y con afloramientos rocosos (Figura 5) (CTPT 2009; CATIE2010; GIZ y CTPT 2011).

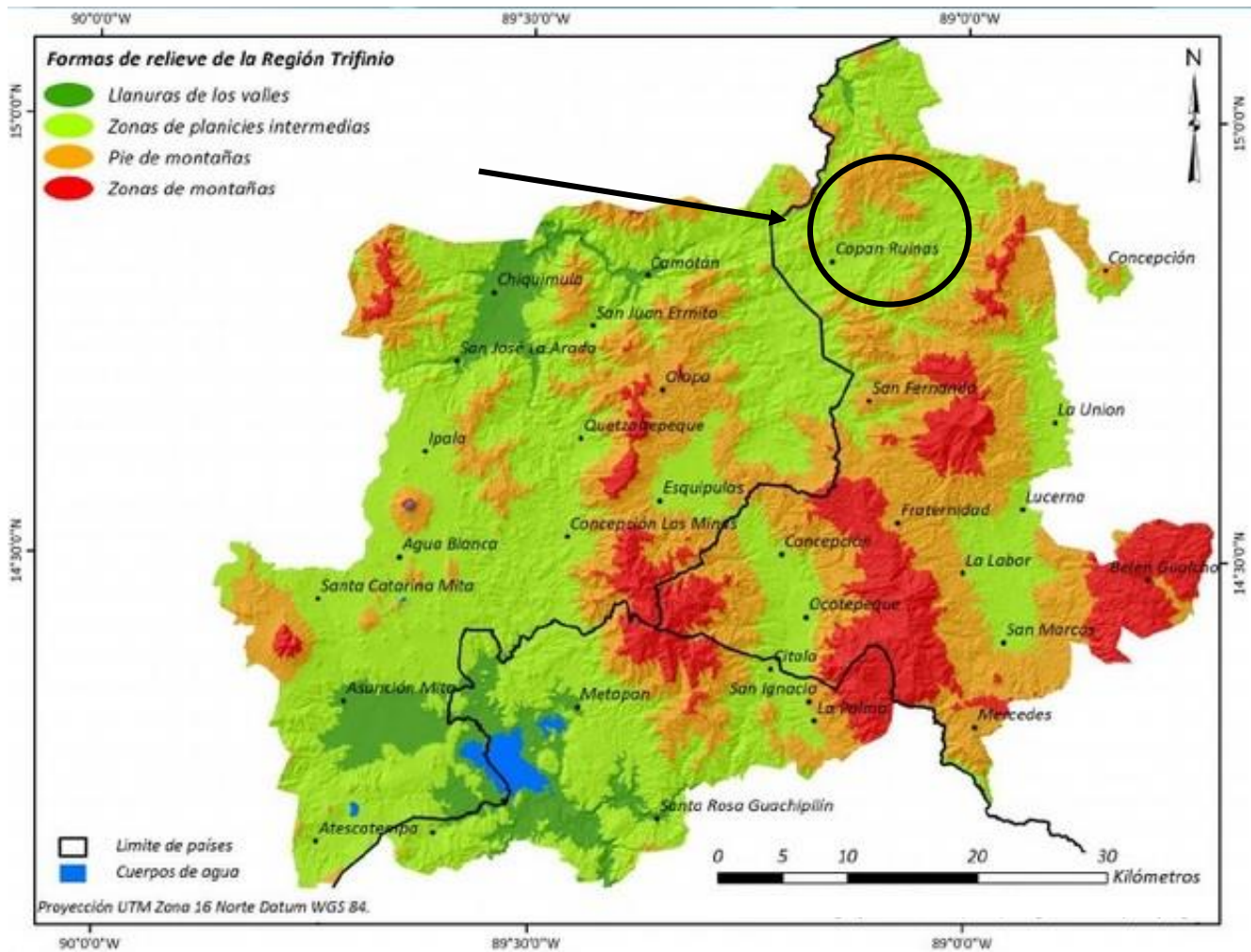


Figura 5. Elevaciones en la región Trifinio: llanuras de los valles: < 750 msnm; planicies intermedias: 750-1250 msnm; pie de montañas: 1251-1750 msnm; zonas de montañas: > 1750 msnm (GIZ y CTPT 2011).

2.2. Identificación de las prácticas agroecológicas más utilizadas por las familias del Trifinio

Esta fase de campo se desarrolló de enero a marzo del 2015. Para ello, con el fin de consultar qué tipo de prácticas agroecológicas se utilizan frecuentemente en la producción de huertos familiares y fincas en la zona del Trifinio, se realizaron encuestas a un total de 40 familias productoras (Anexo 1). De ellas, 20 encuestas fueron aplicadas a familias de Guatemala y 20 a familias de Honduras (cuadro 1), particularmente a líderes comunitarios que tenían al menos dos años de experiencia con el uso de dichas prácticas. Las personas

entrevistadas fueron identificadas con el apoyo de los técnicos de campo del programa MAP-Noruega/CATIE. Con las encuestas se caracterizó el huerto casero recopilando información esencial basada en la utilización de estas prácticas.

Cuadro 1 Comunidades de Guatemala y Honduras donde se realizaron las encuestas

Guatemala			Honduras		
Municipio	Comunidad	No Encuestas	Municipio	Comunidad	No. Encuestas
Olopa	Tituque	2	Copán Ruinas	San Rafael	5
	El Común	4		El Barbasco	3
Quezaltepeque	El Mojón	1		El Tigre	1
	El Recibimiento	1		Sesesmil	4
Camotán	Pashapa	5		Nueva Estanzuela	1
San Juan Hermita	Veguitas	2	La Huertona	1	
	El Mojón	4	El Zapote	2	
Jocotán	Planes de Candelero	1	Santa Rita	La Leona	1
				Buena Vista	1
			Cabañas	Cabañas	1

2.3. Valoración de la efectividad de prácticas agroecológicas con base en criterios agronómicos, de rentabilidad y adoptabilidad comunitaria

Los criterios considerados para la evaluación de las prácticas agroecológicas más importantes utilizadas en los huertos familiares del Trifinio fueron: factibilidad económica, efectividad agronómica y adoptabilidad comunitaria (Arrieta 2015).

El criterio de factibilidad económica se usó como un indicador para determinar el nivel de oportunidades que tienen las familias del Trifinio de autoabastecerse en la compra de materiales para la elaboración de estas prácticas. Su evaluación consistió en consultar a las familias agricultoras qué tan bajo o alto consideraban los costos invertidos en la compra de materiales para su elaboración.

La efectividad agronómica permitió determinar, según la experiencia del agricultor, del técnico de MAP y del investigador, qué tan importante ha sido el impacto de las prácticas en la producción de huertos y fincas. Para su evaluación, los agricultores y las agricultoras respondieron con base en cultivos, cantidades y tipos de prácticas que utilizan frecuentemente.

El criterio de adoptabilidad comunitaria permitió evaluar qué tan fácilmente una práctica puede ser adoptada por parte de las familias agricultoras, considerando la facilidad en conseguir los ingredientes y realizar la práctica, así como su posible efecto multiplicador con otras familias de la zona.

La efectividad de estas prácticas se clasificó mediante criterios y experiencias del agricultor, el técnico del MAP y el investigador del presente estudio en una escala de “1” como la calificación más baja (en el caso de costos de implementación resultó el más alto costo) hasta “4” para un efecto positivo muy marcado (en el caso del costo de implementación este valor indicó una práctica gratuita) (Cuadro 3).

2.4. Evaluación de mejoras adicionales a prácticas agroecológicas usadas en huertos familiares

Esta fase de la investigación se llevó a cabo en Honduras, municipio de Copán Ruinas, departamento de Copán, entre marzo y julio del 2015, en las comunidades de San Rafael y El Barbasco, trabajando con productores indígenas de la etnia maya Chorti. Con los resultados de las encuestas, se priorizaron las 7 prácticas más utilizadas y que han mostrado los mejores rendimientos en los cultivos, a saber: uso de enmiendas como Bocashi, lombricompost, microorganismos eficientes, caldo sulfocálcico, madrifol, biofertilizante supermagro y repelente m5. Estas prácticas formaron la base para definir los tratamientos a ser evaluadas en el cultivo de repollo sembrado a campo abierto, bajo condiciones experimentales en huertos familiares.

Con el fin de evaluar si sería posible aumentar la productividad a costos relativamente bajos, los tratamientos fueron constituidos con las prácticas más utilizadas y que, según criterios del agricultor, el técnico del MAP y el investigador tenían un alto potencial de proporcionar altos rendimientos en la producción agrícola. A su vez, se consideró el uso de prácticas que permitieran emplear materiales disponibles en la comunidad (cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos evaluados durante la segunda etapa de campo; +: Incluye, -: no incluye.

Trat	Abono sólido	Cantidad inicial (kg m ⁻²)	Reabonada 30 ddt (kg m ⁻²)	Cantidad total de abono (kg m ⁻²)	Repelente y abonos líquidos*				
					ME	CS	Mf	BS	Repelente m5
B2	Bocashi (Control)	2	0	2	+	+	+	-	+
B2.5	Bocashi	2	0.5	2.5	+	+	+	+	+
B4.7	Bocashi	4	0.7	4.7	+	+	+	+	+
B7.3	Bocashi	6	1.3	7.3	+	+	+	-	+
L2.5	Lombricompost	2	0.5	2.5	+	+	+	-	+
L2.5	Lombricompost	2	0.5	2.5	+	+	+	+	+
L4.7	Lombricompost	4	0.7	4.7	+	+	+	+	+
L7.3	Lombricompost	6	1.3	7.3	+	+	+	-	+

Notas* (para detalles consultar la sección 2.4.3):

ME: Microorganismos eficientes

CS: Caldo sulfocálcico

Mf: Madrifol (un extracto a base de hojas de *Gliricidia sepium*)

BS: Biofertilizante supermagro

Repelente m5: Mezcla de plantas aromáticas, ajo, cebolla, chile, entre otros

Las mejoras adicionales realizadas a estas prácticas se fundamentaron en las diferentes dosis aplicadas por tratamiento y combinación con otras prácticas de aplicación foliar al cultivo. Para elaborarlas, se tomaron como referencia los procesos y los materiales propuestos por Restrepo (2007) y que a su vez estos materiales fueran de fácil acceso en las comunidades. El repollo se cosechó a los 77 días después del trasplante, cuando más del 80% de las plantas mostraron cabezas sólidas y bien formadas.

Se optó por la utilización de biofertilizante supermagro en los tratamientos con cantidades intermedias de Bocashi y lombricompost con la finalidad de identificar su impacto en el rendimiento de este cultivo. Bajas dosis de enmiendas orgánicas no contemplaron biofertilizante supermagro para identificar si su productividad podría beneficiar a las familias que se dedican a una agricultura de subsistencia. De igual forma, las dosis altas de estas enmiendas no incluyeron el biofertilizante supermagro, ya que esto incrementaría los costos de producción.

Respecto a los restantes biofertilizantes foliares como el madrifol, los microorganismos eficientes y el caldo sulfocálcico utilizados en todos los tratamientos (para detalles en cantidades usadas ver anexo 2), fueron productos que requirieron mínimas inversiones económicas y de tiempo para ser utilizados, lo que también favoreció su adopción por parte de estas familias.

2.4.1. Diseño experimental

El ensayo se estableció mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde se evaluaron diferentes dosis de abono orgánico. Los huertos fueron analizados como bloques y en cada bloque se instalaron 8 tratamientos. A su vez cada tratamiento tuvo 3 réplicas en cada huerto. (Di Rienzo *et al.* 2011).

Para el diseño en campo, cada unidad experimental estuvo conformada por 5.32 m² y 30 tratamientos, los datos fueron obtenidos de una área útil de 2.13 m² tomando únicamente las mediciones de las 12 plantas centrales de cada parcela (resultando 36 plantas por tratamiento por bloque).

Las variables que se evaluaron fueron: rendimiento por metro cuadrado (kg), peso (kg) y circunferencia (cm) por cabeza. La incidencia de daños a las cabezas de repollo ocasionado por plagas se consideró cualitativamente por evaluación visual (figura 6), utilizando la siguiente escala: sin ataque de plaga (0), ataque bajo (1), ataque medio (2) y ataque alto (3).



Figura 6. Clasificación de la intensidad de daños por plagas. Su numeración se muestra en la parte inferior derecha de cada imagen. 0: Sin ataque, 1: Bajo, 2: Medio, 3: Alto.

2.4.2. Selección de huertos experimentales

La selección de los huertos experimentales se realizó tomando en cuenta la motivación, la experiencia y la responsabilidad de los productores, el espacio para el establecimiento de las unidades experimentales, las condiciones ambientales representativas y el acceso a la zona. La elevación de los huertos fue similar y varió de los 840 a 870 msnm, con pendientes que variaron de 8 a 33% entre los diferentes huertos.

2.4.3. Materiales utilizados para la elaboración de las prácticas agroecológicas tomando como referencia los procesos y sugerencias de Restrepo (2007).

Bocashi: pulpa de café semidescompuesta (9 qq), gallinaza (6 qq), tierra fértil (17 qq), semolina (6 qq), estiércol bovino (6 qq), carbón (25 kg), ceniza de fogón (4 kg), melaza (13 l), suero (8 l), microorganismos eficientes obtenidos después de 30 días de fermentación anaeróbica (6 l) y agua hasta obtener una humedad de alrededor de un 15% en toda la mezcla de los diferentes materiales.

Lombricompost: estiércol de vaca (15 qq), pulpa de café semidescompuesta (15 qq), aserrín (15 qq) y agua en un porcentaje de un 15% comprobado mediante la prueba de puño.

Microorganismos eficientes: utilizando la hojarasca de bosque latifoliado en conjunto con semolina después de 30 días de fermentación anaeróbica (40 kg), melaza (8 l) y agua (180 l).

Caldo sulfocálcico: azufre (20 kg) y óxido de calcio (10 kg), agua (100 l). El proceso de elaboración de este producto consiste en la incorporación del azufre mezclado con el óxido de calcio en agua hirviendo.

Madrifol: hojas de *Gliricidia sepium* (20 kg), agua (50 l). Su preparación se basó en la colección de hojas de *Gliricidia sepium* y posteriormente se molieron hasta obtener su extracto para ser combinados con agua.

Biofertilizante supermagro: estiércol de vaca (40 kg), melaza (18 l), roca fosfórica (2.6 kg), sulfato de cobre (300 g), sulfato de magnesio (2 kg), manganeso (300 g), bórax (1.5 kg), sulfato de zinc (2kg), sulfato de potasio (520 gr), agua (200 l).

Repelente m5: ajo (2 kg), cebolla (2 kg), chile picante (2 kg), jengibre (2.5 kg), vinagre (1 gal), microorganismos eficientes (4 l), melaza (4 l), licor (4 l), ruda - *Ruta graveolens* (1 kg), apazote - *Dysphania ambrosioides* (1 kg), zacate de limón - *Cymbopogon citratus* (1 kg), valeriana - *Valeriana officinalis* (1 kg). Estos ingredientes se picaron y mezclaron en un barril en 180 litros de agua durante 15 días.

2.4.4. Preparación del terreno

Con el apoyo de los productores, se procedió a la preparación del terreno. Los suelos fueron poco profundos, pero con altos contenidos de materia orgánica según observación visual y análisis de laboratorio (62 g de materia orgánica por kg de suelo). La preparación se realizó siguiendo principios propuestos por Jeavons (2012) basados en el doble excavado para la producción biointensiva de alimentos. Se removió una primera capa de suelo con piocha a una profundidad de 25 cm y posteriormente se realizó el picado de los próximos 10 cm para formar un área removida de 35 cm de profundidad y facilitar una mayor penetración de las raíces del cultivo.

2.4.5. Muestreo de suelos y abonos sólidos

Para caracterizar suelos, se tomaron cinco submuestras de cada huerto de 0.5 kg cada una a profundidad de 0 a 15 centímetros (Evanylo *et al.* 2008), extrayendo una submuestra de cada esquina y una del centro para obtener mejor representatividad del área muestreada. Posteriormente, las cinco submuestras fueron mezcladas para formar una muestra compuesta de cada huerto y ser enviadas al laboratorio para su respectivo análisis. También se enviaron muestras de 2 kg de abono Bocashi y lombricompost al laboratorio para obtener resultados del contenido nutricional de estos.

2.4.6. Aplicación de abonos sólidos

Los abonos sólidos se aplicaron en forma de surco a chorro continuo con una profundidad no mayor a los 6 cm (Restrepo 2010) según cantidades y tratamientos predefinidos por el investigador, donde, posteriormente serían sembradas las plántulas de repollo. Después de 30 días del trasplante del repollo, se incorporó una segunda aplicación de abono en forma de media luna, dirigido a cada planta, a una distancia de 10 cm de la base del tallo.

2.4.7. Siembra de plántulas

La validación de las prácticas agroecológicas se realizó con un híbrido de repollo (Emblem). Las plántulas de 30 días después de su germinación fueron trasplantadas en marzo del 2015, cinco días después de las aplicaciones del abono sólido. En cada unidad experimental, se sembraron 30 plantas de repollo a 45 centímetros entre planta y distribuidas en tres bolillos.

2.4.8. Fertilización foliar

Para las aplicaciones foliares, se usó una bitácora en la cual se describieron los productos, cantidades y días para su aplicación (anexo 2). Las aplicaciones se hicieron semanales y durante los primeros 30 días de desarrollo del cultivo en campo. Las dosis en las aplicaciones fueron bajas para evitar posibles daños de quemadura en el cultivo, utilizando 0.50 l de microorganismos eficientes, 0.25 l de caldo sulfocálcico, 0.5 l de madrifol y 0.25 l de biofertilizante multimineral diluidos en 18 l de agua aplicado a 720 plantas. A partir de los 30 días del trasplante, las dosis de todos los productos se duplicaron.

2.4.9. Control de insectos

Para el control de insectos que podrían ocasionar un problema en el cultivo, se utilizó un repelente natural a base de plantas aromáticas, ajo, chile picante, cebolla y jengibre como preventivo de uso cotidiano en las comunidades preparado por los mismos productores. Inicialmente se usó una dosis de 0.5 l diluidos en 18 l de agua, después de 30 días de establecido en campo el cultivo, la dosis se aumentó a 1 l y las aplicaciones variaron entre una y dos veces por semana dependiendo de la incidencia de insectos plagas, que generalmente fue considerado en niveles permisibles, ya que los daños no ocasionaron pérdidas económicas.

2.4.10. Cosecha

La cosecha se realizó 11 semanas después del trasplante, cuando había una formación completa y sólida de las cabezas de al menos el 80% del cultivo.

2.4.11. Análisis Costo-Beneficio

Los costos e ingresos de las prácticas agroecológicas fueron calculados por metro cuadrado. Una parte de los materiales se consiguieron de manera gratuita y localmente tales como estiércol de vaca, ceniza, tierra fértil, carbón, suero, hojas de madreado, plantas aromáticas, chile picante, entre otros y su colección se realizó en las inmediaciones del sitio evaluado; por lo tanto, los costos incluidos fueron la mano de obra para la colección, la preparación y la aplicación más el costo de insumos externos como el azufre y otros minerales utilizados en la elaboración de los biofertilizantes, la melaza, la semolina, la pulpa de café, y la gallinaza.

El costo de mano de obra fue basado en el salario de mano de obra no calificada de la localidad, el cual fue equivalente a USD 4.76 por día de 8 horas de trabajo. El precio del repollo fue fijado a USD 0.63 por kg para calcular la relación de costo beneficio. Para el cálculo de los costos eficientes, una medida que indicó los ingresos totales, no se contempló los costos de mano de obra invertida de un agricultor en vista de que en muchos casos en las comunidades únicamente se emplea la mano de obra familiar. En esta sección, los costos calculados fueron por la compra de materiales para la elaboración de las prácticas. El ingreso bruto (IB) por metro cuadrado fue calculado multiplicando el promedio de la producción de cada tratamiento con el precio por kg. El beneficio neto se obtuvo restando la inversión del ingreso bruto.

El beneficio sobre el control para cada tratamiento se obtuvo restando los ingresos brutos del tratamiento control a los ingresos brutos de los tratamientos restantes (Amoabeng *et al.* 2014). El flujo neto se obtuvo restando los costos eficientes del ingreso bruto. Finalmente, la relación costo beneficio se calculó dividiendo el beneficio neto entre los costos requeridos en cada m² (Aziz *et al.* 2012). La moneda de Honduras, lempiras (Lps) fue convertida en dólares a una tasa de cambio de USD 1= Lps 21 en el tiempo de la investigación.

2.4.12. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA, $\alpha \leq 0.05$), haciendo uso del programa InfoStat, se empleó análisis de modelos lineales generales y mixtos, tomando como efectos fijos los tratamientos y como efectos aleatorios el bloque y las repeticiones. Para detectar posibles diferencias estadísticas entre medias, se utilizó la prueba de LSD Fisher (Di Rienzo *et al.* 2011). Utilizando el mismo *software*, también se realizó un análisis de regresión lineal

para las variables peso por cabeza (variable dependiente) y circunferencia (variable independiente o regresora) para poder predecir el peso de las cabezas de repollo basado en una medición de circunferencia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de las prácticas agroecológicas más utilizadas

Las prácticas agroecológicas más utilizadas por las familias en el territorio Trifinio fueron caldo sulfocálcico, Bocashi, compost a base de residuos de cocina y microorganismos eficientes (figura 6). De todos los entrevistados, el 60% fueron hombres y el 40% mujeres que estaban directamente vinculados a las actividades agrícolas. Según Ibnouf (2013), en regiones como Sudán, África, el rol de la mujer en las actividades productivas es de mucha importancia, ya que las mujeres utilizan los huertos familiares para proteger la seguridad alimentaria de sus familias, un caso no aislado a la realidad de las familias del Trifinio de acuerdo con los resultados de la presente investigación.

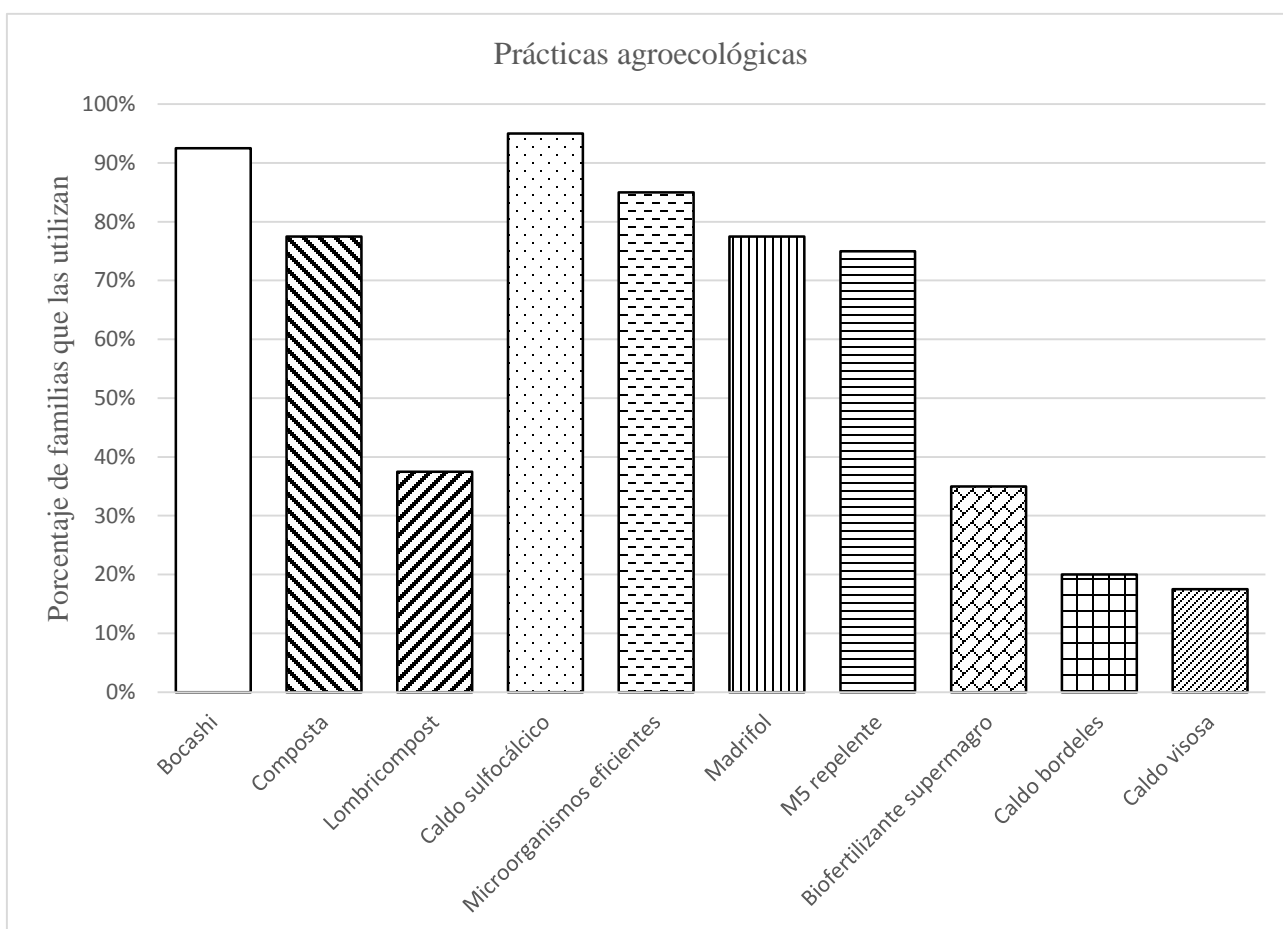


Figura 7 Porcentaje de familias encuestadas que utilizan prácticas agroecológicas en el Trifinio (Guatemala y Honduras) con base en 40 encuestas.

Los rangos de edad de los entrevistados variaron entre los 23 y 71 años y el tiempo promedio de experiencia con el uso de estas prácticas de producción agroecológica fue de 6 años, lo que está reflejando un cambio de actitudes en la adopción de estas técnicas para una producción más limpia y amigable con el ambiente. Estas prácticas, principalmente enmiendas orgánicas como Bocashi, lombricompost y compost a base de residuos vegetales, han sido de gran apoyo a las familias del Trifinio, ya que les han permitido producir hortalizas en zonas áridas con limitada disponibilidad de agua y tierra; estas prácticas han sido centrales para lograr relativamente altos rendimientos y generar ingresos extras (Fajardo 2015).

Los resultados mostraron también la predominancia de aquellas prácticas que generalmente requieren del uso de materiales locales o de fácil acceso para las familias, sobre todo enmiendas como Bocashi, compost a base de residuos sólidos y foliares tales como el madrifol. Esto se debió a que muchas de las familias entrevistadas practican una agricultura de subsistencia y no una agricultura netamente comercial, por lo cual han ido adoptando las prácticas que consideran más apropiadas a su situación, lo cual promueve una agricultura que reduce la degradación de los suelos, mitiga los efectos de las sequías y reduce los costos de producción (Lahmar *et al.* 2012). Muchas de esas prácticas agroecológicas han demostrado su eficiencia a largo plazo con una mayor estabilidad productiva, lo cual estimula la seguridad alimentaria de las familias rurales a la vez que mejoran sus ingresos económicos (Altieri y Nicholls 2010).

3.2. Valoración de la efectividad de las prácticas agroecológicas

Según los criterios de efectividad agronómica, adoptabilidad comunitaria y costo de implementación, las prácticas más valoradas fueron el compost a base de residuos de cocina con una puntuación de 100%, seguida por el madrifol con 94% y el lombricompost con 92%. Por otro lado, los que obtuvieron la puntuación más baja, pero también aceptable de acuerdo al porcentaje resultante fueron los caldos bordelés y visosa, así como el repelente m5 con una calificación de 75% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valoración de prácticas agroecológicas usadas en Trifinio según criterios y experiencias del agricultor, del técnico acompañante del MAP-Noruega/CATIE y el investigador del presente estudio.

No	Prácticas Agroecológicas	Valoración de la efectividad de la práctica (1 - 4) según:									Valoración general de prácticas		
		*Agronómica			**Adoptabilidad Comunitaria			***Costo económico de implementación					
		Agri	Tecn	Inve	Agri	Tecn	Inve	Agri	Tecn	Inve			
Sólidos	1	Bocashi	4	3	3	4	4	4	3	2	2	29 (81%)	
	2	Composta	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36 (100%)	
	3	Lombricompost	4	4	4	4	4	4	3	3	3	33 (92%)	
	4	Caldo sulfocálcico	4	4	3	4	4	4	3	2	2	30 (83%)	
	5	Microrganismos eficientes	4	3	3	4	4	4	3	2	2	29 (81%)	
	6	Madrifol	4	3	3	4	4	4	4	4	4	34 (94%)	
	7	Repelente m5	3	3	3	4	4	4	2	2	2	27 (75%)	
	Líquidos	8	Biofertilizante supermagro	4	4	4	4	4	4	2	2	2	30 (83%)
		9	Caldo bordelés	3	3	3	4	4	4	2	2	2	27 (75%)
		10	Caldo visosa	3	3	3	4	4	4	2	2	2	27 (75%)
Promedio de valoración		4	3	3	4	4	4	3	3	3			
*Valoración Agronómica 1=Regular, 2=Buena 3=Muy buena, 4=Excelente		**Valoración en Adoptabilidad Comunitaria 1=Bajo, 2=Medio, 3=Alta, 4=Muy alta						***Costo económico de implementación 1= Alto, 2=Medio, 3=Bajo, 4= Gratis					

En promedio, la valoración más alta (4) para la efectividad agronómica de las prácticas agroecológicas fue proporcionada por los agricultores, mientras que el técnico del proyecto MAP y el investigador del presente estudio asignaron una valoración de (3), lo que significó una percepción muy positiva desde el punto de vista productivo reflejado a través de la utilización de estas prácticas. La valoración asignada por estos dos últimos probablemente no resultó con la más alta puntuación debido a que las expectativas son mucho más ambiciosas en el contexto de productividad; sin embargo, estas prácticas no dejan de ser importantes en el mejoramiento de la producción agrícola. Según Altieri y Nicholls (2013), la utilización de prácticas agroecológicas crean sistemas agrícolas más eficientes debido al mayor aprovechamiento de las interacciones naturales presentes en estos sistemas.

La “adoptabilidad comunitaria” de estas prácticas fue calificada como “muy alta” por parte de los tres grupos evaluadores, reflejando la gran facilidad que tienen las prácticas agroecológicas de ser implementadas por los agricultores. De acuerdo con Shiferaw *et al.* (2009), la preocupación de los pequeños agricultores frente a la problemática de degradación de suelos, escasez de agua y cambios drásticos en el clima los obliga a adoptar nuevas estrategias de mitigación incluyendo prácticas agroecológicas.

En relación con la factibilidad económica de las prácticas agroecológicas, mostró que aquellas prácticas que tenían mayores costos, principalmente las de aplicación foliar, eran menos utilizadas por los productores. Esto pudo deberse probablemente a la falta de un efecto muy evidente en la productividad y a las limitantes económicas de las familias del Trifinio; que, según Artiga (2003), el 70% de la población habita las áreas rurales y de estas alrededor del 53% viven en extrema pobreza. Es importante destacar que, para la compra de materiales, la estrategia de las familias se basa en compras colectivas entre miembros de la misma comunidad, lo que abarata los costos y permite la utilización de estas prácticas.

Estas evaluaciones, que incluyen la participación de productores, técnicos e investigadores, de acuerdo con Trupp (1999), resultan ser más exitosas ya que involucran criterio de personas con diferente nivel educativo y las vuelve más participativas. No obstante, de acuerdo con las condiciones económicas de cada familia, las percepciones sobre los costos económicos de implementación de estas prácticas pueden variar. Para una familia con ciertos ingresos de la venta de una parte de su producción, es más factible comprar materiales para la elaboración de algunas prácticas en comparación con familias que por sus limitaciones económicas se dedican a una agricultura de subsistencia.

En la presente investigación, el técnico respectivo y el investigador coincidieron en todas las evaluaciones proporcionadas a las diferentes valoraciones de las prácticas. Esto se debió probablemente al conocimiento adquirido a través de los monitoreos de diferentes experiencias familiares que, si bien es cierto, un buen porcentaje de las familias ha tenido exitosas, otra proporción aún se encuentra en proceso de mejoramiento. Las mayores discrepancias entre el técnico y el investigador con respecto al agricultor se dieron para las prácticas de Bocashi, caldo sulfocálcico y microorganismos eficientes donde los agricultores dieron valores superiores a la efectividad agronómica (4), mientras que los técnicos y el investigador asignaron valores menores (3). Esto probablemente estuvo relacionado con una percepción más enfocada a una producción comercial. En ese sentido y como ha sido de mención anterior, las familias utilizan estas prácticas como un medio para promover agricultura a pequeña escala de autoconsumo.

Sorprendentemente, las prácticas valoradas más altamente, i.e. compost, lombricompost y madrifol, no resultaron ser las más utilizadas. Esta discrepancia puede ser explicada por el hecho de que, para los dos tipos de compost, se requiere de mayor tiempo en su descomposición para obtener el abono final. Para madrifol, su extracto se obtiene de *Gliricidia sepium*, una planta caducifolia que pierde sus hojas en las épocas más secas del año (normalmente de febrero a abril en la región), limitando así su utilización constante a lo largo del año.

3.3. Evaluación de mejoras adicionales a las prácticas agroecológicas más usadas en huertos familiares

Todos los tratamientos evaluados proporcionaron rendimientos satisfactorios en el cultivo de repollo (Figura 9). Sin embargo, el análisis de varianza inicial para los cuatro huertos no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables de respuesta, sobre todo por la gran variabilidad de los datos del huerto cuatro que no fue consistente con los patrones de los huertos restantes. El huerto 4 mostró una heterogeneidad en rendimientos entre los tratamientos, ocasionada por el efecto de sombra en algunas de sus parcelas que afectaron principalmente al tratamiento 4. Posiblemente, los resultados fueron también afectados por la falta de seguimiento en el protocolo de aplicaciones de productos foliares por parte del productor y por el incremento en el ataque de plagas al cultivo. Por estas razones, este huerto fue excluido del análisis de varianza de los resultados. No obstante, más adelante se destacan algunos resultados selectos del huerto 4 que no fueron afectados por los factores mencionados y que complementan resultados de los otros huertos.

3.4. Rendimiento por metro cuadrado

De los datos obtenidos en los 4 huertos, el mayor rendimiento fue proporcionado por el T8 en los huertos 4 y 2, superando al control en 24 y 25% respectivamente. En contraste, los rendimientos más bajos resultaron en el T5 seguido del testigo en el huerto 3 (figura 8).

El repollo es un cultivo con altos requerimientos de agua, en ese sentido los bajos rendimientos del huerto 3, probablemente estuvieron asociados con la baja frecuencia de riegos efectuados como respuesta del limitado acceso a fuentes de agua. Esto también fue corroborado por un sabor amargo presente en las plantas de este huerto (JD Aguilar, observación personal). Según Radovich *et al.* (2005), la falta de agua reduce los rendimientos y aumenta los compuestos responsables de sabores amargos en este cultivo.

Comparando los tratamientos con tendencias consistentes de los 4 huertos, se observó un patrón ascendente comparando el T3 respecto al tratamiento control, lo mismo sucedió al comparar el T4 respecto al T3 a excepción del huerto 4. Tendencias similares en el incremento de producción se observaron comparando el T7 respecto al T5 con excepción del huerto 4, así como los aumentos del T8 respecto al T7. Este patrón de aumento en la productividad probablemente estuvo asociado con los incrementos graduales en las cantidades de abono orgánico Bocashi y lombricompost, como respuesta a suelos poco profundos encontrados en los huertos.

Como es observable en la figura 8, el huerto 4 fue el que no mostró tendencias similares respecto a los demás huertos, probablemente como consecuencia de la mayor incidencia del ataque de plagas, principalmente de *Plutella xylosteya*, la cual ocasionó daños altos al 43%

de las cabezas de repollo cosechadas (figura 6). Afortunadamente, estos daños no impidieron la cosecha total en este huerto, puesto que únicamente afectó a las primeras hojas envolventes del cultivo. Según Waiganjo *et al.* (2011), los daños de esta plaga pueden lograr la pérdida de hasta un 100% de la producción y su efecto se puede manifestar en cualquier etapa de su desarrollo.

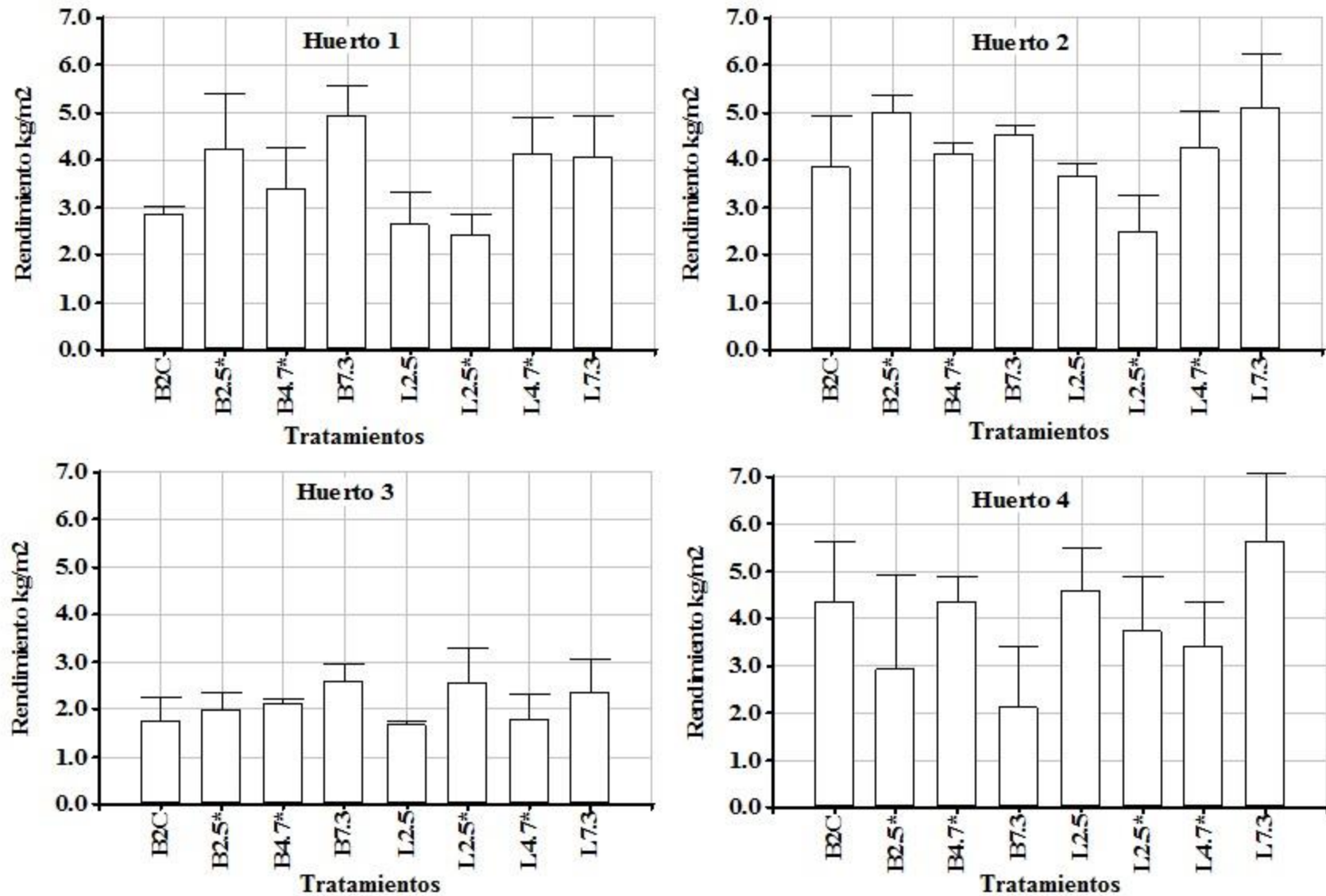


Figura 8. Rendimiento de repollo por metro cuadrado en 4 huertos 11 semanas después del trasplante. Barras representan error estándar; C: Control, B: Bocashi; L: Lombricompost; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Números en eje “x” representan cantidades de abono utilizadas (kg m^{-2}).

Considerando los patrones erráticos en el huerto 4, sus datos fueron excluidos del análisis detallado que se discutirá en el resto de este trabajo de investigación. El ANAVA aplicado a los 3 huertos restantes permitió identificar que el B 7.3 y L7.3 fueron estadísticamente más altos en rendimiento, seguido por el B 2.5, que fue estadísticamente similar al L 4.7 y B 4.7. Finalmente, el L 2.5 y L 2.5 mostraron los menores rendimientos, similares al tratamiento testigo (Cuadro 4).

Cuadro 2. Efectos de prácticas agroecológicas (tratamientos) sobre rendimiento, peso por cabeza y circunferencia de repollo, cosechado 11 semanas después de la siembra en julio de 2015 en Copán Ruinas, Copán, Honduras

Tratamiento	Rendimiento (kg m ⁻²)	Peso (kg cabeza ⁻¹)	Circunferencia (cm cabeza ⁻¹)
T1: B 2 kg m⁻² (Testigo)	2.8 ± 1.4 bc	0.5 ± 0.3 bcd	34.4 ± 6.7 abc
T2: B 2.5 kg m⁻²*	3.7 ± 1.8 ab	0.8 ± 0.4 a	37.9 ± 7.7 a
T3: B 4.7 kg m⁻² *	3.2 ± 1.2 abc	0.7 ± 0.3 abcd	36.2 ± 7.0 abc
T4: B 7.3 kg m⁻²	4.0 ± 1.3 a	0.8 ± 0.4 ab	37.0 ± 7.5 ab
T5: L 2.5 kg m⁻²	2.7 ± 1.1 c	0.6 ± 0.3 cd	33.5 ± 5.8 bc
T6: L 2.5 kg m⁻²*	2.5 ± 1.0 c	0.5 ± 0.3 d	32.4 ± 6.2 c
T7: L 4.7 kg m⁻²*	3.4 ± 1.6 abc	0.7 ± 0.3 abcd	35.0 ± 7.7 abc
T8: L 7.3 kg m⁻²	3.9 ± 1.8 a	0.7 ± 0.4 abc	36.3 ± 7.1 ab
P	<0.025**	<0.029**	0.104

Medias dentro de las columnas con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05) **= significancia; ±: desviación estándar; *: incluye biofertilizante supermagro



Figura 9. Desarrollo y cosecha de repollo utilizando prácticas agroecológicas logrando rendimientos de 2.50 a 4.02 kg m⁻² en 11 semanas de cultivo en huertos familiares de las comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras en junio del 2015.

Esta investigación apoya que índices altos en aplicaciones de estos abonos mantienen o incrementan la producción de repollo e incluso la de otros cultivos con los que no se experimentó como brócoli y berenjena, pero que sí han sido estudiados por Chan *et al.* (2011).

Los incrementos en la producción fueron particularmente evidentes en los tratamientos con aplicaciones de Bocashi, posiblemente debido al mayor contenido nutricional de este abono, sobre todo en los elementos de fósforo, calcio, magnesio, cobre, zinc y boro (Cuadro 5). Sin embargo, estos contenidos nutricionales pueden variar e incluso mejorar según las materias primas utilizadas en su elaboración y el tipo de microorganismos presentes en el proceso de compostaje (Bernal *et al.* 2009; Hachicha *et al.* 2009; Partanen *et al.* 2010; Magrini *et al.* 2011).

Cuadro 3. Propiedades químicas de los abonos sólidos. Boc: Bocashi, Lom: Lombricompost, a: % con base en materia seca, b: % con base en materia húmeda.

Abono	Id	pH	Relación C/N	MO	C Org.	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
				%											ppm	
Boc	A	8.0	9.4	17.2	9.5	1.0	0.6	1.1	0.8	0.7	0.8	2290	642	40.0	170	24.0
	B			16.7	8.6	1.0	0.6	1.0	0.7	0.6	0.7	2086	585	36.5	155	21.9
Lomb	A	7.8	18.2	31.6	17.4	1.0	0.3	1.5	0.1	0.5	0.8	2320	860	29.0	137	21.0
	B			18.3	10.1	0.5	0.2	0.8	0.0	0.3	0.5	1342	497	16.8	79	12.2

Por otro lado, los tratamientos que recibieron aplicaciones de biofertilizante supermagro; B2.5*, B4.7*, y L4.7* aumentaron su rendimiento conforme al tratamiento testigo en 31, 13 y 19% respectivamente. En ese sentido, Araújo *et al.* (2008) y Cavalcante *et al.* (2011), demostraron que aplicaciones de este biofertilizante pueden aumentar los niveles de boro, cobre, manganeso y zinc, los cuales se mostraron en niveles medios y bajos en los suelos (Cuadro 6). Inesperadamente el L2.5* que también incluyó este biofertilizante disminuyó el rendimiento en un 12% respecto al tratamiento testigo, lo que sugiere que cantidades iguales o menores a 2.5 kg m⁻² de lombricompost no justificaron el uso del biofertilizante supermagro.

Cuadro 4. Características químicas de los suelos en los huertos del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Honduras en muestras tomadas a profundidades de 0 a 15 cm; niveles A: alto, M: Medio, B: Bajo según laboratorio de suelos de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) 2015.

Huerto	PH	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		g/kg		mg/kg					mg/dm ³				
Huerto I	7.2 A	59.1 A	3.0 M	20 M	341 A	5270 M	370 A	. B	7.6 M	7.2 M	0.4 B	4.1 M	. B
Huerto II	5.7 M	53.5 A	2.7 M	2 B	304 A	1450 M	166 M	. B	41.6 A	64.1 A	1.7 A	3.6 M	. B
Huerto III	6.2 M	72.4 A	3.6 M	2 B	480 A	5270 M	447 A	. B	18.8 A	13.7 A	0.4 B	0.7 B	. B

El tratamiento testigo, al cual se aplicaron las prácticas comúnmente utilizadas por los agricultores (según resultados de encuestas), produjo en promedio 2.83 kg m⁻² una productividad aceptable considerando que el rendimiento promedio de repollo a nivel nacional para el año 2013 fue de 31.49 t/ha, lo cual refleja una producción promedio de 3.15 kg m⁻² (Faostat 2014). No obstante, estudios realizados por la FHIA (2009) reportaron rendimientos de la variedad de repollo “Emblem” bajo métodos de producción convencional de 5.4 kg m⁻², a un costo de producción que rodea los 0.44 USD m⁻² (FHIA 2012). En ese sentido, en el presente estudio los rendimientos más altos los obtuvo el B7.3, seguido del L7.3 con 4.02 y 3.86 kg m⁻² respectivamente, pero a su vez estos fueron los tratamientos que recibieron las mayores cantidades de abono orgánico (los costos de producción se muestran en el cuadro 7).

Estos resultados también difieren de los encontrados por Chan *et al.* (2011) quienes realizaron una sola aplicación de compost utilizando 12.5 kg m⁻² en la producción consecutiva de brócoli, berenjena y repollo respectivamente y obtuvieron rendimientos en este último de 1.61 kg m⁻². Casado-Vela *et al.* (2006) no encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción de coliflor obteniendo un rendimiento de 12.5, 17.2, 15.7, 17.2 g, utilizando dosis de 0, 1, 2 y 4 kg m⁻² de compost respectivamente.

La variación de rendimientos en esta investigación que osciló de 2.50 a 4.02 kg m⁻², significaría una producción anual de 10 a 16.08 kg m⁻² respectivamente durante cuatro ciclos consecutivos al año, proporcionando la disponibilidad de 192 a 309 g/repollo/semana/persona; no obstante, estos resultados pueden estar sujetos a cambios, sea para incrementos o reducciones en la producción, dependiendo de las condiciones climáticas, acceso al agua y condiciones de fertilidad en los suelos. Estos datos se asemejan a las producciones de vegetales en organopónicos obtenidas en Cuba, que ha dado el potencial de rendimiento anual de hasta 20 kg m⁻² (Altieri *et al.* 1999; Novo y Murphy 2000; Altieri *et al.* 2012) con la incorporación de 10 kg m⁻²/año de compost distribuida por rotaciones de cultivos (Rodríguez *et al.* 2007).

El uso de mayores cantidades de abonos orgánicos puede ser particularmente justificable en suelos menos fértiles que aquellos empleados para los experimentos en el presente trabajo, en ese sentido, los aumentos en dosis de abono Bocashi y lombricompost favorecieron los incrementos de materia orgánica, lo cual representa una inversión importante para la recuperación a mediano y largo plazo de la fertilidad de suelos degradados. Es importante anotar que estos abonos orgánicos también favorecen el desarrollo de la biomasa microbiana y de enemigos naturales (Birkhofer *et al.* 2008), contribuyendo de esta manera a la adopción de prácticas agrícolas deseables para el establecimiento de territorios climáticamente inteligentes en la región.

No obstante, dosis mayores a 5 kg por m⁻² de abono pueden no ser siempre una opción factible para algunas familias, ya que la elaboración de altas cantidades de estas enmiendas, implican la inversión de amplias jornadas de trabajo. Muchas de estas familias centran su preocupación exclusivamente en la producción de cultivos a corto plazo, por lo que estas cantidades de enmiendas orgánicas pueden ser inusuales, a pesar de obtener grandes beneficios a largo plazo. Es conocido que este tipo de enmienda repercute positivamente en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, haciendo mejor frente a las problemáticas asociadas al cambio climático debido a su capacidad en la retención de agua (Weber *et al.* 2007).

A lo largo de los años, el potencial productivo de estos abonos han sido subestimados por una parte del sector agrícola debido a la poca o ninguna experiencia en el uso de estas prácticas, a pesar de ello también se ha evidenciado un constante interés por parte de muchas familias y agricultores interesados en la conversión de sistemas convencionales a modelos productivos con enfoques agroecológicos (Lamine y Bellon 2009), ya que el uso de estas enmiendas orgánicas aplicadas a los suelos permiten minimizar la necesidad por fertilizantes sintéticos.

Particularmente las familias del sector Trifinio con apoyo del proyecto MAP-Noruega/Catie, están realizando esfuerzos para contrarrestar la crisis de la inseguridad alimentaria y nutricional a través de la implementación de prácticas de producción más sostenibles y económicamente rentables con enfoque de una agricultura climáticamente inteligente para la producción de sus alimentos. El propósito se fundamenta en crear conciencia de que con el uso de estos enfoques los daños al ambiente disminuyen y se hace mejor frente a la problemática del cambio climático, principalmente de sequía (Pimentel *et al.* 2005). Estos daños se han incrementado en los últimos años en la región y han repercutido negativamente en los sistemas productivos. Según Altieri y Nicholls (2008), se especula que estos efectos pueden reducir hasta en un 50% la producción de alimentos en zonas afectadas por sequías.

El análisis de costo beneficio (cuadro 7) mostró que las mayores inversiones fueron requeridas en los tratamientos que incluyeron abono Bocashi, siendo el B7.3 el de mayor inversión con 0.40 USD m⁻², pero a su vez generó un beneficio neto de 2.13 USD m⁻². La compra de materiales como gallinaza, semolina, melaza y principalmente la mano de obra invertida en la preparación del Bocashi fueron los principales costos que influyeron en el encarecimiento de esta práctica, en ese sentido Amoabeng *et al.* (2014) mencionaron que la labor asociada a la recolección y la elaboración de prácticas ecológicas incrementa los costos finales en la producción. Finalmente, el L2.5 (T5) fue el que requirió la menor inversión con 0.21 USD m⁻², pero a su vez el beneficio proporcionado fue de 1.46 USD m⁻².

Cuadro 5. Análisis beneficio-costo en la producción de repollo con el uso de prácticas agroecológicas. B: Bocashi; L: Lombricompost; C: Control; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras, 2015.

Tratamiento	Costo Totales (USD m ⁻²)	Costos Eficientes (USD m ⁻²)	Rendimiento (kg m ⁻²)	Ingreso bruto (USD m ⁻²)	Beneficio neto (USD m ⁻²)	Beneficio sobre control (USD m ⁻²)	Flujo Neto (USD m ⁻²)	Relación costo beneficio
T1: B 2 kg m⁻² (Control)	0.24	0.10	2.8 ± 1.4 bc	1.8 ± 0.9 bc	1.6 ± 0.9 abc	0	1.7 ± 0.9 bc	1: 6.4 ± 3.6 abc
T2: B 2.5 kg m⁻²*	0.29	0.12	3.7 ± 1.8 ab	2.3 ± 1.1 ab	2.1 ± 1.1 ab	0.5	2.2 ± 1.1 ab	1: 7.1 ± 3.9 ab
T3: B 4.7 kg m⁻² *	0.36	0.15	3.2 ± 1.2 abc	2.0 ± 0.8 abc	1.7 ± 0.8 abc	0.1	1.9 ± 0.6 abc	1: 4.6 ± 2.1 c
T4: B 7.3 kg m⁻²	0.40	0.19	4.0 ± 1.3 a	2.5 ± 0.8 a	2.1 ± 0.8 a	0.6	2.3 ± 0.8 a	1: 5.3 ± 2.0 bc
T5: L 2.5 kg m⁻²	0.21	0.09	2.7 ± 1.1 c	1.7 ± 0.7 c	1.5 ± 0.7 bc	-0.1	1.6 ± 0.7 c	1: 7.0 ± 3.2 abc
T6: L 2.5 kg m⁻²*	0.25	0.10	2.5 ± 1.0 c	1.6 ± 0.6 c	1.3 ± 0.6 c	-0.2	1.5 ± 0.6 c	1: 5.3 ± 2.5 bc
T7: L 4.7 kg m⁻²*	0.27	0.11	3.4 ± 1.6 abc	2.1 ± 1.0 abc	1.9 ± 1.0 abc	0.3	2.0 ± 1.0 abc	1: 6.9 ± 3.8 abc
T8: L 7.3 kg m⁻²	0.26	0.12	3.9 ± 1.8 a	2.4 ± 1.1 a	2.2 ± 1.1 a	0.6	2.3 ± 1.1 ab	1: 8.3 ± 4.4 a
P	-	-	<0.025**	<0.024**	0.068	-	<u>0.046**</u>	<u>0.070</u>

En cada columna las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); **: significancia; ±: desviación estándar.

El beneficio neto no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados; no obstante, los más altos beneficios generados con las prácticas agroecológicas por metro cuadrado se reportaron en el L7.3 con 2.16 USD m⁻², mientras el más bajo beneficio fue reportado con 1.33 USD m⁻² en el L2.5* (T6). La misma tendencia ocurrió cuando se comparó el beneficio de cada tratamiento sobre el control. Cabe mencionar que el análisis económico del presente trabajo no tomó en cuenta otros importantes beneficios generados con el uso de estas prácticas agroecológicas, tales como la retención de agua y la mejora en las características físicas, químicas y biológicas en los suelos, pero sí fueron considerados por Aggelides y Londra (2000) y Lotter *et al.* (2003).

La relación costo beneficio en esta investigación varió de 1:4.62 a 1:8.32, lo cual indicó que las prácticas agroecológicas utilizadas resultaron en importantes retornos con relación a la inversión. Según Amoabeng *et al.* (2014) una relación de costo beneficio mayor a uno indica la efectividad económica de los tratamientos. No se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos con relación al costo beneficio, sin embargo, las tendencias se inclinaron más a favor de los tratamientos con lombricompost; que, a pesar de no obtener los mejores rendimientos, presentó costos de producción ligeramente menores en comparación con los que incluyeron Bocashi. Así y en vista de que todos los tratamientos mostraron una relación de costo beneficio mayor a uno, los agricultores tienen una gama de opciones para seleccionar el tratamiento que mejor se adapte a sus condiciones económicas y de sistemas productivos.

El costo beneficio calculado en este estudio fue más alto que los obtenidos por otros autores. Por ejemplo Chan *et al.* (2011) encontraron una relación costo beneficio de 1:3.36 con aplicaciones de 12.5 kg m⁻² de compost en la producción de cinco cultivos consecutivos (coliflor, berenjena, repollo, chile y puerro), mientras que Sgroi *et al.* (2015b) hallaron una relación de 1:1.18 en la producción de aceituna orgánica comparada con las producidas bajo sistemas convencionales.

Las mayores relaciones de costo beneficio en esta investigación están explicadas por los bajos costos de mano de obra y la utilización de diferentes materiales disponibles en forma local y gratuita para la elaboración principalmente de Bocashi y lombricompost. A pesar de que los costos totales incrementaron más del doble en comparación con los costos eficientes, producto del tiempo invertido por mano de obra, la relación de costo beneficio se mantuvo alta.- Esto es debido a que los costos de mano de obra rural pagados por persona al día en Honduras son muy bajos y oscilan alrededor de los 4.76 USD, muy similar también a los costos de mano de obra en Guatemala que son de 4 USD (Shriar 2002), salarios muy inferiores si se comparan con otros países de la región centroamericana como Costa Rica, donde el salario para un peón en agricultura es de 17.8 USD por día (MTSS 2015).

Visto desde el punto de vista de agricultura familiar, los costos eficientes invertidos en cada uno de estos tratamientos pueden resultar fácilmente accesibles a las familias rurales del Trifinio y proporcionar rendimientos aceptables para su autoconsumo en la producción de hortalizas, especialmente repollo. En el presente trabajo, el repollo fue vendido al mismo precio e incluso un precio menor que al producido convencionalmente, debido principalmente al tamaño logrado. Si al repollo se le pudiera asignar un precio superior como producto orgánico, esto podría corresponder en los aumentos de los beneficios económicos, favoreciendo mayormente la economía de estas familias. En ese sentido, Copán Ruinas, Copán representa una fuerte oportunidad para la implementación de mercados orgánicos debido a su fuerte influencia de turismo extranjero, siendo esta localidad el principal recurso turístico en Honduras (Hernández 2013).

3.5. Peso por cabeza

Las variaciones en los pesos promedios de las cabezas de repollo por tratamiento en los diferentes huertos oscilaron entre 0.38 kg el peso mínimo en el huerto 3 (T-control) a 1 kg el peso máximo en el huerto 1 (B7.3). Al realizar el análisis en conjunto, el B2.5* manifestó el mayor peso promedio por cabeza con 0.83 kg (rango de 0.75 a 0.94 kg) (Figura 10), y fue estadísticamente diferente del L2.5, T-control y L2.5*. No obstante, estos últimos son estadísticamente similares entre sí y mostraron los promedios en peso por cabeza más bajos; 0.51, 0.51 y 0.57 kg respectivamente (Cuadro 4).

El peso promedio de las cabezas de repollo de los tres huertos evaluados conjuntamente, no superó los 0.83 kg, debido probablemente a la falta de riegos consecutivos, producto de la escases de agua en la localidad. En ese sentido, los datos de precipitación durante el ciclo del cultivo fueron de 56, 9 y 221 mm para los meses de abril, mayo y junio respectivamente (datos proporcionados según la estación meteorológica de alerta temprana en la comunidad de San Rafael, Copán Ruinas, Honduras).

En la presente investigación, el desarrollo del cultivo concordó con la etapa más crítica del verano, lo que explica los bajos resultados en los pesos de los repollos. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio fueron más altos que los conseguidos por Olaniyi y Akanbi (2008), quienes lograron rendimientos promedios de 0.58 kg por cabeza de repollo con la utilización de compost con diferentes procesos de elaboración. No obstante, los resultados de este estudio fueron a su vez más bajos que los obtenidos por Radovich *et al.* (2004), quienes en parcelas de repollo a las que aplicaron agua en diferentes etapas del desarrollo del cultivo, experimentaron reducciones de más del 50% en los pesos por cabeza, comparando los resultados de las plantas que recibieron riego permanente (1.6 kg) a las que no recibieron riego durante la formación de cabeza (0.7 kg).

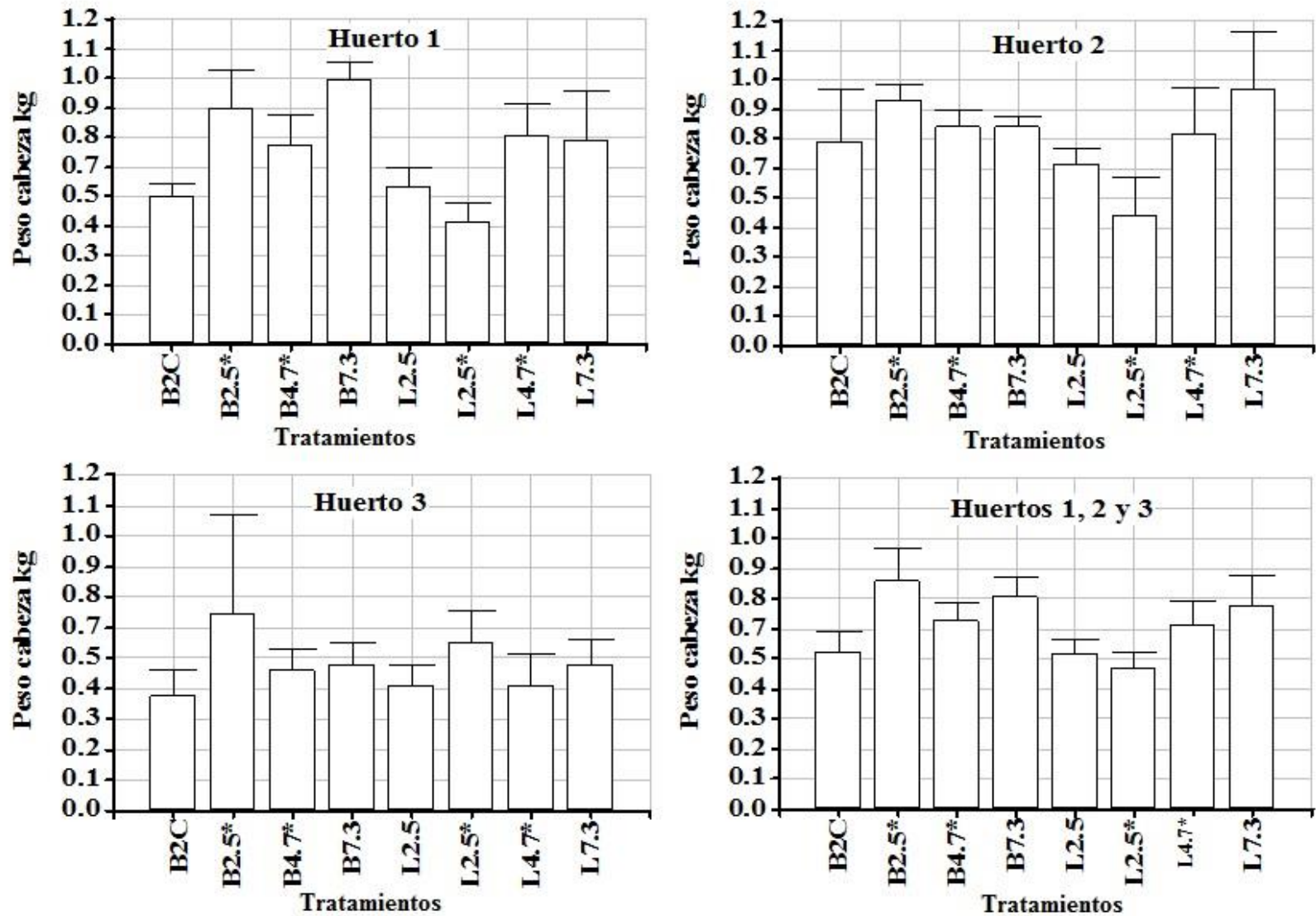


Figura 10. Peso por cabeza de repollo en 3 huertos 11 semanas después del trasplante. Barras representan error estándar; C: Control, B: Bocashi; L: Lombricompost; *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Números en eje “x” representan cantidades de abono utilizadas.

La escasez de agua, aparte de su efecto negativo sobre los rendimientos, interviene en las propiedades sensoriales del repollo disminuyendo la dulzura y aumentando los compuestos responsables de sabores amargos en este cultivo (Radovich *et al.* 2005).

A pesar del limitado suministro de agua al cultivo, la utilización de prácticas agroecológicas como el lombricompost y el Bocashi en acompañamiento de productos foliares resultaron efectivas en regiones afectadas por sequías prolongadas, ya que con ellas se lograron rendimientos satisfactorios. Posiblemente esto se debió a su capacidad en la retención de agua en los suelos, tal y como fue demostrado por Aggelides y Londra (2000); Lotter *et al.* (2003) y Celik *et al.* (2004). Así mismo, Lotter *et al.* (2003) mencionaron las ventajas a favor de sistemas agroecológicos, por su mayor capacidad de resistir sequías y otros eventos climáticos extremos.

Desde el punto de vista nutricional, alimentos cultivados bajo manejo agroecológico pueden tener mayores niveles de micronutrientes, vitaminas y otros compuestos bioactivos así como mejores cualidades organolépticas (Worthington 2001; Rembialska 2003; Rembialska 2007; Hunter *et al.* 2011), por lo cual estas prácticas también fortalecen la nutrición de las familias a través de su producción en huertos familiares.

3.6. Daños por plagas

En todas las parcelas de los tratamientos, los daños en las cabezas de repollo cosechadas fueron principalmente ocasionados por *Evergestis rimosali*. En la Figura 6, se muestra la referencia visual de la intensidad de los daños y en el Cuadro 8 los daños promediados entre los tres huertos.

Cabe mencionar que el huerto cuatro (no incluido en el análisis de este estudio) fue el único que mostró la presencia de *Plutella xylostella*, aunque el daño ocasionado fue visible solamente en las primeras hojas envolventes, lo que permitió deshojar y evitar pérdidas mayores en la producción final. Amoabeng *et al.* (2013) demostraron que extractos botánicos (sobre todo los extractos de *Ageratum conyzoides* y *Chromolaena odorata*) como repelentes pueden disminuir o controlar esta plaga en el repollo, similares resultados fueron encontrados por Shabozoi *et al.* 2011, quienes además indicaron que estos repelentes no afectan la actividad de enemigos naturales, por lo que probablemente, el uso de estas prácticas contribuyó a disminuir los daños de esta plaga en el cultivo.

Cuadro 6. Intensidad de daño ocasionado por plagas en el cultivo de repollo. *: Tratamientos que incluyeron biofertilizante supermagro. Huerto I, II y III en comunidades del Barbasco y San Rafael, Copán Ruinas, Copán, Honduras, 2015.

Tratamiento/abono	Tipo de daño (%)**			
	Alto	Medio	Bajo	Sin ataque
T1: B 2 kg m⁻² (Control)	1	2	26 ± 1.9 ab	71 ± 3.1 bc
T2: B 2.5 kg m⁻²*	0	0	17 ± 2.1 ab	83 ± 3.8 abc
T3: B 4.7 kg m⁻² *	0	0	18 ± 1.6 ab	82 ± 3.1 abc
T4: B 7.3 kg m⁻²	3	0	12 ± 1.1 b	85 ± 2.4 a
T5: L 2.5 kg m⁻²	0	0	34 ± 2.1 a	66 ± 4.0 c
T6: L 2.5 kg m⁻²*	0	0	29 ± 2.1 ab	71 ± 3.8 abc
T7: L 4.7 kg m⁻²*	0	1	23 ± 2.0 ab	76 ± 3.3 abc
T8: L 7.3 kg m⁻²	0	1	20 ± 1.9 ab	79 ± 3.3 ab
P	-	-	<i>0.2819</i>	<i>0.1986</i>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); ** Los porcentajes fueron calculados con base en los repollos formados al día 77 después de la siembra; la población total sembrada fue de 108 plantas por tratamiento de cada huerto.

Como es evidente en el cuadro anterior, los daños no ocasionaron pérdidas económicas graves para los productores, debido a que las plantas ya habían alcanzado el tamaño final para la cosecha. El tratamiento preventivo en este trabajo se realizó con repelente m5 elaborado por los productores de la zona a base de ajo, cebolla, chile picante, (para más información ver materiales y métodos). Investigaciones anteriores llevadas a cabo por Fening *et al.* (2013) reportaron la efectividad de extractos de chile picante y ajo para el control de áfidos y *Plutella xylostella* en el cultivo de repollo. Hallazgos anteriores realizados por Ahmed *et al.* (2009) en el cultivo de *Vigna unguiculata* también demostraron resultados positivos con el uso de extractos de ajo para el control de insectos plaga en el mencionado cultivo.

En contraste con las prácticas usadas en el presente estudio, Monterrey *et al.* (2004) mencionaron que el 80% de los productores en la región del Trifinio recurren al uso de insecticidas químicos para el control de plagas en sus cultivos, lo cual les genera mayores costos de inversión. En ese sentido, un estudio en Nicaragua reportó gastos en la compra de insecticidas que oscilaron entre el 14 y 92% del valor total de la cosecha de repollo (Bommarco *et al.* 2011). Además, Pimentel *et al.* (1992); Wilson y Tisdell (2001) mencionaron que el uso de insecticidas químicos ocasiona disturbios en las estrategias del control biológico, ya que reducen las poblaciones de enemigos naturales debido a su mayor sensibilidad a estas sustancias (Hill y Foster 2000).

A pesar de que el repollo es un cultivo altamente susceptible al ataque de plagas, los datos recopilados en este trabajo muestran niveles de daños sumamente bajos en todos los

tratamientos. Posiblemente estos resultados estuvieron vinculados a la poca reincidencia en la siembra de este cultivo anteriormente, además de la no utilización de insecticidas químicos y a la incorporación de abonos orgánicos al suelo. En ese sentido, amplias revisiones de literatura e investigaciones realizadas a largo plazo sugirieron que el uso de estas prácticas fomenta el mejoramiento en la calidad de los suelos, promueven el desarrollo de enemigos naturales y aumentan las interacciones entre los componentes para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos (Hole *et al.* 2005; Birkhofer *et al.* 2008; Wszelaki *et al.* 2010).

Así mismo, en la categoría “sin ataque” de la tabla anterior, se muestra una leve tendencia en aumentar el número de plantas sanas a medida que se incrementa la incorporación de abono orgánico, lo cual probablemente favorece las interacciones en el suelo y el balance nutricional. En consideración a lo anterior, Phelan *et al.* (1995); Altieri y Nicholls (2003) mencionaron que la fertilización orgánica no solamente aumenta la materia orgánica, sino, también la actividad microbiológica de los suelos, favoreciendo una liberación lenta de nutrientes para una nutrición balanceada en las plantas, la cual aumenta su resistencia a plagas y enfermedades que puede manifestarse tanto en el suelo (Blouin *et al.* 2005) como sobre el mismo (Culliney y Pimentel 1986).

En esta investigación fue evidente la calidad y la expansión foliar de las plantas de repollo, así como la ausencia de enfermedades. Esto aumenta las expectativas y las oportunidades de pequeños agricultores para promover productos de calidad en mercados locales con el objetivo de mejorar los ingresos económicos de sus familias, es por ello que estas prácticas se perfilan como una potencial alternativa ante factores adversos que repercuten negativamente en la producción de alimentos.

3.7. Circunferencia

El análisis de varianza para la circunferencia no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos (p-value: 0.1044). La regresión entre el peso y la circunferencia de cabezas de repollo (Figura 11) no solamente permite estimar el peso a partir de una medida no destructiva y de fácil medición durante el desarrollo del cultivo, sino también para aquellos productores que no contaban con una balanza.

La regresión lineal permitió identificar con un 95% de confianza que, por cada centímetro de circunferencia, el peso aumentará en 0.04 kg. Por ejemplo, una cabeza de repollo con circunferencia de 45 cm tendrá un peso de 1.08 kg, al aumentar a 46 cm, su peso será de 1.12 kg.

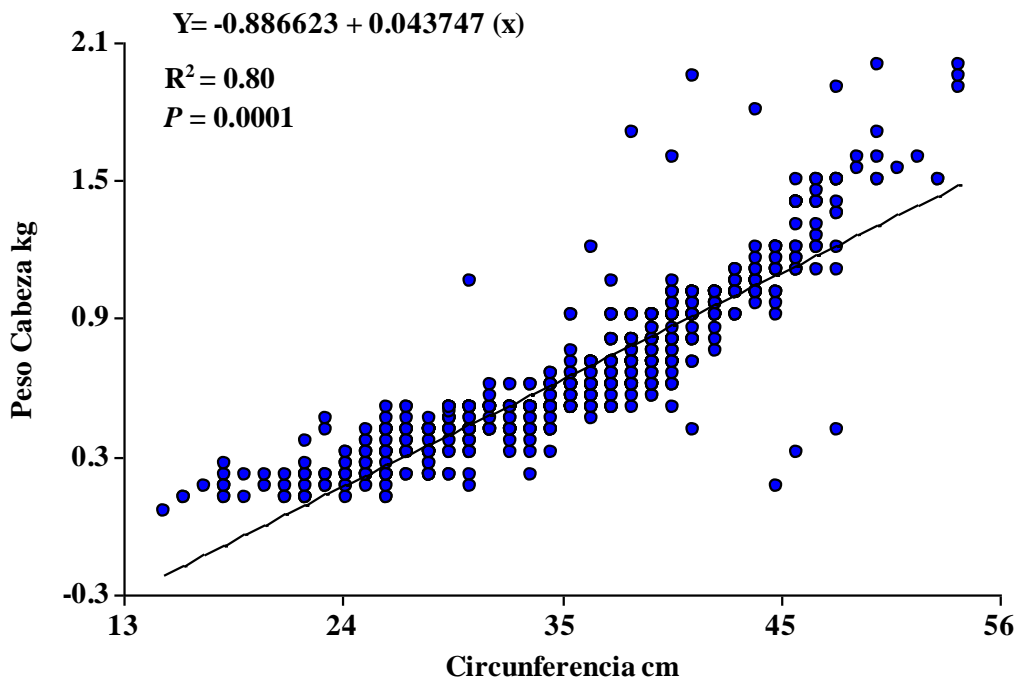


Figura 11. Análisis de regresión para la variable peso por cabeza proyectada a través de la circunferencia del repollo.

4. CONCLUSIONES

1. De las 10 principales prácticas agroecológicas, las más utilizadas fueron el uso de caldo sulfocálcico usada por el 95% de las familias, seguido por la práctica de Bocashi utilizado por el 93% de las familias y los microorganismos eficientes por el 85% de las familias. De manera general, estos resultados mostraron un mayor empleo de prácticas que hacen un mayor uso de materiales locales de fácil acceso en las comunidades.
2. Los criterios utilizados en esta investigación para la evaluación de las prácticas agroecológicas resultaron ser muy eficientes, a pesar de ser respuestas cualitativas. Las prácticas más valoradas de acuerdo a los criterios de factibilidad económica, efectividad agronómica y adoptabilidad comunitaria fueron el compost con un 100% de valoración, seguido por el madrifol con 94% y el lombricompost con un 92%. Estos resultaron radican en la poca o ninguna inversión económica que requieren estas prácticas para poder ser utilizadas.

3. Los aumentos en las cantidades de abono orgánico incorporados al suelo, principalmente de Bocashi, en compañía de aplicaciones foliares de biofertilizantes, permitieron aumentar el rendimiento del repollo de 2.5 a 4.0 kg m⁻², superando hasta un 30% a la práctica estándar de los productores. Sin embargo y desde el punto de vista económico para un pequeño agricultor, las prácticas de mayor rentabilidad resultaron ser aplicaciones de 2.5 kg m⁻² debido a los más bajos costos de mano de obra y de recolección de materiales. Estas cantidades pueden ser fácilmente usadas durante cada ciclo de cultivo por las familias del Trifinio para el mejoramiento continuo de sus sistemas productivos. Con estos resultados, se evidencia el aporte de estas prácticas en la construcción de territorios climaticamente inteligentes, así como a su importancia para hacer frente a las fuertes problemáticas ocasionadas por sequías en las diferentes comunidades.

5. RECOMENDACIONES

1. Promover prácticas agroecológicas, sobre todo aquellas a base de materiales locales para reducir los costos de producción de pequeños agricultores; ejemplos son el lombricompost, el madrifol, el compost a base de residuos sólidos, entre otros.
2. Promover en los agricultores del Trifinio, sobre todo a los que se dedican a la implementación de una agricultura familiar, el uso de al menos 2 kg m⁻² de Bocashi o 2.5 kg m⁻² de lombricompost como dosis mínima, durante cada ciclo de cultivo de hortalizas acompañado con el uso de biofertilizantes.
3. Para las familias que se dedican a una agricultura más comercial, se recomienda el uso de al menos 4.7 kg m⁻² lombricompost y al menos 2.5 kg m⁻² de Bocashi en acompañamiento con productos biofoliares que complementen las necesidades nutritivas de los cultivos.
4. Que los técnicos del proyecto fomenten el uso de extractos botánicos, especialmente el de aquellas plantas que crecen como malezas en contornos de fincas como alternativa a la prevención y manejo de plagas en cultivos altamente susceptibles, tales como repollo, mostaza, chile, tomate, pepino, entre otros frecuentemente producidos en los huertos de las familias del Trifinio.
5. Promover a través del asesoramiento técnico la siembra de cultivos locales adaptados al clima de la región que generen beneficios

alimenticios y fomenten la seguridad alimentaria de las familias a corto, mediano y largo plazo. Esto incluye el uso de especies subutilizadas de alto valor nutricional como, p.e., la chaya, múltiples variedades de ayotes, entre otros.

6. Continuar con procesos de investigación participativa hacia la optimización de prácticas agroecológicas con el objetivo de lograr los más altos beneficios al menor costo posible, tomando en cuenta las prácticas tradicionales usadas por los agricultores en la región.
7. Identificar frecuencias óptimas en las aplicaciones de productos foliares para reducir aún más los costos de mano de obra y cantidades de producto utilizado.
8. Promover y validar con las familias productoras del Trifinio prácticas en asociación de cultivos. Por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2007) sugirieron asociar repollo con de apio, cebolla, remolacha y plantas aromáticas, una estrategia para diversificar y optimizar el uso de espacios productivos y disminuir plagas y enfermedades.
9. Fomentar el uso de abonos verdes para el mejoramiento natural de la fertilidad y el mantenimiento de humedad en los suelos, principalmente en temporadas de verano.
10. Implementar estrategias organizativas con pequeños agricultores que fomenten la venta de cultivos producidos localmente mediante la utilización de prácticas agroecológicas que puedan ser mercadeados directamente al consumidor final.
11. Se recomienda la implementación de estudios basados en la evaluación de cada una de las prácticas evaluadas por separado, particularmente las que requieren del menor costo económico de implementación, con el propósito de identificar su efecto en diferentes cultivos producidos en huertos familiares.
12. Dada la alta variabilidad de composición y concentración microbial de los biofertilizantes líquidos, así como la importancia de aplicarlos bajo condiciones climáticas favorables donde pueden expresar su potencial benéfico, se recomienda caracterizar la actividad microbial de los sustratos y estandarizar aplicaciones. Además, se recomienda establecer

un mínimo en las cantidades, la forma y la frecuencia de aplicación basado en información sobre su efectividad agronómica.

Referencias

- Aggelides, SM; Londra, PA. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource technology* 713:253-259.
- Ahmed, B; Onu, I; Mudi, L; Ahmed, B. 2009. Field bioefficacy of plant extracts for the control of post flowering insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Nigeria. *Journal of Biopesticides* 21:37-43.
- Altieri, M; Nicholls, C. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de Economía Crítica* 102:62-74.
- Altieri, M; Funes-Monzote, F; Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development* 32:1-13.
- Altieri, MA; Companioni, N; Cañizares, K; Murphy, C; Rosset, P; Bourque, M; Nicholls, CI. 1999. The greening of the “barrios”: urban agriculture for food security in Cuba. *Agriculture and Human Values* 162:131-140.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 722:203-211.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2013. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. 83 p.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y agricultores tradicionales y sus repuestas adaptativas.
- Amoabeng, BW; Gurr, GM; Gitau, CW; Nicol, HI; Muniyaki, L; Stevenson, PC. 2013. Tri-Trophic Insecticidal Effects of African Plants against Cabbage Pests: e78651. 810:
- Amoabeng, BW; Gurr, GM; Gitau, CW; Stevenson, PC. 2014. Cost: benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: Implications for smallholder farmers in developing countries. *Crop Protection* 57:71-76.
- Araújo, JBS; de Carvalho, GJ; Guimarães, RJ; de Moraes, AR; da Cunha, RL. 2008. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. *Coffee Science* 32:115-123.
- Arrieta, S. 2015. Prácticas agroecológicas para mejorar la producción y la seguridad alimentaria en huertos caseros en Nicaragua Central. Tesis M.Sc. Turrialba, Cartago, CR., CATIE(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 82 p.
- Artiga, R. 2003. The case of the Trifinio plan in the upper Lempa: Opportunities and challenges for the shared management of Central American transnational basins. Unesco.
- Aziz, MA; Hasan, MU; Ali, A; Iqbal, J. 2012. Comparative efficacy of different strategies for management of spotted bollworms, *Earias* spp. on Okra, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Pakistan J. Zool* 445:1203-1208.
- Bernal, MP; Albuquerque, JA; Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource technology* 10022:5444-5453.

- Birkhofer, K; Bezemer, TM; Bloem, J; Bonkowski, M; Christensen, S; Dubois, D; Ekelund, F; Fließbach, A; Gunst, L; Hedlund, K; Mäder, P; Mikola, J; Robin, C; Setälä, H; Tatin-Froux, F; Van der Putten, WH; Scheu, S; Biologiska, i; Naturvetenskap; Science; Biodiversitet; Lunds, u; Biodiversity; Department of, B; Lund, U. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 409:2297-2308.
- Blouin, M; Zuily-Fodil, Y; Pham-Thi, AT; Laffray, D; Reversat, G; Pando, A; Tondoh, J; Lavelle, P. 2005. Belowground organism activities affect plant aboveground phenotype, inducing plant tolerance to parasites. *Ecology Letters* 82:202-208.
- Bommarco, R; Miranda, F; Bylund, H; Björkman, C. 2011. Insecticides Suppress Natural Enemies and Increase Pest Damage in Cabbage. *Journal of economic entomology* 1043:782-791.
- Casado-Vela, J; Sellés, S; Navarro, J; Bustamante, M; Mataix, J; Guerrero, C; Gómez, I. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils. *Waste Management* 269:946-952.
- CATIE(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2013. Desarrollo rural sostenible en dos territorios climáticamente inteligentes de Centroamérica (Proyecto MAP, Noruega). 57 p.
- CATIE(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica) 2010. Innovaciones multisectoriales para cadenas de valor de hortalizas especiales en la región del Trifinio. 31 p.
- Cavalcante, LF; Rodrigues, AC; Diniz, AA; Fernandes, PD; Nascimento, JAMd; Oliveira, FAd. 2011. Micronutrients and sodium in a soil cultivated with yellow passion fruit, with application of "supermagro" biofertilizer and potassium. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 63:376-382.
- Celik, I; Ortas, I; Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research* 781:59-67.
- CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio,). 2009. Mancomunidad trinacional planificación estratégica territorial trinacional 2008-2023. 52 p.:
- Culliney, TW; Pimentel, D. 1986. Ecological effects of organic agricultural practices on insect populations. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 154:253-266.
- Chan, K; Orr, L; Fahey, D; Dorahy, C. 2011. Agronomic and economic benefits of garden organics compost in vegetable production. *Compost Science & Utilization* 192:97-104.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Robledo, C. 2011. InfoStat, versión 2011. (Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).
- Evanylo, G; Sherony, C; Spargo, J; Starner, D; Brosius, M; Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 1271-2:50-58. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880908000662>
- Fajardo Vásquez, M. P. (2015). Evaluación de Impacto de la primera fase del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP) en Trifinio (Guatemala, Honduras y El Salvador): Proyecto Innovaciones de Hortalizas (PIH).Evaluación de impacto de la primera fase del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP) en el territorio de

- Trifinio (Guatemala, Honduras y El Salvador). Tesis (Mag. Sc. en Socioeconomía Ambiental)--CATIE. Escuela de Posgrado, Turrialba (Costa Rica).
- Faostat. 2014. Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division 21: Disponible en <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
- Fening, KO; Amoabeng, BW; Adama, I; Mochiah, MB; Braimah, H; Owusu-Akyaw, M; Narveh, E; Ekyem, SO. 2013. Sustainable management of two key pests of cabbage, *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (Brassicaceae), using homemade extracts from garlic and hot pepper. *Organic Agriculture* 33-4:163-173. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s13165-014-0058-2>
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Comayagua, Honduras.). 2009. Comportamiento y desempeño de seis cultivares de repollo (*Brassica oleracea* L. var *capitata*) cultivados en el valle de Comayagua. FHIA. Programa de Hortalizas:96-106.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Comayagua, Honduras). 2012. Repollo de invernadero: Alternativa para diversificar la producción en el valle de Comayagua, Honduras. 6 p.
- GIZ (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional; CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio). 2011. Estado de la región Trifinio 2010. Datos socioeconómicos y ambientales de los municipios. 84 p.
- Hachicha, R; Hachicha, S; Sellami, F; Cegarra, J; Drira, N; Medhioub, K; Ammar, E. 2009. Biological activity during co-composting of sludge issued from the OMW evaporation ponds with poultry manure—Physico-chemical characterization of the processed organic matter. *Journal of hazardous materials* 1621:402-409.
- Hernández, MG. 2013. Capacidad de carga turística y gestión de la visita pública en la zona arqueológica de Copán, Honduras. *In*, Trama editorial; CEEIB. p. 911-921.
- Hill, TA; Foster, RE. 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of economic entomology* 933:763-768.
- Hole, DG; Perkins, AJ; Wilson, JD; Alexander, IH; Grice, PV; Evans, AD. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 1221:113-130.
- Holt-Giménez, E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 931:87-105.
- Hunter, D; Foster, M; McArthur, JO; Ojha, R; Petocz, P; Samman, S. 2011. Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. *Critical reviews in food science and nutrition* 516:571-582.
- Ibnouf, FO. 2013. The role of women in providing and improving household food security in Sudan: implications for reducing hunger and malnutrition. *Journal of International Women's Studies* 104:144-167.
- Jeavons, J. 2012. How to Grow More Vegetables:(and fruits, nuts, berries, grains, and other crops) than you ever thought possible on less land than you can imagine. 8 ed. Ten Speed Press. 220 p.
- Lahmar, R; Bationo, BA; Dan Lamso, N; Guéro, Y; Tittonell, P. 2012. Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: Building on traditional local practices for soil restoration. *Field Crops Research* 132:158-167. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429011003285>

- Lamine, C; Bellon, S. 2009. Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29:97-112.
- Lotter, D; Seidel, R; Liebhardt, W. 2003. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *American Journal of Alternative Agriculture* 18:146-154.
- Magrini, FE; Sartori, VC; Finkler, R; Torves, J; Venturin, L. 2011. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Agrarian* 41:146-151.
- Monterrey, J; Padilla, D; Barahona, L; Guharay, F. 2004. Capacidad de innovación de las familias productoras y las organizaciones, para reducir el uso externo de plaguicidas en las hortalizas del Trifinio, Centroamérica. *Semana Científica 2004. Memoria. 6. Semana Científica CATIE, Turrialba (Costa Rica)*. Consultado
- MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Costa Rica). 2015. Lista de salarios mínimos por ocupación II semestre 2015 Costa Rica, Gobierno de la República de Costa Rica. Consultado 23 octubre de 2015. Disponible en <http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/lista-salarios.html>.
- Nakaegawa, T; Kitoh, A; Murakami, H; Kusunoki, S. 2014. Annual maximum 5-day rainfall total and maximum number of consecutive dry days over Central America and the Caribbean in the late twenty-first century projected by an atmospheric general circulation model with three different horizontal resolutions. *Theoretical and applied climatology* 116:155-168.
- Novo, MG; Murphy, C. 2000. Urban agriculture in the city of Havana: A popular response to a crisis. Bakker N., Dubbeling M., Gündel S., Sabel-Koshella U., de Zeeuw H. *Growing cities, growing food. Urban agriculture on the policy agenda. Feldafing, Germany: Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft (ZEL):*31 p.
- Olaniyi, J; Akanbi, W. 2008. Effects of cultural practices on mineral compositions of cassava peel compost and its effects on the performance of cabbage (*Brassica Oleracea L.*). *Journal of applied Biosciences* 81:272-279.
- Partanen, P; Hultman, J; Paulin, L; Auvinen, P; Romantschuk, M. 2010. Bacterial diversity at different stages of the composting process. *BMC Microbiology* 10:94-94.
- Phelan, P; Mason, J; Stinner, B. 1995. Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), on *Zea mays L.*: A comparison of organic and conventional chemical farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 56:1-8.
- Pimentel, D; Acquay, H; Biltonen, M; Rice, P; Silva, M; Nelson, J; Lipner, V; Giordano, S; Horowitz, A; D'Amore, M. 1992. Environmental and Economic Costs of Pesticide Use. *Bioscience* 42:750-760.
- Pimentel, D; Hepperly, P; Hanson, J; Douds, D; Seidel, R. 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55:573-582.
- Radovich, TJ; Kleinhenz, MD; Delwiche, JF; Liggett, RE. 2004. Triangle tests indicate that irrigation timing affects fresh cabbage sensory quality. *Food quality and preference* 15:471-476.
- Radovich, TJ; Kleinhenz, MD; Streeter, JG. 2005. Irrigation timing relative to head development influences yield components, sugar levels, and glucosinolate

- concentrations in cabbage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 1306:943-949.
- Rembialkowska, E. 2003. Organic farming as a system to provide better vegetable quality. *In. p.* 473-479.
- Rembialkowska, E. 2007. Quality of plant products from organic agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 8715:2757-2762.
- Restrepo, J. 2007. *Manual Práctico. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas.* 1 - 258 p.
- Restrepo, J. 2010. *Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra.* 1-239 p.
- Rodríguez, A; Companioni, N; Peña, E; Cañet, F; Fresneda, J; Estrada, J; Rey, R; Fernández, E; Vázquez, L; Avilés, R. 2007. *Manual Técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida.* Ciudad de La Habana:
- Sarangthem, I; Misra, ADD; Chakraborty, Y. 2011. Cabbage Productivity, Nutrient Uptake and Soil Fertility as Affected by Organic and Bio-Sources. *Agricultural Science Digest - A Research Journal* 314:260-264.
- Schejtman, A; Espíndola, E; León, A; Martínez, R. 2004. *Pobreza, hambre y seguridad alimentaria en Centroamérica y Panamá.* CEPAL.
- Sgroi, F; Foderà, M; Trapani, AMD; Tudisca, S; Testa, R. 2015. Cost-benefit analysis: A comparison between conventional and organic olive growing in the Mediterranean Area. *Ecological Engineering* 82:542-546.
- Sgroi, F; Candela, M; Trapani, A; Foderà, M; Squatrito, R; Testa, R; Tudisca, S. 2015. Economic and Financial Comparison between Organic and Conventional Farming in Sicilian Lemon Orchards. *Sustainability* 71:947. Disponible en <http://www.mdpi.com/2071-1050/7/1/947>
- Shabozoi, N; Abro, G; Syed, T; Awan, M. 2011. Economic appraisal of pest management options in Okra. *Pak. J. Zool* 43:86.
- Shiferaw, BA; Okello, J; Reddy, RV. 2009. Adoption and adaptation of natural resource management innovations in smallholder agriculture: reflections on key lessons and best practices. *Environment, development and sustainability* 113:601-619.
- Shriar, AJ. 2002. Food security and land use deforestation in northern Guatemala. *Food Policy* 274:395-414. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919202000465>
- Singh, P; Devi, G; Devi, W. 2000. Role of Boron, Molybdenum and Zinc on Various Nitrogenous Fractions of Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Journal of Vegetable Crop Production* 52:45-57.
- Thrupp, LA. 1999. People, power, and partnerships to sustain IPM impacts: Assessing advances in the adoption of agro-ecological alternatives. *Evaluation of IPM Programs: Concepts and Methodologies*:30-35.
- Waiganjo, M; Waturu, C; Mureithi, J; Muriuki, J; Kamau, J; Munene, R. 2011. Use of entomopathogenic fungi and neem bio-pesticides for Brassica pests control and conservation of their natural enemies. *East Afr Agric Forestry J* 77:545-549.
- Weber, J; Karczewska, A; Drozd, J; Licznar, S; Licznar, M; Jamroz, E; Kocowicz, A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry* 396:1294-1302.
- Wilson, C; Tisdell, C. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics* 393:449-462.

- Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative & Complementary Medicine* 72:161-173.
- Wszelaki, A; Shrivastava, G; Panthee, D; Rogers, M; Chen, F. 2010. Plant Volatiles-based Insect Pest Management in Organic Farming. *Critical Reviews in Plant Sciences* 292:123-133.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta hecha a los productores y las productoras del Trifinio para la identificación de prácticas agroecológicas.



Programa Agroambiental
Mesoamericano



REAL EMBAJADA DE NORUEGA

LOCALIZACIÓN

País: _____

Msnm: _____

Municipio: _____

Área Ha: _____

Comunidad: _____

IDENTIFICACIÓN DEL ENTREVISTADO

Nombre del entrevistado (a): _____

Edad: _____

Género: Mujer () Hombre ()

ASPECTO SOCIAL

1. ¿Cuántas personas viven en el hogar?

Varones				Mujeres			
0-10 años	11-19 años	20-39 años	40-70 años	0-10 años	11-19 años	20-39 años	40-70 años

2. ¿Qué tiempo dedica a las actividades del huerto durante la semana?

3. Después de usted ¿quiénes de los demás miembros de la familia dedican tiempo a las actividades agrícolas?

4. ¿Qué experiencia tiene de trabajar con prácticas agroecológicas (tiempo)?

5. ¿Qué porcentaje de la comida consumida en el hogar proviene de la finca o huerto casero?

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

1. ¿Qué productos utiliza para fertilizar su huerto?

Orgánicos____ Químicos____ Combinados

2. Enliste y comente sobre la aplicación y la valoración de productos sólidos utilizados en la producción agrícola con los que ha experimentado (para más detalles sobre los productos ver materiales y métodos)

No	Nombre del producto	Tiempo para ser usado (días)	Cantidad por m ⁻² (lb)	Valoración de la práctica 0 - 4									
				*Agronómica			**Adopt. Comunit.			***Costo de implement.			
				Agri	Tec	Inv	Agri	Tec	Inv	Agri	Tec	Inv	
1	Bocashi												
2	Compost residuos de cocina												
3	Lombricompost												

Valoración de la práctica

*Agronómica (rendimiento en los cultivos):

0: No se usa; 1: Regular; 2: Buena; 3 Muy buena; 4: Excelente

** Adaptabilidad comunitaria (Nivel de facilidad para que otros miembros de la comunidad puedan adoptarla)

0: No se usa; 1: Bajo; 2: Medio; 3: Alto; 4 Muy alto

*** Costo de implementación (Práctica al alcance económico de cualquier miembro de la comunidad)

0: No se usa; 1: Gratis; 2: Bajo; 3: Medio; 4: Alto

3. Enliste y comente sobre la aplicación y la validación de producto líquido utilizado para la producción agrícola con los que ha experimentado (para más detalles sobre los productos ver materiales y métodos)

No	Nombre del Producto	Tiempo para ser usado (días)	Cantidad por bomba de 18 l	Frecuencia de uso mensual	Valoración de la práctica 0 - 4									
					*Agronómica			**Adoptabilidad Comunitaria			***Costo de implementación			
					Agri	Tec	Inv	Agri	Tec	Inv	Agri	Tec	Inv	
1	Microorganismos eficientes													
2	Biofertilizante S.													
3	Repelente M5													
4	Madrifol													
5	Caldo Visosa													
6	Caldo Sulfocálcico													
7	Caldo Bordelés													

*Agri: Agricultor; Tec: Técnico; Inv: Investigador del presente trabajo. Estas evaluaciones fueron subjetivas, proporcionadas según criterios de estos tres grupos evaluadores.

Los microorganismos eficientes se refieren a mezclas de microorganismos de origen natural que al ser inoculados mejoran las condiciones de fertilidad y salud de los suelos así como incrementos en los rendimientos de los cultivos (Higa y Parr 1994).

Los biofertilizantes son abonos orgánicos que se aplican vía foliar a los cultivos, este es un producto que se obtiene del proceso de fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de estiércol de vaca (Aranda 2011).

Repelente m5 es una de las prácticas locales utilizadas en la comunidad para el control de plagas. Consiste en una mezcla de ajo, chile picante, cebolla, vinagre, licor, plantas aromáticas y jengibre que se deja fermentar en condiciones anaeróbicas por al menos 15 días.

Madrifol es también una práctica que se promueve localmente en las comunidades y su elaboración consiste en mezclar en agua hojas de madreño (*Gliricidia sepium*).

Los caldos son: visosa que es preparado a base de sulfato de cobre, bórax, sulfato de zinc y óxido de calcio; bordelés, preparado a base sulfato de cobre y óxido de calcio y el sulfocálcico que es obtenido mediante la combinación de azufre y cal. La función principal de

estos caldos minerales radica en el control de hongos y algunos insectos plagas, así como fertilizantes foliares enriquecidos con micronutrientes para el sano desarrollo de cultivo de hortalizas y frutales (Restrepo 2007; Soto 2013).

Valoración de la práctica

***Agronómica (rendimiento en los cultivos):**

0: No se usa; 1: Regular; 2: Buena; 3 Muy buena; 4: Excelente

**** Adaptabilidad comunitaria (Nivel de facilidad para que otros miembros de la comunidad puedan adoptarla)**

0: No se usa; 1: Bajo; 2: Medio; 3: Alto; 4 Muy alto

***** Costo de implementación (Práctica al alcance económico de cualquier miembro de la comunidad)**

0: No se usa; 1: Gratis; 2: Bajo; 3: Medio; 4: Alto

4. Enliste qué otras prácticas usted utiliza en su finca o huerto

No	Práctica	Sí	No
1	Barreras vivas		
2	Barreras muertas		
3	Curvas a nivel		
4	Bancales/camas		
5	Uso de rastrojo (mulch)		
6	Cultivos de cobertura		
7	Asociación de cultivos		
8	Rotación de cultivos		
9	Uso de variedades nativas		
10	Plantas repelentes		
11	Cosecha y almacenamiento de agua		
12	Letrinas secas		
13	Estructura para la protección de los cultivos		
14	Riego	Manual	Aspersión

5. Indique cuál de los cultivos siguientes produce normalmente en su huerto

No	Cultivo	Nombre científico	Sí	No
1	Acelga	<i>Beta vulgaris</i>		
2	Apio	<i>Apium graveolens</i>		
3	Ayote	<i>Cucurbita argyrosperma</i>		
4	Berenjena	<i>Solanum melongena</i>		
5	Brócoli	<i>Brassica oleracea italica</i>		
6	Camote	<i>Ipomoea batatas</i>		
7	Cebolla	<i>Allium cepa</i>		
8	Chile	<i>Capsicum annuum</i>		
9	Chipilín	<i>Crotalaria longirostrata</i>		
10	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>		
11	Coliflor	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>		
12	Culantro	<i>Eryngium foetidum</i>		
13	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>		
14	Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i>		
15	Mostaza	<i>Brassica nigra</i>		
16	Maíz	<i>Zea mays</i>		
17	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>		
18	Rábano	<i>Raphanus sativus</i>		
19	Repollo	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>		
20	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>		
21	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>		
22	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>		
23	Zapallo	<i>Cucurbita pepo</i>		
24	Otros			

6. Enliste las plantas medicinales con las que cuenta en su huerto

No	Nombre de la especie	Nombre científico	Sí	No
1	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>		
2	Altamiz	<i>Artemisia vulgaris</i>		
3	Apazote	<i>Dysphania ambrosioides</i>		
5	Hoja de salvia	<i>Salvia officinalis</i>		
6	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>		
7	Valeriana	<i>Valeriana officinalis</i>		
8	Zacate de limón	<i>Cymbopogon citratus</i>		
9	Sábila	<i>Aloe vera</i>		
10	Otros			

7. De los cultivos que normalmente siembra en su huerto, indique el que considera más susceptible al ataque de plagas

Cultivo	Tipo de plaga	Partes que ataca				Época de mayor ataque	
		Raíz	Tallo	Hojas	Fruto	Lluviosa	Seca

8. ¿Ha recibido capacitaciones para el control de plagas y enfermedades en los cultivos?

9. Indiqué que tipo de especies animales tiene en su huerto

Especie		Cantidad	% para consumo	% para la venta
Aves	Gallinas			
	Pavos			
	Gansos			
	Patos			
Rumiantes	Bovinos			
	Caprinos			
	Ovinos			
Monogástricos	Cerdos			

10. ¿Para sus actividades agrícolas y pecuarias, usted toma en cuenta los movimientos lunares?

Anexo 2. Bitácora de aplicaciones durante el ciclo del cultivo de repollo

Practica Agroecológica	Fechas de aplicación								
	Mes 1	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Microorganismos eficientes		0.5 l			0.5 l			0.5 l	
Caldo sulfocálcico			0.25 l			0.25 l			0.5 l
Madrifol				0.5 l			0.5 l		
Biofertilizante supermagro				0.25 l		0.25 l		0.25 l	
Mes 2	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	
Microorganismos eficientes		1 l			1 l			1 l	
Caldo sulfocálcico			0.5 l			0.5 l			
Madrifol	1 l			1 l			1 l		
Biofertilizante supermagro	0.5 l		0.5 l		0.5 l		0.5 l		
Mes 3	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23		
Microorganismos eficientes			1 l			1 l			
Caldo sulfocálcico	0.5 l			0.5 l			0.5 l		
Madrifol		1 l			1 l				
Biofertilizante supermagro	0.5 l		0.5 l		0.5 l		0.5 l		

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable rendimiento por m²

Resultados para el modelo: modelo.000_Rendimiento.kg.m2_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
72	239.52	263.27	-108.76	1.08	0.14	0.49	0.53

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	56	29.03	<0.0001
Tratamiento	7	56	2.53	0.0245

Rendimiento.kg.m2 - Medias ajustadas y errores estándares para tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	medias	E.E.		
4	4.02 0.69	A		
8	3.85 0.69	A		
2	3.73 0.69	A	B	
7	3.38 0.69	A	B	C
3	3.22 0.69	A	B	C
1	2.83 0.69		B	C
5	2.66 0.69			C
6	2.50 0.69			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable peso por cabeza

Resultados para el modelo: modelo.002_Peso.por.cabeza.kg_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
72	30.96	54.71	-4.48	0.21	0.17	0.34	0.43

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	56	77.66	<0.0001
Tratamiento	7	56	2.44	0.0294

Peso.por.cabeza.kg - Medias ajustadas y errores estándares para tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.			
2	0.83 0.10	A			
4	0.77 0.10	A	B		
8	0.74 0.10	A	B	C	
3	0.68 0.10	A	B	C	D
7	0.67 0.10	A	B	C	D
1	0.57 0.10		B	C	D
5	0.57 0.10			C	D
6	0.51 0.10				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable circunferencia

Resultados para el modelo: modelo.003_Circunferencia_Media_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2		
72	415.34		439.09	-196.67		4.18	0.10	0.46	0.55

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	56	218.95	<0.0001
Tratamiento	7	56	1.80	0.1044

Circunferencia_Media - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.			
2	37.56	2.71	A		
4	36.99	2.71	A	B	
8	36.34	2.71	A	B	
3	36.16	2.71	A	B	C
7	35.02	2.71	A	B	C
1	34.36	2.71	A	B	C
5	33.13	2.71		B	C
6	32.28	2.71			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Referencias

- Aranda, S. 2011. Manual de elaboración del biol. Curso de soluciones prácticas:40 p. Disponible en <http://es.slideshare.net/frederys1712/manual-de-elaboracin-del-biol?related=1>
- Higa, T; Parr, JF. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center Atami,, Japan.
- Restrepo, J. 2007. Manual Práctico. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas.1 - 258 p.
- Soto, A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas/Alternative management of pest mites. Revista de Ciencias Agrícolas 302: 34-44 p.