



A1-136 Exploración de opciones agroecológicas en el sistema de milpa de la Costa Chica, México.

Diego Flores-Sánchez¹, Hermilio Navarro Garza¹, Jeroen C.J. Groot², Egbert A. Lantinga², Martin J. Kropff³, Walter A.H. Rossing².

¹Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de Mexico, CP 56230, México, dfs@colpos.mx;

²Farming Systems Ecology Group, Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands; ³Crop and Weed Ecology Group, Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands

Resumen

Los sistemas de producción de la Costa Chica enfrentan serios problemas de degradación del suelo y baja productividad de maíz y jamaica. Esta situación demanda el diseño e implementación de alternativas agroecológicas para revertir esta problemática. Diversos protocolos experimentales que incluyeron opciones de fertilización e integración de leguminosas se desarrollaron en milpas de agricultores. Con base en los resultados encontrados se realizaron exploraciones a través de modelaje para evaluar el impacto de esas alternativas en el rendimiento de maíz y en el balance de materia orgánica a nivel sistema de producción. Los resultados demostraron que la integración de los componentes evaluados (fertilización, leguminosas y retención de residuos) tuvo efectos positivos en los ingresos familiares y en el balance de materia orgánica.

Palabras-clave: maíz; materia orgánica; fertilización; leguminosas.

Abstract

Farming systems in Costa Chica, Mexico face problems related to soil degradation and low crop productivity. This situation requires designing and implementing agroecological alternatives to improve cropping systems. Several experimental trials that included fertilization and intercropping of legumes in current milpa systems were carried out in farmers' fields. Based on the results modeling explorations were carried out to evaluate the impacts of these field-level agroecological options at farm level. The results showed that the integration of the evaluated components (fertilization, legumes and crop residues retention) had positive effects on family income and organic matter balances.

Keywords: maize; organic matter; fertilization; legumes.

Introducción

La Costa Chica es una región económica y cultural localizada en la costa del pacífico del estado de Guerrero. Se caracteriza por tener una agricultura campesina de pequeñas unidades de producción. El patrón de cultivos está integrado por maíz (*Zea mays*, L.), jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.), calabaza (*Cucurbita pepo*, L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), y pastos (*Panicum* sp., *Cynodon* sp., *Andropogon* sp.). El maíz ocupa el 81% de las tierras agrícolas. El sistema de cultivo tradicional es conocido como milpa, que integra maíz, frijol, calabaza y recientemente la jamaica. La gestión de la fertilidad y de control de hierbas anuales se realizaba mediante periodos de descanso. Esta práctica ha sido gradualmente abandonada, y el patrón común es el cultivo continuo de maíz y jamaica. Los agricultores han adoptado en el sistema milpa insumos externos como herbicidas y fertilizantes, los cuales se utilizan sin el conocimiento técnico necesario. Esto ha promovido un uso excesivo de herbicidas, un desequilibrio en la nutrición del maíz y pérdida de nutrientes asociada al manejo inadecuado de los fertilizantes. Por otra parte, los cultivos

se establecen en parcelas con pendientes de hasta el 40% sin prácticas para la conservación de suelos. La ganadería presenta limitaciones de disponibilidad de forraje en la época de secas, y persiste el sobrepastoreo en parcelas agrícolas y comunales. Estos factores, en combinación con los bajos precios de los cultivos han promovido que los agricultores estén inmersos en un círculo vicioso de falta de liquidez y de degradación de los recursos (Flores-Sanchez *et al.*, 2011). Esta problemática enfrentan los agricultores, quienes expresaron su interés en innovaciones tecnológicas orientadas al mejoramiento de la fertilidad del suelo e incremento de los rendimientos. Esto demanda una reorientación o diseño de alternativas encaminadas al incremento de la productividad, mejoramiento y conservación de los recursos. El objetivo de la presente contribución es evaluar el efecto de la fertilización, la inclusión de canavalia como abono verde y fijadora de N, y la retención de residuos de cultivos en los ingresos familiares y en el balance de materia orgánica en unidades de producción de comunidades de la Costa Chica.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Tecoaapa ($16^{\circ}48' N$, $7^{\circ}11' W$) ubicado a 950 msnm. El municipio tiene un área de 777 km². El 18% de su territorio presenta un relieve accidentado, el 82% restante corresponde a zonas planas con pendientes suaves. Tiene un clima subhúmedo-cálido, con una temperatura media anual de 26°C, precipitación de 1300 mm distribuida entre los meses de junio y octubre. Los suelos del municipio son de origen volcánico, dominando la clase regosol. Las tierras agrícolas ocupan 14,272 ha. Los cultivos son establecidos durante el período de lluvias. El 66% de la población se dedica al sector primario, alrededor del 60% del área agrícola es dedicada al maíz, cultivo principalmente para autoconsumo, y el 30% a la jamaica, cultivo con fines comerciales.

a) Características de las unidades de producción

Las exploraciones se realizaron en 8 unidades de producción (UP) de las comunidades. Las Animas y Xalpatlahuac del municipio de Tecoaapa, cuyas características generales se presentan en la Tabla 1. La tierra disponible entre las UP varía entre 1 y 4.2 ha, distribuidas de 1 a 4 parcelas y manejadas por familias con miembros entre 4 y 12. El sistema de milpa generalizado es la intercalación de maíz y jamaica, además de calabaza y frijol a bajas densidades de población. Los agricultores llevan a cabo las prácticas de cultivo manualmente, las hierbas son controladas con herbicidas. La nutrición de cultivos fue realizada con fertilizantes minerales. El estiércol fue aplicado en las parcelas de los agricultores que tienen animales (UP 2, 3 y 4). Las características de las parcelas muestran que estas tienen cierta pendiente, que las hace susceptibles a la erosión; presentan bajos niveles de materia orgánica y macro nutrientes.

b) Componentes agroecológicos

Durante dos ciclos de cultivos se establecieron protocolos experimentales en parcelas de agricultores de las dos comunidades mencionadas. Los experimentos incluyeron la integración de leguminosas y manejo integrado de nutrientes a través de fertilización mineral y orgánica en los actuales sistemas de milpa. El impacto de estos componentes a nivel unidad de producción se evaluaron a través de exploraciones basadas en modelaje, las cuales se apoyaron en los resultados de los experimentos. El manejo agroecológico consistió en tres componentes: 1) *Fertilización*. La estrategia de fertilización incluyó tres opciones: a) fertilización mineral (NPK) con una dosis de 55-5-46; b) vermicomposta (V) a una dosis de 2.5 t ha⁻¹, que equivalió a 23-6-20; y c) fertilización órgano-mineral (NPK + V) consistió en la combinación de ambas fuentes, la dosis total fue de 78-11-66. 2) *Integración de canavalia* (*Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth). La canavalia se intercaló en los sistemas de cultivo maíz y maíz-jamaica como cultivo de cobertura. 3) *Retención de*

residuos. En las unidades de producción sin animales alrededor del 70 % de los residuos fue utilizado por los animales itinerantes que pastorean las parcelas (Flores-Sanchez *et al.*, 2011). Adicionalmente se incluyó un escenario en donde se asumió que una retención del 100% de residuos (R) en los tres componentes: NPK+R, V+R y NPK+V+R. En las UP con animales los residuos se utilizaron para la alimentación del ganado, y el remanente se dejó en las parcelas.

TABLA 1. Características de las unidades de producción (UP) empleadas para las exploraciones.

UP	Área (há)	Número de parcelas	Sistemas de milpa	Número de bovinos	Número de caprinos	Pendiente (%)	Características de las parcelas			
							M.O. g kg ⁻¹	P Bray mg kg ⁻¹	K cmol kg ⁻¹	Erosión potencial (t ha ⁻¹ a ⁻¹)
1	3	1	M-J*	0	0	25	11	11	2.4	30
2	4.1	4	M-J	12	0	19 – 46**	7-27	2 - 21	1.7-2.8	5 – 55
3	3.3	2	M	14	14	20 – 55	6-17	10-15	0.9-1.9	20 – 42
4	4.2	4	M-J, M	7	0	30 – 41	6-22	7-27	1.0-1.6	28 – 73
5	2.5	3	M-J, M	0	0	21 – 26	19-25	7-12	1.3-2.6	12 – 16
6	1	1	M-J	0	0	25	20	4	1.9	14
7	3.1	3	M-J	0	0	9 – 19	10-20	22-39	1.3-1.4	2 – 23
8	1.3	2	M, J	0	0	5 – 43	20-22	5-6	1.3-1.7	2- 30

*M-J: intercalación maíz-jamaica, M: maíz en unicultivo, J: jamaica en unicultivo

**Los rangos se refieren a la variación encontrada entre las parcelas de las UP.

c) Modelos utilizados para las exploraciones

El efecto de la fertilización en el rendimiento de maíz en cada una de las parcelas de las ocho UP se estimó con el modelo QUEFTS (Quantitative Evaluation of the Fertility of Tropical Soils) (Janssen *et al.*, 1990). La evaluación de los impactos de los componentes agroecológicos a nivel sistema de producción se realizó con el modelo FarmDESIGN, el cual cuantifica la transferencia de la materia orgánica y macronutrientes entre componentes de las UP: cultivos, animales, suelo y fertilizantes y abonos (Groot *et al.*, 2012). El componente de cultivos correspondió a los sistemas practicados en cada una de las ocho UP (Tabla 1), además de integración de la canavalia y las hierbas anuales. En las UP con animales, los residuos de maíz, hierbas y canavalia se utilizaron para el alimento del ganado, mientras que en UP sin animales esos productos fueron fuente de materia orgánica para el suelo. El rendimiento de grano estimado en cada parcela a través del QUEFTS se incluyó en el modelo. La producción de biomasa de canavalia integrada al modelo fue de 997 kg ha⁻¹ cuando se intercaló en el sistema maíz-jamaica y 2 014 kg ha⁻¹ en maíz como unicultivo (Flores-Sanchez *et al.*, 2013). El componente animal comprendió bovinos. El balance de la materia orgánica (estiércol producido por los animales) fue calculado durante parte de la época seca (130 días), tiempo en que los animales permanecen en los corrales cercanos a la casa del agricultor. Para el cálculo de los balances de materia orgánica la contribución de las raíces y residuos de cultivos fue cuantificada como la cantidad remanente de materia orgánica un año después de su aplicación a la parcela (Groot *et al.*, 2012) con el modelo mono-componente de Yang y Janssen (2000), el cual se calibró en protocolos experimentales (Flores-Sánchez *et al.*, 2014). Para cada estrategia y cada UP se estimaron los costos de producción, considerando precios de insumos y labores agrícolas. El precio de los productos (granos, cálices, carne) se obtuvieron de estadísticas nacionales. Con base en esa información se estimó el ingreso familiar.

Resultados y discusión

Con base en resultados de protocolos experimentales y las estimaciones a través del modelaje, se determinó que el ingreso familiar asociado al sistema milpa es menor que las necesidades para sostener a todos los miembros de la familia (canasta básica). Las

exploraciones demostraron que existen opciones para mejorar los ingresos actuales; sin embargo, aún por debajo de los requerimientos básicos (Figura 1). Lo que implica la necesidad de la integración de otras actividades económicas. Por otra parte, la estrategia de fertilización órgano-mineral fue la opción que presentó resultados positivos en términos de ingresos y materia orgánica. Cabe mencionar que a pesar de usar la misma dosis de fertilización en las 8 UP, hubo respuestas diferenciadas en la cantidad de grano obtenido en cada una (para detalles Flores-Sánchez *et al.*, 2014). La existente variación entre las parcelas es un elemento importante que da directrices para la gestión del manejo de la nutrición de cultivos acorde con el nivel de fertilidad de cada parcela. En la fertilización órgano-mineral el rendimiento se incrementó en 24%, con respecto al manejo actual. Diversas experiencias han documentado las ventajas del uso de la combinación de ambas fuentes de nutrientes, no solo en el rendimiento de maíz sino en el incremento a largo plazo de la materia orgánica del suelo (Mann *et al.*, 2002). Esta estrategia es una opción que permitirá mejorar las actuales condiciones de degradación del suelo y la baja productividad en la región de estudio.

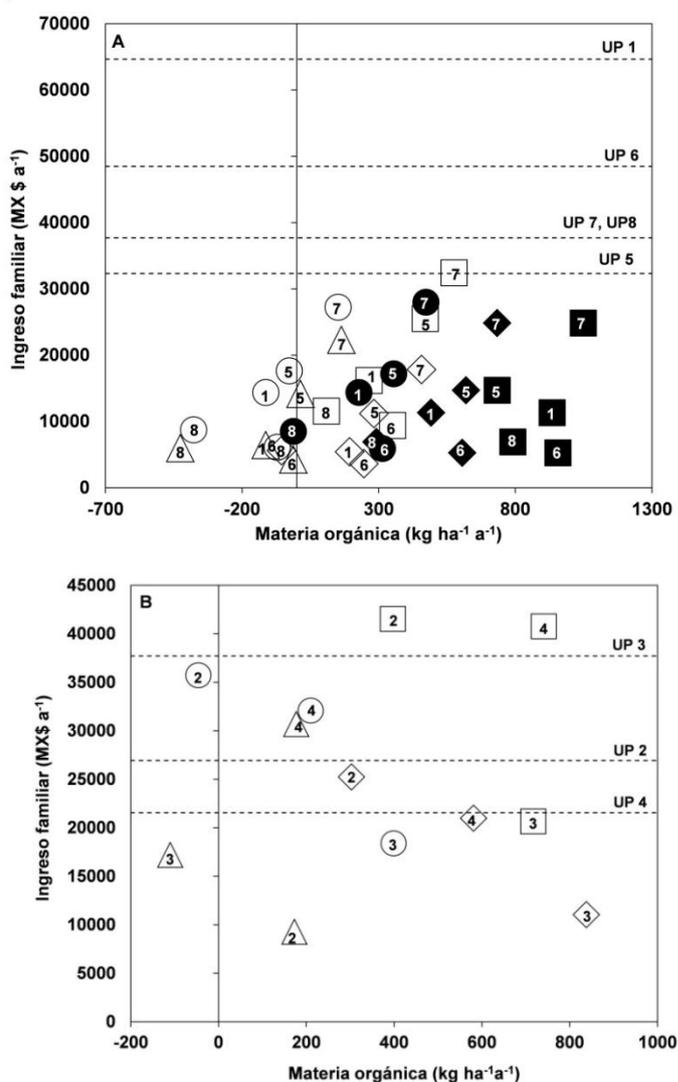


FIGURA 1. Relación entre balance de materia orgánica anual ($\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$) e ingreso familiar anual ($\text{MX\$ a}^{-1}$) bajo diferentes estrategias de fertilización y retención de residuos. Simbología: Δ Actual, \circ NPK, \bullet NPK+R, \diamond V, \blacklozenge V+R, \square NPK + V, \blacksquare NPK+V+R. A) UP sin

animales; B) UP con animales. El número incluido en cada símbolo corresponde a la UP, en Las líneas horizontales representan la canasta básica alimentaria de cada UP (CONEVAL, 2012).

Los sistemas de milpa actuales en seis UP, están asociados con balances negativos de materia orgánica (Figura 1); aunado a ello, el contenido de materia orgánica en el suelo se encuentra en niveles marginales (Tabla 1). Este nivel de degradación del suelo afecta la disponibilidad potencial de N, P y K (Janssen *et al.*, 1990). La aplicación de vermicomposta produjo efectos positivos en el balance de materia orgánica, pero desde el punto de vista económico, los costos del mantenimiento de los insumos orgánicos es una desventaja para los sistemas campesinos de la región. Sin embargo, en la evaluación económica se encontraron ganancias al establecer las presentes opciones agroecológicas, asociado a que hubo un incremento en los rendimientos, al tiempo que se cubrieron las necesidades de grano de las unidades familiares, esto dio pauta a que hubiese remanentes que se pueden comercializar. El incremento de los remanentes de residuos debido al aumento de la producción de biomasa promovió un incremento en los balances anuales de materia orgánica. En UP sin animales la retención del 100% de residuos fue una práctica que promovió sustanciales aumentos en los balances de materia orgánica, lo que se tradujo en una estrategia de restitución de la fertilidad del suelo (Figura 1a). La retención de residuos y el uso de canavalia como cultivo de cobertura también contribuyeron positivamente en los balances de materia orgánica, lo que puede ser una alternativa de bajo costo. La integración de animales desempeñó un papel importante en el aumento de los ingresos familiares y en los balances de MO (Figura 1b). La mayor producción de biomasa de cultivos y la inclusión de canavalia como fuente forrajera promovió que los animales pudieran alimentarse por periodos más largos, con remanentes que se pueden utilizar para su incorporación al suelo y mejorar los balances de materia orgánica. El uso de fuentes orgánicas (vermicomposta y estiércol) junto con otras opciones como puede ser el encalado, permitirá incrementar los niveles de pH y la mineralización de N. Adicionalmente es necesaria la capacitación a los agricultores sobre sistemas de cultivo múltiples y manejo integral de la fertilidad, y promover procesos de co-innovación en donde ellos puedan integrar y experimentar sus propias ideas.

Conclusiones

La integración de fertilización órgano-mineral, canavalia y retención de residuos demostraron que hay oportunidades para promover la intensificación agroecológica hacia sistemas agrícolas sostenibles. El actual esquema de manejo de la fertilización y de residuos necesita ser rediseñado hacia estrategias que mejoren la nutrición de los cultivos y el contenido de materia orgánica, además de ser opciones que puedan incrementar los ingresos monetarios de las unidades de producción.

Referencias bibliográficas

- CONEVAL (2012) Construcción de las líneas de bienestar. Documento metodológico. México, 81p.
- Flores-Sanchez D, A Pastor, EA Lantinga, WAH Rossing, MJ Kropff (2013) Exploring maize-legume intercropping systems in Southwest Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37: 1-23.
- Flores-Sánchez D, JCJ Groot, EA Lantinga, MJ Kropff, WAH Rossing (2014) Options to improve family income, labor input and soil organic matter balances by soil management and maize–livestock interactions. *Exploration of farm-specific options for a region in Southwest Mexico. Renewable Agriculture and Food Systems* DOI: 10.1017/S1742170514000106.
- Flores-Sanchez D, J Kleine Koerkamp-Rabelista, H Navarro-Garza, EA Lantinga, WAH Rossing, MJ Kropff (2011) Diagnosis of agro-ecological engineering of maize-based smallholder farming systems in Costa Chica, Guerrero state, Mexico. *Nutrient Cycling in Agro-Ecosystems*. DOI: 10.1007/s10705-011-9455-z.



- Groot JCJ, GJM Oomen, WAH Rossing (2012) Multi-objective optimization and design of mixed farming systems. *Agricultural Systems* 110: 63-77.
- Janssen BH, FCT Guiking, D van der Eijk, EMA Smaling, J Wolf, H van Reuler. (1990) A system for quantitative evaluation of the fertility of tropical soils QUEFTS. *Geoderma* 46: 299-318.
- Mann L, V Tolbert, J Cushman (2002) Potential environmental effects of corn (*Zea mays* L.) stover removal with emphasis on soil OM and erosion. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 149-166.
- Yang HS, BH Janssen (2000) A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. *European Journal of Soil Science* 51: 517-529.