

Milpa intercalada con árboles frutales para la resiliencia al cambio climático, la sustentabilidad ambiental y la seguridad alimentaria en Nicaragua

Milpa interspersed with fruit trees for resilience to climate change, environmental sustainability and food security in Nicaragua

Jairo Rojas Meza

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, FAREN- Matagalpa, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2231-4054> / jrojas_12@yahoo.com



RESUMEN

En este escrito se propone el diseño del sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) para transformar el actual modelo de milpa, integrada principalmente por los rubros maíz y frijol. En Nicaragua se sembraron en el ciclo productivo 2018-2019 más de 900 000 manzanas (632 447 ha) de estos rubros, que, a pesar de sus bajos rendimientos, producen lo suficiente para el consumo nacional y en el caso del frijol más de un millón de quintales de excedente, para abastecer los mercados, especialmente de Centroamérica. Sin embargo, este modelo productivo presenta síntomas de agotamiento, especialmente por la pérdida de la fertilidad de los suelos, generada por la erosión y una baja capacidad de ciclaje de nutrientes, así como la vulnerabilidad frente al fenómeno del cambio climático. Se argumenta que el modelo MIAF aplica ciertos principios de la agroecología, los cuales pueden ser mejorados mediante los criterios de biodiversidad funcional y ensamblajes apropiados, aprovechando las sinergias y las posibilidades que brinda la restitución de los equilibrios ecológicos en el sistema. La difusión del sistema MIAF requiere procesos de investigación participativa, que permita comprender las combinaciones de biodiversidad más apropiadas; la dinámica y el manejo de plagas y enfermedades utilizando estrategias agroecológicas integradas; los tipos de podas que mejor responden a los objetivos del sistema, así como el monitoreo de la evolución de los principales indicadores socio productivos.

Palabras clave: agroecología, sustentabilidad, biodiversidad funcional.

ABSTRACT

In this essay, the Milpa System Interspersed with Fruit Trees (MIAF) is proposed to transform the current milpa model, mainly composed of maize and beans. In Nicaragua, more than 900 000 manzanas (632 447 ha) of these crops were planted in the 2018-2019 production cycle, which, despite their low yields, produce enough for national consumption and in the case of beans with more than 1 million quintals of surplus, to supply markets, especially in Central America. However, this productive model shows symptoms of depletion, especially due to the loss of soil fertility, generated by erosion and a low capacity for nutrient cycling, as well as vulnerability to the phenomenon of climate change. It is argued that the MIAF model applies certain principles of agroecology, which can be improved through the criteria of functional biodiversity and appropriate assemblages, taking advantage of the synergies and the possibilities offered by the restitution of ecological balances in the system. The dissemination of the MIAF system requires participatory research processes that allow understanding the most appropriate combinations of biodiversity; the dynamics and management of pests and diseases using integrated agroecological strategies; the types of pruning that best respond to the objectives of the system, as well as the monitoring of the evolution of the main socio-productive indicators.

Keywords: Agroecology, sustainability, functional biodiversity.

Recibido: 2 de marzo del 2019
Aceptado: 29 de mayo del 2019



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

Copyright 2019. Universidad Nacional Agraria

Cada día existe mayor conciencia de la necesidad de rediseñar los agroecosistemas bajo principios que generen mayor resiliencia al cambio climático y que de forma simultánea contribuyan a la recuperación del suelo, el aumento de la biodiversidad, la generación de ingresos a las familias, mayor provisión de productos como la madera y diversidad de alimentos para el consumo de las familias.

En la actualidad en Nicaragua, los agroecosistemas de café y cacao son los que mejor combinan los elementos de la sustentabilidad ambiental, social, económica y que aplican los principios de la agroecología. En general se estima que un sistema natural tiene una mayor productividad total que un sistema intervenido, incluyendo los valores de todos los servicios ecosistémicos (Rapidel, 2008).

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Estos se clasifican en servicios de abastecimiento (alimento, agua dulce, leña, fibras, compuestos bioquímicos y recursos genéticos); servicios de regulación (climática, control de enfermedades, purificación del agua y polinización); servicios culturales (espiritual y religioso, recreativo, estético, inspiracional, educacional, sentido de placer, herencia cultural); y servicios de soporte (formación de suelo, reciclaje de nutrientes y producción primaria) entre otros (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Para el ciclo 2017 – 2018 se sembraron en Nicaragua 907 000 manzanas de maíz y frijol, que representa aproximadamente 55% del área total del conjunto de cultivos del país (SNPCC, 2018). Si bien el cultivo de estos rubros, es fundamental para la Soberanía y Seguridad Alimentaria, se producen generalmente en condiciones de laderas, que ha venido generando procesos de erosión y pérdida de la fertilidad natural del suelo, poniendo en riesgo la mejora de la productividad.

En este ensayo se plantea una propuesta de reconversión o rediseño de estos sistemas, utilizando los principios de la agroecología aplicados a modelos desarrollados en Nicaragua y otras partes del mundo, que han mostrado sus bondades en mayor producción de biomasa (madera, leña, frutos, entre otros) y la generación de servicios ecosistémicos, con todos los beneficios que significa para las familias, comunidades y el país. Se parte de la hipótesis que es posible esta reconversión mediante la estrategia de coordinación inter institucional (INAFOR, junto al Sistema Nacional de Producción, Consumo y Comercio, organizaciones de productores, las alcaldías municipales, universidades, centros de investigación, entre otros protagonistas); la investigación y gestión del conocimiento, el diálogo de saberes y el fortalecimiento de los mercados alternativos.

Desarrollo de la propuesta

Principios de la agroecología como guía para el diseño de sistemas sostenibles. Los modelos agroecológicos como los Sistemas Agroforestales (SAF) están inspirados en un conjunto de principios y en el funcionamiento de los ecosistemas naturales. Existen principios derivados de la ecología y otros que han sido aportados por las ciencias sociales. Rosset y Altieri (2017) mencionan seis principios ecológicos:

a) *Diversificación en tiempo y espacio.* Se puede afirmar que este es un principio sinérgico, por cuanto su utilización apropiada en el diseño de agroecosistemas, se encuentra estrechamente relacionado con la mayoría de los principios, coadyuvando a un mejor desempeño de estos.

b) *Reciclaje de nutrientes y materia orgánica, optimizando la disponibilidad de nutrientes y su balance.* La diversificación de especies provee la materia prima para el enriquecimiento del suelo. A mayor diversificación, existe mayor disponibilidad de material vegetal, que eventualmente entra en proceso de descomposición a partir del aumento de micro organismos. La región del pacífico fue sujeta a un proceso intenso de artificialización de los agroecosistemas. Por ejemplo, los ciclos naturales de reciclaje de nutrientes fueron sustituido por el uso de fertilizantes químicos, para cultivos como la caña de azúcar que aún persiste y, el algodón, que posteriormente fue sustituido por el maní. No así en las regiones de la Costa Caribe, donde ha predominado la agricultura tradicional, más dependiente de los ciclos naturales.

c) *Provisión de condiciones edáficas óptimas para el crecimiento de cultivos, manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo.* La presencia de materia orgánica mediante la integración de las hojas y demás material vegetal, la incorporación de estiércoles, la siembra de plantas leguminosas, entre otras prácticas, facilitan la aplicación de este principio.

d) *Minimización de pérdidas de suelo y agua, manteniendo la cobertura de este, controlando la erosión y manejando el microclima.* El hecho de tener mayor disponibilidad de materia vegetal sobre la superficie del suelo, disminuye la pérdida de éste y preserva más tiempo la humedad; se puede complementar con la disposición de obras físicas, usando tanto el material vegetal como tallos y ramas generados en el sistema, ubicadas en los puntos más propensos a la escorrentía.

e) *Minimización de pérdidas por insectos, patógenos y mediante medidas preventivas y estímulo de fauna benéfica, antagonista, alelopatía, etc.* La prioridad principal en el manejo del sistema como un todo es crear un agroecosistema más complejo y diverso, porque solo con mucha diversidad

ARTÍCULO DE OPINIÓN

hay un potencial de obtener interacciones benéficas. La diversificación conduce a cambios positivos en las condiciones abióticas y atrae poblaciones de artrópodos benéficos y otros animales. Se desarrollan cualidades emergentes que permite la regulación de las poblaciones de plagas (Gliessman, 2002). En el manejo de plagas, las poblaciones pueden ser controladas por las interacciones en el sistema, establecidas intencionalmente por quien maneja el agroecosistema.

f) Aprovechamiento de sinergias que emergen de interacciones planta – planta, planta y animales. Crear sinergias en los sistemas alimentarios reporta múltiples beneficios. Mediante la optimización de las sinergias biológicas, las prácticas agroecológicas potencian las funciones ecológicas, lo que da lugar al aumento de la eficiencia en el uso de los recursos y la resiliencia. A escala mundial, la fijación biológica de nitrógeno por las leguminosas en sistemas de cultivos intercalados o rotaciones ahorra cerca de USD 10 000 000 en fertilizantes nitrogenados cada año, al tiempo que contribuye a la salud del suelo y a la mitigación y adaptación al cambio climático (FAO, sf).

La transformación de los ecosistemas naturales en agroecosistemas, es una acción humana realizada mediante la interacción social, por tanto, la identificación y uso de los principios también. En este sentido, la utilización de los principios ecológicos para construir una agricultura sustentable (agroecológica o agroecosistemas sustentables) requiere de la aplicación de un conjunto de principios socio económicos y políticos, entre los más relevantes encontramos:

a) Coordinación inter institucional entre actores institucionales y protagonistas del desarrollo agropecuario y forestal. La transformación de los ecosistemas naturales en el caso nicaragüense, ha sido un proceso gradual y diferenciado. En este, han tenido influencia un conjunto de factores como las políticas públicas, el mercado, especialmente la demanda internacional y la propia acción de los productores y sus organizaciones. La aceleración hacia la dirección de determinado cambio, requiere de la acción planificada y organizada de estos actores. En el país se ha avanzado en la concepción del Sistema Nicaragüense de Investigación e Innovación Agropecuaria (SNIA) con expresiones en los territorios mediante los Núcleos de Investigación e Innovación (NIT), siendo potencialmente un mecanismo para la coordinación de los esfuerzos planteados.

b) Investigación y diálogo de saberes para acelerar la innovación. La forma de pensar los procesos de innovación ha cambiado en las últimas décadas, desde una visión lineal, que parte de la generación de tecnologías y conocimiento en los centros de investigación experimentales, estas se transfieren, siendo adoptadas o no por los productores. Esta vi-

sión ha sido reconsiderada, ubicando a los productores (as) como protagonistas que manejan conocimiento derivado de su experiencia y de la transferencia social que se produce de una generación a otra. Por tanto, la corriente que comienza a prevalecer en la construcción colectiva del conocimiento es través del diálogo de saberes. Esta perspectiva, se enriquece además con enfoques como la Investigación Acción Participativa (IAP), la investigación colaborativa y un mayor protagonismo de los productores en la dinámica de la innovación.

c) Mercados alternativos para la producción generada en modelos agroecológicos. El tema de los mercados en un aspecto que no se puede obviar, considerando que es un incentivo que mueve la acción individual y colectiva. Hasta el momento, en el país no existe diferenciación en precios de productos que han sido generados en sistemas convencionales y aquellos producidos en modelos agroecológicos. La CLAC (2017) reporta impactos favorables en los productores, sus familias y comunidades de quienes participan en el mecanismo de Comercio Justo de café. El mercado es una construcción social, por tanto, se debe trabajar en estrategias que fortalezcan las posibilidades de mejores oportunidades de precio para este tipo de producción.

En general, se puede afirmar que los datos procedentes de una larga serie de estudios, señalan que con el tiempo, los sistemas agroecológicos obtienen niveles más estables de producción total por unidad de superficie que los sistemas de alta productividad, y que exhiben retornos favorables a la inversión económica y a la mano de obra, y otros insumos que resultan suficientes para poder ofrecer unos medios de vida aceptables a las familias campesinas y para garantizar la conservación y protección del agua y los suelos, además conservar la biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2012).

Modelos agroecológicos. En la búsqueda de aumentar la productividad agropecuaria y forestal, pero quizá con mayor fuerza en la preocupación de disminuir los efectos que ha tenido el modelo convencional sobre los recursos naturales (especialmente suelo, agua y biodiversidad) se han creado varios modelos que tratan de aplicar los principios de la agroecología, simulando el funcionamiento de los ecosistemas naturales. En este esfuerzo, se ha contado con la referencia y experiencia en el manejo de agroecosistemas comunitarios, algunos utilizados desde hace miles de años, transferidos de generación en generación y que muestran las posibilidades de producir a lo largo del tiempo, manteniendo la calidad de los recursos naturales.

Dentro de los modelos agroecológicos se encuentran los Sistemas Agroforestales (SAF). Este es el nombre genérico utilizado para describir un sistema de uso de la tierra, en el que los árboles se combinan espacial y/o temporalmente con animales o cultivos agrícolas. Los SAF son una alternativa

ARTÍCULO DE OPINIÓN

para el manejo de zonas de bosque seco tropical de laderas intervenidas o en degradación. Sus beneficios se basan en el uso eficiente de los recursos, la productividad y la Seguridad Alimentaria Nutricional (SAN) de las comunidades rurales (Mazo, Rubiano y Castro, 2005).

Los SAF han sido clasificados según su estructura en el espacio, la importancia relativa, la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalecientes. Según la IDEAM (2011) esta clasificación ha sido necesaria para proveer un marco conceptual que permita evaluar los distintos sistemas y así desarrollar planes de acción para su mejoramiento. En ese sentido, los criterios de clasificación son los siguientes:

a) Criterios de arreglo (secuenciales, coincidentes, interpolados, entre otros); b) de arreglo espacial (sistemas mixtos, densos, en franjas); c) funciones de los componentes (alimentos, leña, forraje, cercas vivas, conservación de suelos, entre otros); d) zonas agroecológicas donde se desarrolla (zonas altas, semiáridas, etc).

En este ensayo se identificarán los modelos SAF más relevantes y se hará énfasis en el modelo Milpa Intercalada con Árboles Frutales y Forestales (MIAFF).

Modelo Quesungual. Es una práctica ancestral, heredada de Los Lencas, Honduras que fue identificada en el marco del proyecto PROLESUR. El propio término Quesungual, se acuñó en honor a la comunidad donde por primera vez se observó la utilización de este sistema de prácticas (FAO, 2005). En términos de rendimiento al inicio son bajos, pero a medida que se maneja la cobertura en el suelo, se practica la poda de árboles, reduce la competencia de malezas y mejora la fertilidad, permite incrementar los rendimientos en forma paulatina. En el aspecto social en las comunidades donde se ha implementado este sistema han mejorado los indicadores de la calidad de vida de las familias, como la Seguridad Alimentaria Nutricional (SAN); reducido el deterioro ambiental, la conservación de una práctica cultural ancestral y disminución de insumos externos.

Modelo sistema sucesional agroforestal (SAF – Sucesionales). Es denominado también como Parcelas Sucesionales Multiestrato (PSME), son sistemas agroforestales que consisten en el asocio masivo de cultivos anuales y perennes con especies arbóreas de diferentes hábitos de crecimiento, usos y beneficios que imitan la estructura y dinámica sucesional del bosque natural. Este sistema es apto para productores con cantidades de terreno y mano de obra familiar que dependen de la agricultura. Los SAF sucesionales son especialmente útiles para promover alternativas de ingresos para comunidades de Áreas Protegidas (APs).

Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) es considerada una innovación, constituido por tres especies, el árbol frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y el frijol u otra especie comestible, de preferencia leguminosa (sotocultivo) en intensa interacción agronómica que tiene como propósito la producción de maíz y frijol como elementos estratégicos para la Seguridad Alimentaria de las familias rurales, incrementar de manera significativa el ingreso neto familiar, incrementar el contenido de materia orgánica, controlar la erosión hídrica del suelo y con ello lograr un uso más eficiente del agua de lluvia (SAGARPA, 2010).

La tecnología MIAF tiene dos precursores, uno es el modelo de intensificación de la Milpa Histórica (MH) desarrollada por productores tradicionales de la región San Martín Texmelucan, en el estado de Puebla, que introduce el cultivo de árboles frutales en interacción con la milpa; el segundo es la tecnología de terraza de muro vivo para laderas (Turrent et al. 2017).

En general el diseño del sistema requiere de las siguientes actividades de acuerdo con SAGARPA (2010).

a) *Terrenos con pendiente moderada:* en terrenos con pendiente menor a 20%, el modelo MIAF consiste en tres franjas de 4.8 m de ancho. La Franja central está ocupada por los árboles frutales y las franjas laterales por el maíz o frijol en seis surcos de 0.80 m de ancho cada uno, alternando dos surcos de maíz de dos surcos de frijol. En esta distribución espacial, los cultivos ocupan la tercera parte de terreno cada uno. Se recomienda que en el primer año de plantación de los árboles dejar por los menos una franja de 1.6 m a cada lado y a partir de ahí sembrar los cultivos básicos (14 surcos de 0.8 m de separación).

La repetición de este módulo a lo ancho del terreno da lugar a una separación entre hileras de 14.4 m, con 12 surcos de maíz y frijol entre ellas en el segundo año. Los árboles se plantan al centro de la franja con una separación de un metro, para las condiciones de riego y secano, con una sola rama de estructura en forma alterna.

b) *Laderas con pendientes pronunciadas:* En laderas con pendiente entre 20 y 40%, el diseño MIAF consiste de una anchura total de 10.6 m, la cual está dividida en tres franjas, una central de 4.2 m ocupada por árboles frutales y una a cada lado donde se siembran los cultivos anuales. En la franja central los árboles están plantados al centro, con una separación sobre la hilera de un metro. En las franjas laterales deben sembrarse cuatro surcos de 0.8 m de ancho cada uno, de los cuales dos son de maíz y dos de frijol o de otra leguminosa de manera alterna.

Para el establecimiento del sistema se requiere:

a) *Árboles frutales:* se deben seleccionar especies que produzcan frutos de calidad para consumo fresco y el procesa-

ARTÍCULO DE OPINIÓN

miento para plantas agroindustriales de pequeña escala (familiar o comunitario). Las especies deben estar adaptadas al clima y suelo del productor y responder a la conducción y poda de tipo tatura, así como la resistencia a plagas y enfermedades. En el caso de Nicaragua, particularmente para la región central y pacífica, se recomiendan las especies cítricos, guayaba, papaya y jocote, que son plantas de porte medio y cumplen con los criterios antes mencionados.

b) Plantación: bajo condiciones de ladera, el trazo de las hileras de contorno se realiza utilizando cualquier de los siguientes instrumentos: aparato A, clisímetro, manguera, nivel montado o nivel de mano. Uno de los más utilizados por su versatilidad y facilidad de construcción es el aparato A. El trazo de la primera fila se realiza en la parte del terreno con la mayor longitud, esta línea será la base de referencia a partir de la cual se trazarán las demás hileras de plantación, casi en forma paralela dependiendo de la variación de la pendiente del terreno (SAGARPA, 2010).

La cepa para plantar el arbolito, dependiendo de las características del suelo, debe hacerse pocos días antes de plantar y cuando ya esté establecida la época de lluvias, exceptuando si se cuenta con riego. El suelo de la capa arable y del subsuelo debe ser separado, para que al momento de plantar y de rellenar la cepa sean invertidas las capas del suelo para facilitar un mejor desarrollo de las raíces. Una vez desprendida la bolsa de polietileno, deben cuidarse de no lastimar raíces, si existen algunas fuera de la base de la bolsa, deben ser podadas al ras de ésta, de lo contrario éstas raíces provocarán un retraso en el establecimiento y crecimiento del árbol plantado (SAGARPA, 2010).

c) Patrón de cultivos (maíz, frijol y otros): el patrón de cultivos y de manera particular las variedades de maíz y frijol, dependerán de las condiciones particulares edafoclimáticas. De igual manera la densidad y distancia de siembra debe considerar los resultados de investigaciones realizadas por las instituciones de investigación. Se sugiere valorar el uso de materiales criollos, especialmente aquellas semillas que han sido purificadas mediante procesos de fitomejoramiento participativo.

d) Formación y poda de árboles: la poda es una práctica que beneficia no solo la calidad y cantidad de los frutos, sino también favorece la preservación de la planta como unidad productiva (Percie, M., Borda, M., Fedysza, K., y López, C., 2011). La realización de esta práctica en árboles frutales de una especie o sistemas como los MIAF requiere del conocimiento de la estructura y fisiología de la planta. Para realizar de forma apropiada esta actividad, es necesario conocer a través de la observación y de la práctica el comportamiento natural de los árboles en un ambiente particular.

Existen cuatro tipos principales de poda de los árboles frutales; a) *poda de formación:* consiste en una serie de podas en los primeros años de vida con el objetivo de dar la forma que uno desea al árbol. El objetivo principal de esta poda es el establecimiento de las ramas principales sobre las cuales se desarrollarán las ramas fructíferas; b) *Poda de fructificación:* busca establecer y renovar las ramas fructíferas, procurando la producción regular, tamaño y calidad óptima de frutos. La naturaleza de este tipo de poda dependerá de la especie, por lo general se realiza en período de receso vegetativo, entre los meses de noviembre y febrero; c) *Poda de mantenimiento y fructificación:* busca mantener la forma y tamaño deseada del árbol. También, renovar las ramas fructíferas, logrando una producción regular de frutos, así como, facilitar la entrada de la luz al árbol, eliminar ramas secas, enfermas y chupones; d) *Poda de restauración:* se realiza en árboles viejos, abandonados, que no han recibido manejo de poda, o sometidos a una situación de estrés, que haya producido destrucción de ramas en el árbol; e) *Raleo de frutos:* consiste en remover el exceso de flores y frutos en estado inicial de desarrollo, manteniendo una carga apropiada de éstos, para una mejor producción.

CESTA (2011) sugiere un conjunto de cuidados que se deben cumplir al momento de podar:

- Cuando se podan las ramas hay que hacer los cortes al ras de los tallos, colocando la hoja con filo de la tijera pegado al tallo y no dejar pequeños tocones.
- Hay que evitar mallugamientos o desgarres de la cascara y procurar hacer cortes en chaflán para que no se quede agua retenida y no entren hongos.
- Después de realizar los cortes hay que aplicar recubrimientos que eviten el desarrollo de enfermedades. Así mismo, desinfectar las herramientas como la tijera, con alguna solución de productos; preferiblemente de origen orgánico y que haya demostrado su efectividad.

e) Manejo de plagas y enfermedades: el sistema MIAF en su concepción e implementación no establece una estrategia para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Sin embargo, es universal el principio de que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente. Buscar evidencias acerca de las relaciones entre diversificación de la vegetación y la dinámica poblacional de herbívoros y sus enemigos naturales es una línea promisoría de investigación. El manejo agroecológico de plagas y enfermedades tiene como propósito aumentar la diversidad selectiva de plantas y entomofauna asociada clave para alcanzar regulación biótica y no adicionar una colección de especies al azar (Altieri, y Nicholls, 2006).

Para realizar un manejo apropiado de un sistema MIAF se hace imprescindible el conocimiento de las bases de la agroecología. Como afirman los autores antes men-

ARTÍCULO DE OPINIÓN

cionados, al diseñar un agroecosistema sostenible debemos formularnos las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las plagas y enfermedades más importantes que requieren manejo? ¿Cuáles son los depredadores y parasitoides más importante de la plaga? ¿Cuáles son los requerimientos alimenticios primarios, el hábitat, entre otras demandas de las plagas y enemigos naturales? Desde esta perspectiva el manejo agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, entre otros) para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Uno de los mayores desafíos de quien diseña un sistema sostenible es identificar ensamblajes de biodiversidad, ya sea a nivel de campo o paisaje, que podrán incrementar la biodiversidad funcional. En ese sentido, el diseño de un MIAF debe realizarse tomando en consideraciones las sinergias entre los componentes del sistema y el fortalecimiento de la diversidad selectiva.

g) *Filtros de escurrimientos o barreras contra la erosión*: el filtro de escurrimiento a base de rastrojo de maíz entrelazado, soportado por los troncos de los árboles, es un componente fundamental en el sistema MIAF para el control de la erosión hídrica. En los dos primeros años, el filtro debe ser reforzado con estacones de madera, dispuestos a lo largo de la hilera, dado que los árboles no tienen el vigor suficiente para resistir el filtro y los sedimentos acumulados. El filtro puede ser reforzado con madera podada, paja de frijol y otros residuos generados en la parcela (SAGARPA, 2010).

h) *Ingresos generados por el sistema MIAF*: La inclusión del cultivo de árboles frutales a MIAF enriquece a la milpa en tres ámbitos: el incremento significativo del ingreso neto familiar, la protección del suelo contra la erosión y el incremento localizado del contenido de materia orgánica del suelo -este último asociado con la instalación anual del filtro de escurrimientos. Por diseño, los árboles frutales ocupan el tercio de una hectárea de MIAF en pendientes someras, en el que se ubica una población de 695 árboles frutales. En los dos tercios restantes de la hectárea MIAF se ubica a 30 000 plantas de maíz y 80 000 plantas de frijol. Las poblaciones totales del epicultivo, mesocultivo y sotocultivo, aproximan a las poblaciones totales de dos hectáreas manejadas de manera convencional, una con frutales y otra con milpa. Con esta intensificación se logra ventaja de la interacción entre especies botánicamente distintas y complementarias entre sí, en el uso del espacio y el tiempo.

De acuerdo con las condiciones naturales de la parcela, si ésta presenta zonas de escurrimientos, se podrán realizar pequeñas retenciones continuas, para almacenar agua y reducir la velocidad de la misma. Si el propósito es acumular agua para uso del propio sistema, se sugiere sellar con arcilla o plástico la parte inferior del reservorio para evitar la infiltración.

Algunos desafíos de la investigación sobre MIAF. Se requiere el diseño de parcelas de investigación de largo plazo, en diferentes condiciones agroecológicas, que permita evaluar distintos componentes del modelo y éste en su conjunto. A continuación se mencionan ejes de investigación que serán necesarios impulsar, mediante enfoques participativos: a) evaluación de diseños integrados por especies frutales diversas, en su integración de maíz y frijol, en términos de producción por rubro, costos de producción, rentabilidad y biomasa total; b) dinámica de las plagas y enfermedades por la diversificación de la parcela, considerando el rol de los enemigos naturales en el equilibrio de éstas; c) reciclaje de nutrientes y mejora de la fertilidad de los suelos; d) evaluación de sistemas de poda para las distintas especies, establecidas en la variedad de condiciones agroecológicas; e) respuesta del sistema MIAF a la integración de estrategias, métodos y técnicas agroecológicas como la cosecha de agua, el establecimiento de pequeños corredores ecológicos en las fincas, la siembra e incorporación de leguminosas, entre otras.

CONCLUSIONES

El modelo de milpa (maíz, frijol) ha dado muestras de agotamiento, el cual se expresa en la reducción en el avance relativo y en algunos casos, reducción de los rendimientos por unidad de área. Así mismo, los efectos ambientales de este modelo se expresan por los altos niveles de erosión de suelos, especialmente en las zonas de laderas, por el empobrecimiento de la fertilidad y la explosión de plagas y enfermedades que ponen en riesgo la productividad. Este modelo que fue la base tecnológica por miles de años en Mesoamérica, se sustentó en una dinámica de descanso de las parcelas, mediante barbechos de mediano y largo plazo y el traslado a nuevas áreas que eran sometidas a la roza, tumba y quema, que permitían la recuperación de la biodiversidad y en consecuencia el restablecimiento de los ciclos biogeoquímicos, claves para el restablecimiento de la fertilidad natural y los equilibrios naturales.

El sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) mejorado con el uso de los principios agroecológicos, planteados en este ensayo, podría ser la alternativa más apropiada para la transformación de casi un millón de manzanas de maíz y frijol que se establecen año con año en Nicaragua. Harían más resilientes estos sistemas a los embates del cambio climático que año tras año amenaza la producción de alimentos y la subsistencia de miles de familias, que dependen de estos rubros. El camino por recorrer es aun extenso para el ajuste de modelo de producción. Se requiere comprender en cada condición, territorio—edafo climático, cuál es el mejor diseño, los mejores ensamblajes de biodiversidad, que genere las mejores sinergias entre los distintos componentes, los mejores rendimientos de biomasa útil para las familias campesinas y sustancialmente los servicios ecosistémicos para las poblaciones urbanas y rurales.

ARTÍCULO DE OPINIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M., y Nicholls, C. (2006). *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Segunda edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Universidad Autónoma Chapingo. México, Distrito Federal. 310 p.
- CESTA. (2011). *Manejo agroecológico de árboles frutales y forestales*. Serie de Cuadernillos en Agroecología. Primera edición, amigos de la tierra. San Salvador, 40 p.
- CLAC. (2017). *Evaluación del impacto en organizaciones certificadas en café Comercio Justo Fair Trade Nicaragua*. Informe de Consultoría. Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de comercio Justo. 102 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2005). *El Sistema Agroforestal Quezungual*. Una opción para el manejo de suelos en zonas secas de laderas. SEL. Honduras. 50 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s.f). *Sinergias: crear sinergias potencia las principales funciones de los sistemas alimentarios, lo que favorece la producción y múltiples servicios ecosistémicos*. Recuperado de <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/synergies/es/>
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.
- IDEAM. (2011). *Sistemas Agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al Cambio Climático en Alta Montaña*. Caso piloto. Proyecto nacional, INAP – Bogotá, Colombia.
- Percie, M., Borda, M., Fedysza, K., y López, C. (2011). Efectos del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en arándano Altos del Sur en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(3), 268-274.
- Rapidel, B. 2008. *Agroforestry System with Perennial Crops*. CIRAD CATIE, San José Costa Rica.
- Rosset, P. y Altieri, M. (2017). *Agroecología Ciencia y Política*. Sociedad Latinoamericana de Agroecología. 208 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2010. *Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF)*. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, México.
- SNPCC (Sistema Nacional de Producción, Consumo y Comercio). (2018). *Plan de Producción Consumo y Comercio, Ciclo 2018-2019*. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. 75 p.
- Mazo, N., Rubiano, J., y Castro, A. (2015). *Sistemas Agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de bosque seco tropical en el Suroccidente Colombiano utilizando los SIG*. Cuadernos de Geografía. Num. 25 (1), páginas 65-77.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystem and human Well – Being, A Framework For Assessment*. Island Press. 212 p.
- Turrent, A., Cortés, J., Espinoza, A., Hernández, E., Camas, R., Torrés, J., Zambada, A. (2017). MasAGRO o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1169-1185.