

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES; UNA ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA PRESIÓN SOBRE LOS BOSQUES

Cupertino Ovidio Pérez Vásquez



Instituto de Investigaciones -IDICUSAM-

Cuaderno de Investigación No. 23



DIRECTORIO



Director del -CUSAM-

MSc. Juan Carlos López Navarro

Coordinador de Investigación

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez

INVESTIGADORES

MSc. Erick Iván de León de León

Ing. Agr. Cupertino Ovidio Pérez Vásquez

Lcda. Marcia Etelvina Fuentes Fuentes

Ing. Agr. David Antonio Makepeace Alfaro

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado

Lic. José Gerardo Velásquez Andrade

SECRETARIA

Lcda. Emma Eloísa Gómez Funes

Cuadernos de investigación

El Instituto de Investigaciones del Centro Universitario de San Marcos -IDICUSAM-, tiene como propósito divulgar a la comunidad nacional e internacional investigaciones originales e inéditas en las diferentes áreas del conocimiento a través de los cuadernos de investigación; con la finalidad de cooperar en el estudio y propuestas de solución de los problemas regionales y nacionales, con la integración de las funciones universitarias y de trabajo en equipo de la investigación multi, inter y transdisciplinarios. Los manuscritos están citados de acuerdo con las Normas APA (American Psychological Association), del mismo modo se rigen de acuerdo con Normas Internacionales Sobre Protección de los Derechos de autor, con criterios específicos de la licencia Creative Commons 4.0.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este texto, por cualquier medio, sin la autorización escrita del autor.



LOS SISTEMAS AGROFORESTALES; UNA ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA PRESIÓN SOBRE LOS BOSQUES.

Cupertino Ovidio Pérez Vásquez

Vigésimo tercero edición: enero-febrero 2024

© Derechos reservados:

Instituto de Investigaciones Centro Universitario de San Marcos.

Editado

Instituto de Investigaciones Centro Universitario de San Marcos.

Diseño de portada y diagramación:

Lcda. Marcia Etelvina Fuentes Fuentes

Email: idi@cusam.edu.gt

ISBN: 978-9929-8165-0-3

1 texto electrónico (págs. 23) archivo PDF (Cuadernos de investigación)

Índice de contenido

1	Resumen	1
2	Summary	1
3	Introducción	2
4	Descripción de la metodología	4
5	Revisión de literatura	4
5.1	Sistema agro-forestal café-frutales arboles maderables	4
5.2	Sistema agroforestal árboles de uso múltiple en cultivos anuales -maíz-frijol-haba-cucurbitáceas	6
5.3	Sistema agroforestal árboles de uso múltiple asociado con árboles frutales y cultivos limpios	9
5.4	Sistema agroforestal árboles de uso múltiple en cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	11
5.5	Árboles de uso múltiple en linderos	12
5.6	Árboles navideños dispersos en el cultivo	12
5.7	Árboles de uso múltiple en curvas a nivel	12
6	RESULTADOS	13
6.1	Sistema agroforestal de árboles de uso múltiple en cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	14
6.2	Sistema agroforestal de árboles de aguacate más la integración de árboles frutales y forestales	15
6.3	Árboles frutales y forestales dentro del cultivo de maíz	15
6.4	Sistema agroforestal cultivo del café frutales y arboles maderables	16
6.5	Sistema agroforestal árboles de uso múltiple asociado en cultivos de hortalizas	17
6.6	SAF Cultivo limpio con árboles forestales (pinabete)	17
7	Conclusiones	18
8	Bibliografía	19
9	Anexos	20

Índice de tablas

Tabla 1 Especies arbóreas, arbustivas y hierbas en los sistemas agroforestales.....	13
---	----

Índice de figuras

Figura 1 Árboles de uso múltiple en cultivo de papa.....	14
Figura 2 SAF árboles de uso múltiple.....	15
Figura 3 Cultivo limpio en asocio con árboles frutales y forestales.....	16
Figura 4 Incorporación de especies de uso múltiple en el cultivo del café.....	16
Figura 5 árboles de uso múltiple en cultivo de hortalizas.....	17
Figura 6 incorporación de pinabete en cultivos limpios.....	18

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES; UNA ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA PRESIÓN SOBRE LOS BOSQUES

Cupertino Ovidio Pérez Vásquez
ORCID 000-0001-6986-8316

1 Resumen

Regularmente el asocio de especies forestales y frutales con cultivos limpios tienen limitación y son poco atractivo para el productor debido a la falta de manejo y a una distribución objetiva dentro de la parcela. El área estudiada lo conforman municipios del altiplano de San Marcos encontrando un marcado minifundio. Las características de los sistemas de producción en la zona son diversos y se encuentra desde sistemas agroforestales con café, con cultivos anuales, frutales asociados con árboles forestales y forrajeros, entre otros. Las visitas de campo en municipios del altiplano fueron fundamentales para la investigación, se entrevistaron a personas que poseen los diferentes arreglos sistemáticos identificados en sus parcelas, además se hizo una investigación secundaria sobre los sistemas agroforestales para cultivos perennes y cultivos anuales. Veinticuatro son las especies utilizadas dentro de los sistemas agroforestales, (árboles forestales, frutales, arbustos y pasto). Se identificaron 6 arreglos productivos frecuentes, los distanciamientos en campo de los diferentes socios o distribuciones no coinciden con lo que técnicamente han recomendado expertos en el tema.

Palabras clave

Arreglo productivo, asocio, cultivo limpio, biodiversidad, paisaje.

2 Summary

The association of forest and fruit species with clean crops is often limited and unattractive to producers due to a lack of management and an objective distribution within the plot. The studied area consists of municipalities in the highlands of San Marcos, where there is a

noticeable prevalence of small-scale farming. The characteristics of the production systems in the area are diverse, ranging from agroforestry systems with coffee, annual crops, fruit trees associated with forest and forage trees, among others. Field visits to the municipalities in the highlands were crucial for the research. Interviews were conducted with individuals who have different systematic arrangements identified on their plots, and secondary research on agroforestry systems for perennial and annual crops was also carried out. Twenty-four species are used within the agroforestry systems (forest trees, fruit trees, shrubs, and grasses). Six common productive arrangements were identified, but the spacing in the field of the different associations or distributions does not align with what experts in the field have technically recommended

Keyword

Productive arrangement, association, clean cultivation biodiversity, landscape

3 Introducción

A medida que la población aumenta necesita de mayor cantidad de alimento, vivienda, combustible, entre otros; por lo tanto, la presión sobre el recurso suelo y bosque se hace más evidente ya que se necesita inevitablemente de los productos derivados de estos recursos para cubrir las necesidades vitales.

Si se analiza la capacidad de uso del suelo con fines de Agroforestería con cultivos anuales (Aa) ésta se realiza en áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo, de igual manera los Sistemas silvopastoriles (Ss) que permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas.

Regularmente el asocio de especies forestales y frutales con cultivos limpios tienen limitación y son poco atractivo para el productor debido a la falta de manejo y a una distribución objetiva de los mismos dentro de la parcela.

En tal sentido se tiene como como objetivo reducir la presión de acciones antropogénicas sobre el recurso bosques mediante la implementación de herramientas del

manejo del paisaje (HMP) definidas como “los elementos del paisaje que constituyen o mejoran el hábitat, incrementan la conectividad funcional o cumplen simultáneamente con estas funciones para la biodiversidad nativa”.

El área estudiada lo conforman municipios del altiplano de San Marcos encontrando un marcado minifundio. Las características de los sistemas de producción en la zona son diversos y se encuentra desde sistemas agroforestales con café, sistemas agroforestales con cultivos anuales o cultivos limpios en la parte alta y media, frutales asociados con árboles forestales y forrajeros entre otros.

Metodológicamente se hizo una revisión minuciosa de literatura sobre los sistemas agroforestales para cultivos perennes y cultivos anuales, así como visitas de campo a comunidades y municipios del altiplano y boca costa, se entrevistó a personas que poseen los diferentes arreglos identificados en sus parcelas, se consultó sobre las especies forestales y agrícolas que han establecido, el manejo que realizan, los productos que obtienen y el destino que le dan a estos y otros beneficios que perciben.

Las especies arbóreas más utilizadas dentro de los sistemas agroforestales SAF observadas en campo son 24 entre árboles forestales y frutales, arbustos aprovechados como pasto y hierbas o pasto que amarra el suelo, utilizados como barreras vivas. Se identificaron 6 arreglos productivos que es más frecuente encontrar y que tienen potencial de réplica y escala en la zona observada con finalidad de dar información de carácter técnico y preciso para que profesionales que trabajan en la zona puedan utilizar y compartir los mismos en sus áreas de intervención.

Los distanciamientos en campo de los diferentes socios o distribuciones no coinciden con lo que técnicamente han recomendado expertos en el tema, el agricultor realiza una agricultura intensiva; tratando que las ramas no se traslapen entre sí para evitar competencia.

Los resultados de la investigación podrán ser utilizada por funcionarios de organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, municipales, organizaciones locales y entidades de apoyo pudiendo luego, asesorar a los productores locales en la identificación de los arreglos a implementar o mejorar.

4 Descripción de la metodología

- a) Se realizó una investigación documental sobre los sistemas agroforestales para cultivos perennes y cultivos anuales de mayor envergadura en la región.
- b) La investigación primaria se realizó a través de visitas de campo a comunidades y municipios del altiplano y boca costa, se entrevistó a personas que poseen los diferentes arreglos identificados en sus parcelas, se consultó sobre las especies forestales y agrícolas que han establecido, el manejo que realizan, los productos que obtienen, el destino que le dan a estos y otros beneficios que perciben;
- c) Se realizó una documentación fotográfica de los diferentes arreglos como HMP que fueron encontrados en el transcurso del abordaje de campo.

El trabajo fue complementado con entrevistas individuales a profesionales expertos en el área agroforestal, indagando sobre participación y género, restauración, conservación de los recursos naturales renovables y su diversidad biológica asociada, a quienes se les consultó sobre los diferentes arreglos de Herramientas de Manejo del Paisaje que se identificaron durante la visita de campo.

5 Revisión de literatura

5.1 Sistema agro-forestal café-frutales arboles maderables

Según el Instituto Nacional de Bosques (INAB, 2015) los hogares guatemaltecos para cocinar y mantener caliente el ambiente necesitan consumir 28 millones de metros cúbicos de leña, de ellos 18 millones provienen del bosque natural, y muchas veces de procesos no regulados lo cual se convierte en causa de la deforestación y por ende degradación del recurso bosque.

La forma de uso y manejo de los recursos naturales asociadas entre cultivos agrícolas y especies leñosas o en explotaciones ganaderas en el mismo terreno de manera simultánea

es lo que se conoce como sistemas agroforestales, tienen como objetivo fomentar la diversificación forestal en tierras agrícolas (INAB , 2018).

Varias son las bondades que proporcionan los sistemas agroforestales como herramienta de manejo del paisaje dentro de ellas están la mejora de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, aportando fertilidad, controlando la erosión y mejorando la disponibilidad de agua, contribuye también en la captura de carbono, regulación de microclimas (ciclo hidrológico, sombra y vientos) refugio de vida silvestre, polinización, funcionan como corredores biológicos. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA , 2012), a la vez que la diversificación en la producción, reduce los riesgos económicos y la dependencia de un solo producto tal como lo indica (Velásquez , 2020).

La leña que se genera en la zona cafetalera, destinado para consumo o bien para la venta proviene del manejo de sombra del sistema del café, convirtiéndose en una fuente importante de ingresos económicos durante la época del año en la que el café no se comercializa.

Dentro del agro sistema café, como alternativa esta la producción de musáceas (banano y plátano) o árboles frutales (cítricos, aguacate) asociadas en forma dispersa dentro del cafetal, los cuales se usan para diversificar el ciclo anual de producción y diversificar la alimentación de la familia, permitiendo agenciarse de ingresos económicos, contribuyendo a la seguridad alimentaria del propietario.

Dentro de los sistemas agroforestales Café frutales-arboles maderables se puede incorporar en los linderos diversificando la producción árboles frutales naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), mandarina (*Citrus reticulata*), banano (*Musa paradisiaca*), aguacate (*Persea americana*) que mejoran el ciclo de producción de la parcela traduciéndose en mejores rendimientos económicos.

Para el establecimiento del cultivo de café se siguen las recomendaciones y técnicas adecuadas, con presencia de árboles de sombra que se adapten a las condiciones climáticas y que aporten abono y combustible a la parcela.

En el caso del cultivo de banano o plátano permite tener un producto alimenticio alternativo se puede plantar en los callejones del cafetal a distanciamiento sugerido de 2 metros entre plantas y a 6-7 metros entre hilera; dependiendo de las variedades de café.

Los árboles frutales (naranja, mandarina, limón o aguacate) de deben de incorporar en espaciamientos variados tratando de optimizar el aprovechamiento horizontal y vertical de los espacios, se sugiere que los frutales se puedan plantar con un espaciamiento de 7 x 9 m o 9 x 9 metros.

Los arboles maderables dentro de los SAF en el cultivo del café propone la incorporación de árboles en línea en los linderos de la parcela, que permita establecer los límites de la propiedad. Se plantea un distanciamiento lineal de 2 metros entre cada árbol y hasta una densidad de 200 árboles/hectárea, las especies a utilizar como alternativas en forma pura o combinada de especies como Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba del norte (*Swietenia macrophylla*), Caoba del sur (*Swietenia humilis*), Palo Blanco o Primavera (*Tabebuia donnell-smithii*), Guayabo Volador (*Terminalia oblonga*), Matilisguate (*Tabebuia rosea*), Jocote de Fraile (*Spondias purpurea*) o Rosul (*Dalbergia sp.*) u otras de valor comercial que sean de interés del propietario y que se adapten a las condiciones de la parcela tal como lo indica (Velásquez , 2020).

Por muchos años y en forma tradicional al cultivo de café se ha asociado con chalum/cushin/paterna (*Inga sp*), que además de aportar sombra y materia orgánica contribuye con el aporte de leña para el consumo o para la comercialización.

5.2 Sistema agroforestal árboles de uso múltiple en cultivos anuales -maíz-frijol-haba-cucurbitáceas

La dieta básica en Guatemala lo constituye el maíz, el cual está íntimamente arraigado a su cultura. Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, (ICTA, 2014) la producción anual de maíz es de 2 millones de toneladas métricas en aproximadamente 800 mil hectáreas. En el altiplano de San Marcos y otras zonas; el asocio tradicional es frijol (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia faba*), ayote (*Cucurbita spp.*) y chilacayote (*Cucurbita facifolia*), conformando el sistema milpa, el cual constituyen la principal fuente de alimento del guatemalteco en el área rural.

El sistema milpa se realiza generalmente en áreas de terrenos limpios, condición particular que afecta los recursos suelo y agua por los procesos de erosión hídrica al correr libremente la escorrentía; por otro lado, la habilitación de tierras para esta actividad productiva, contribuye a la deforestación y degradación del recurso forestal por avance de la frontera agrícola.

Los sistemas agroforestales tienen como objetivo principal promover la diversificación forestal en tierras agrícolas, a través de sistemas que contribuyan a la provisión de leña y madera en el área rural, a la vez que contribuyen con la protección y restauración del recurso suelo y la protección del recurso agua (INAB , 2018).

Los sistemas agroforestales generan servicios ambientales importantes constituyéndose en una adecuada herramienta de manejo del paisaje que mejora las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, aportando fertilidad, controlado la erosión y mejorando la disponibilidad de agua, contribuye también en la captura de carbono, regulación de microclimas (ciclo hidrológico, sombra y vientos) refugio de vida silvestre y polinización. La inclusión de árboles de uso múltiple al sistema maíz, frijol, haba y cucurbitáceas se constituye en una fuente de madera y leña en el área rural y de provisión de materia orgánica que reduce la presión sobre el recurso bosque tal como lo indica (Velásquez , 2020).

La incorporación de árboles de uso múltiple asociados con estructuras de conservación de suelos (barreras vivas y barreras muertas) en el sistema milpa, constituyen una herramienta idónea para el manejo del recurso suelo, aportando madera y leña a la economía familiar, materia orgánica y nutrientes al suelo, reduce la erosión hídrica, mejora la infiltración de agua, reduce la escorrentía, produce forraje para animales domésticos, funciona como corredores biológicos y como refugio de fauna silvestre.

Los productos que se obtienen en una misma parcela son 4 tipos constituidos por los siguientes elementos tal como lo indica (Velásquez , 2020):

Maíz: Es el cultivo predominante en este sistema agroforestal, y sus prácticas culturales son las mismas que a lo largo de su cultivo se han establecidas tradicionalmente, los rastrojos del cultivo se incorporan al suelo y no se recomienda la actividad de quemar de

rastrojos, pretendiendo recuperar buenas prácticas ancestrales que mejoren la actividad productiva. El Maíz constituye lo básico en la dieta de los guatemaltecos.

Frijol: Este cultivo es el complemento inigualable para el cultivo del maíz, desde el punto de vista agronómico fomenta una simbiosis para el aprovechamiento del nitrógeno y por la importancia que tiene en los hábitos alimenticios de la población aporta lisina, permite aprovechar de mejor forma la parcela, en tiempo, espacio, fertilización y mano de obra, generando mejores rendimientos por unidad de área. Las variedades de frijol son múltiples, pero se recomienda las variedades que mejor se adapten al lugar en el que se establecerá el SAF y se seguirán las prácticas agronómicas adecuadas para garantizar el éxito del cultivo. Los rastrojos de frijol aparte de servir de pasto para el ganado, se puede incorporar al suelo ya que son una fuente de nutrientes y mejoran las características físicas del mismo.

Haba: El haba al igual que la arveja tiene menor importancia que el frijol, sin embargo, en terrenos con mayor altitud se adapta perfectamente, es un alimento tradicional para la población; que lo consume en verde (recados) y seco como golosina y en la elaboración de atol.

Árboles de uso múltiple en linderos: el resultado de la incorporación de árboles de uso múltiple es la provisión de madera y leña que reduce la presión sobre el recurso bosque, también aporta materia orgánica, y microorganismos benéficos como las micorrizas. Se recomienda establecer en linderos o mojones pinos (*Pinus spp*) o cipreses (*Cupressus lusitánica*) como fuente local de madera y leña, pinabetes (*Abies guatemalensis* Rehder) para obtener subproductos navideños, aliso (*Alnus jorullensis*), pito (*Erythrina sp*) que son una fuente importante de leña, fijan nitrógeno y aportan cantidades importantes de materia orgánica al suelo, pueden usarse como cercos vivos. El distanciamiento de los árboles en linderos va desde 1 x 1 m, 1.5 x 1.5 y hasta 2 x 2 metros, con una densidad de entre 200 a 400 árboles/hectárea.

Árboles de uso múltiple dispersos en el cultivo: éstos árboles pueden estar dispuestos sobre curvas de nivel en barreras vivas (pastos de corte) estos árboles fijan nitrógeno y aportan materia orgánica. En este arreglo se puede usar árboles como aliso (*Alnus jorullensis*), pito (*Erythrina sp*), pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), arbustos como el

sauco o soico (*Sambucus* sp) que aporta leña, materia orgánica y frutos para la alimentación como el aguacate (*Persea americana*) o sacumís (*Buddleia* sp) que aporta leña y forraje para animales domésticos. El distanciamiento puede ser de 7 x 7 m tratando de mantener una densidad de 200 árboles por hectárea.

Estructuras de conservación de suelos: Los suelos del altiplano guatemalteco se caracterizan por pendientes que van desde el 25% en adelante y con la intención de proteger los suelos de la erosión, disminuir la escorrentía y mejorar la infiltración, se propone la elaboración de estructuras de conservación de suelos como la elaboración de barreras muertas dispuestas sobre curvas de nivel elaboradas con materiales del lugar (piedras, palos, rastrojos,) o barreras vivas, estableciendo pastos de corte como *Setaria* (*Setaria sphacelata*), zacatón (*Muhlenbergia macroura*), hojas de cosh. Estas estructuras a la vez que protegen los suelos producen forraje para animales y leña para abastecer las necesidades del hogar tal como lo indica (Velásquez , 2020).

5.3 Sistema agroforestal árboles de uso múltiple asociado con árboles frutales y cultivos limpios

Los árboles de ciruelo (*Prunus domestica*), manzano (*Malus communis*) y el durazno (*Prunus pérsica*) se cultivan por tradición en el altiplano de Guatemala en parcelas pequeñas, por lo general en forma dispersa y asociada a otros cultivos dentro de los terrenos. Durante los últimos años, la producción de frutales ha incrementado en la zona debido a que genera buena rentabilidad y demanda en el mercado local. Según Battaglia (2016) indica que para el año 2016 se cultivaron 72,000 toneladas métricas en 3,000 hectáreas.

Es común observar que el cultivo de estos frutales deciduos se realice en forma dispersa dentro del agro sistema “milpa” y en algunos casos en asocio con árboles de uso múltiple; el cultivo de frutales deciduos es una alternativa económica que genera ingresos importantes a la familia, al destinar los excedentes de la producción a la venta.

Los sistemas agroforestales mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aportando fertilidad, reduciendo la erosión y mejorando la disponibilidad de agua, contribuye también en la captura de carbono, regulación del microclima, protección de la

vida de la fauna entre otros. La presión sobre el recurso bosque se disminuye a través de la inclusión de árboles de uso múltiple en asocio de frutales deciduos-cultivos limpio.

La incorporación de árboles de uso múltiple asociados con frutales de hoja caduca (durazno, manzano, ciruelo) con cultivos limpios de maíz y frijol protegen el suelo de la erosión, a la vez que mejora la rentabilidad de la parcela a través de la diversificación de los cultivos y aporta fuentes alimentarias alternativas.

Maíz: se planta en asocio con frijol, como cultivos de subsistencia, sembrando las variedades que mejor se adapte al sitio en el que se establecerá el Sistema Agroforestal que en la mayoría de los casos serán variedades locales; se seguirán buenas prácticas agronómicas para garantizar el éxito del cultivo tal como lo indica (Battaglia, 2016).

Frijol: este cultivo permite aprovechar de mejor forma la parcela, en tiempo, espacio, fertilización, mano de obra y genera mejores rendimientos por unidad de área. Es importante sembrar las variedades de frijol que mejor se adapten al sitio en el que se establecerá el SAF, se seguirán buenas prácticas agronómicas para garantizar el éxito del cultivo. Los rastrojos de frijol serán incorporados al suelo ya que son una fuente de nutrientes y mejoran las características de éste.

Árboles frutales de hoja caduca (durazno, manzano, ciruelo): la introducción de hoja caduca dentro del SAF Se recomienda a un distanciamiento o espaciamiento de 5 x 5 metros o 6 x 6 metros, con densidades de entre 300 y 400 árboles frutales por hectárea, procurando que no afecte al cultivo limpio.

Árboles uso múltiple establecidos en linderos: La incorporación de árboles de uso múltiple genera beneficios importantes a la parcela ya que permiten tener una fuente de madera y leña. Los árboles en linderos se establecerán a un distanciamiento lineal máximo 2 metros, tratando de mantener una densidad mínima de 200 árboles/hectárea.

5.4 Sistema agroforestal árboles de uso múltiple en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

El cultivo de papa que predomina en los climas templados y fríos del país, se ha constituido en un cultivo de mucha importancia, constituye una fuente importante de alimento en estas zonas y juntamente con el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*), se constituye en la dieta relevante de la población guatemalteca según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA , 2012).

Tradicionalmente el cultivo de la papa se ha realizado como “cultivo limpio” sin embargo en los últimos años, distintas iniciativas han promovido el asocio de este cultivo con árboles de uso múltiple (especialmente fijadores de nitrógeno) en arreglo principalmente de cultivos en linderos.

El cultivo de la papa se adapta a alturas entre los 1,500 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, se cataloga como un cultivo en áreas limpias, ICTA, 2012, por lo tanto, afecta de forma significativa los recursos suelo-agua por los procesos de erosión hídrica marcada en el altiplano; la habilitación de tierras para esta actividad productiva contribuye en parte, a la deforestación/degradación del recurso forestal.

Los cultivos intensivos limpios como el cultivo de la papa, causan un impacto significativo sobre el suelo y el ciclo hidrológico, por lo que la incorporación de árboles de uso múltiple asociados con estructuras de conservación de suelos (barreras vivas y barreras muertas) constituyen una herramienta adecuada para el manejo del paisaje que aporta madera y leña a la economía familiar, materia orgánica y nutrientes al suelo, reduce la erosión hídrica, mejora la infiltración de agua, reduce la escorrentía, produce forraje para animales domésticos, entre otros beneficios importantes tal como lo indica (Velásquez , 2020).

Papa: Es el cultivo central de este sistema agroforestal, debido a la importancia que representa para la dieta de las familias del altiplano guatemalteco. La papa sirve como fuente de alimento para la familia se cultiva para la comercialización en el mercado interno y exportación (15% del cultivo va para exportación y representa el 2.5% del PIB del sector

agrícola), siendo una fuente importante de ingresos y generadora de empleo en el área rural, 176 jornales/hectárea cultivada (ICTA, 2012).

5.5 Árboles de uso múltiple en linderos

Esta incorporación de árboles genera beneficios importantes al terreno, permite tener dentro de la parcela madera y leña disminuyendo la presión sobre el bosque, aporta materia orgánica entre otros beneficios. Se pueden introducir árboles en linderos de especies maderables como pinos (*Pinus sp*) o ciprés (*Cupressus lusitánica*) como fuente local de madera y leña, o árboles de usos múltiples como aliso (*Alnus jorullensis*), pito (*Erythrina sp*) que son una fuente importante de leña, fijación de nitrógeno y pasto además pueden usarse como cercos vivos. Los árboles en linderos se establecerán a un distanciamiento lineal de 01 x 01 m, 1,5 x 1,5 y hasta 2 x 2 m, con densidades de 200 a 400 árboles/hectárea.

5.6 Árboles navideños dispersos en el cultivo

El pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) con fines de producción de árboles o subproductos navideños (ramilla para elaboración de coronas, guirnaldas, entre otros), deberán estar dispersos dentro del cultivo, con distanciamientos de 4 x 4 m ó 5 x 5 metros con densidades aproximadas entre 400 y 600 árboles por hectárea; si bien es cierto, que la producción de árboles de pinabete, reduce el área para el cultivo de la papa, mejora la rentabilidad de la parcela diversificando la actividad productiva. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017).

5.7 Árboles de uso múltiple en curvas a nivel

Se propone la elaboración de estructuras de conservación de suelos como las barreras muertas dispuestas sobre curvas de nivel elaboradas con materiales del lugar (piedras, palos, otros materiales locales) o barreras vivas, estableciendo pastos de corte como Dáctilo (*Dactylis sp*), cola de zorro, setaria y árboles como aliso (*Alnus jorullensis*), pito (*Erythrina sp*) o árboles de porte menor como sauco o soico (*Sambucus sp*) que aporta leña, materia orgánica y frutos para la alimentación o Sacumís (*Buddleia sp*), que aporta leña y forraje

para animales domésticos. Estas especies pueden plantarse a distanciamientos variables, se propone un distanciamiento lineal de 1 a 2 metros entre planta tal como lo indica (Velásquez, 2020).

6 Resultados

Las especies arbóreas más utilizadas dentro de los sistemas agroforestales SAF observadas en campo son 24 entre árboles forestales y frutales, arbustos aprovechados como pasto y hierbas o pasto que amarra el suelo, utilizados como barreras vivas tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1 Especies arbóreas, arbustivas y hierbas en los sistemas agroforestales

No.	Nombre común	Nombre técnico	Familia
1	Ciprés	<i>cupressus lusitánica</i>	Cupressaceae
2	Pino blanco	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pinaceae
3	Roble	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae
4	Aliso	<i>Alnus jorullensis</i>	Betulaceae
5	Encino	<i>Quercus sp.</i>	Fagaceae
6	Pino colorado	<i>Pinus rudis</i>	Pinaceae
7	Manzana	<i>malus communis</i>	Rosáceas
8	Pinabete	<i>Abies guatemalensis Rehder</i>	Pinaceae
9	Durazno	<i>prunus pérsica</i>	Rosáceas
10	Café	<i>Coffea arábica L</i>	Rubiáceas
11	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae
12	Setaria	<i>Setaria sphacelata</i>	Gramíneas
13	Cosh		
14	Papa	<i>Solanum tuberosum L.</i>	Solanáceas
15	Maíz	<i>Zea mays</i>	Gramíneas
16	Cushin	<i>Inga spp</i>	Fabácea
17	Limón	<i>Citrus limón</i>	Rutáceae
18	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Rutáceae
19	Dáctilo	<i>Dactylis sp</i>	Gramínea
20	Pito	<i>Erythrina sp</i>	Fabácea
21	Soico	<i>Sambucus sp</i>	Asoxaceae
22	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabácea
23	Ciruelo	<i>prunus domestica</i>	Rosáceas
24	Capulin	<i>prunus serótina</i>	Rosáceas

Nota: Datos tomados de las observaciones de campo (2024).

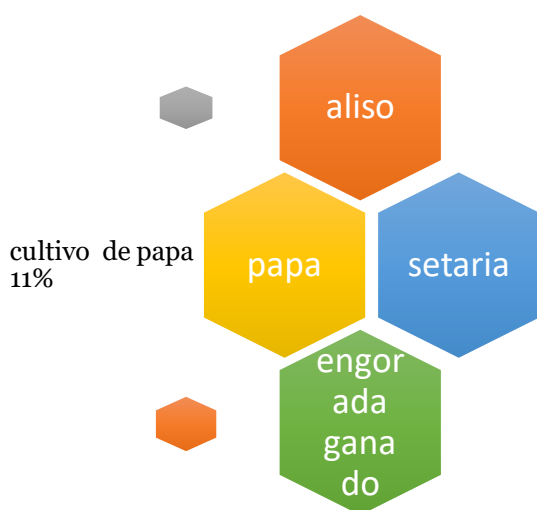
Los arreglos de distribución de mayor impacto observados en el campo se destacan por la incorporación de especies forestales, frutales y en algunos casos pasto dentro de los cultivos principales tal como se presenta a continuación.

6.1 Sistema agroforestal de árboles de uso múltiple en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

El cultivo de la papa se establece como “cultivo limpio” promoviendo el asocio con árboles como el aliso y el engorda ganado en arreglo de cultivos en linderos.

La papa como un cultivo en áreas limpias afecta los recursos suelo-agua por los procesos de erosión hídrica marcada en el altiplano causando un impacto significativo sobre el suelo y el ciclo hidrológico, por lo que la incorporación de árboles de uso múltiple asociados con estructuras de conservación de suelos (barreras vivas) utilizando setaria constituyen una herramienta adecuada para el manejo del paisaje

Figura 1. Árboles de uso múltiple en cultivo de papa



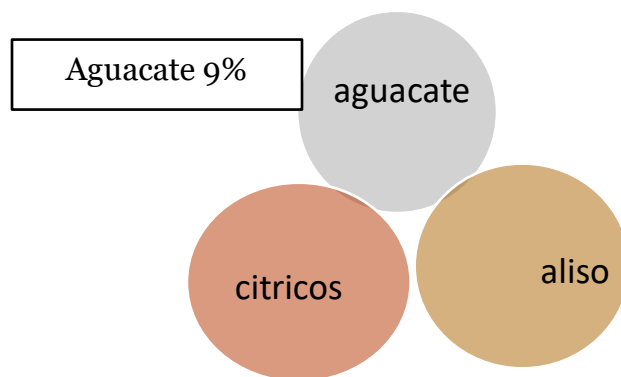
Nota: la figura muestra la integración del SAF y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente: trabajo de campo 2024.

6.2 Sistema agroforestal de árboles de aguacate más la integración de árboles frutales y forestales

Dentro de los sistemas agroforestales en los linderos se ha diversificado la producción árboles frutales naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), aguacate (*Persea americana*) que mejoran el ciclo de producción de la parcela traduciéndose en mejores rendimientos económicos.

Figura 2. SAF árboles de uso múltiple



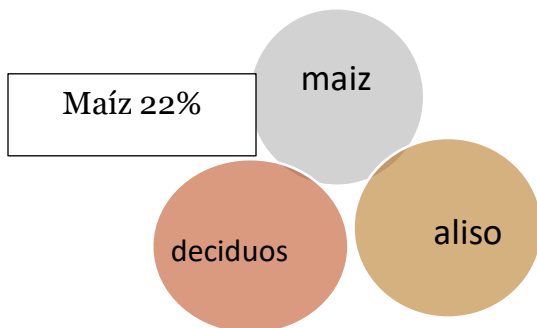
Nota: integración del SAF y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente: trabajo de campo (2023).

6.3 Árboles frutales y forestales dentro del cultivo de maíz

Existe incorporación de árboles de uso múltiple (forestales y frutales) en el cultivo de maíz, éste aporta el sustento diario, materia orgánica y nutrientes al suelo, reduce la erosión hídrica, mejora la infiltración de agua, reduce la escorrentía.

Figura 3. Cultivo limpio en asocio con árboles frutales y forestales



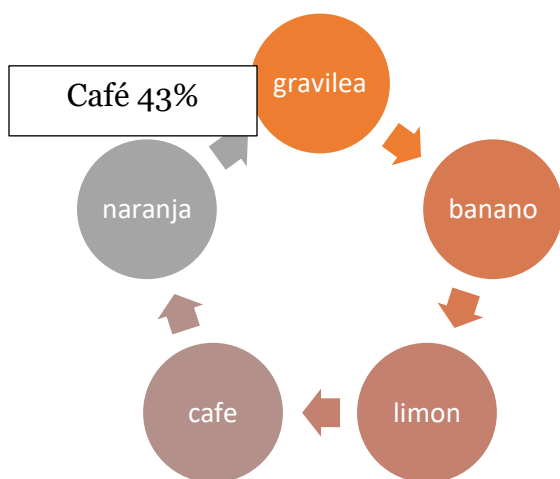
Nota: la figura muestra la integración del SAF y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente: trabajo de campo 2024.

6.4 Sistema agroforestal cultivo del café frutales y arboles maderables

Dentro de los sistemas agroforestales Café frutales-arboles maderables los agricultores incorporan en los linderos la producción árboles frutales, naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), banano (*Musa paradisiaca*), gravilea (*Gravillea robusta cunn*) para mejorar la economía.

Figura 4. Incorporación de especies de uso múltiple en el cultivo del café.



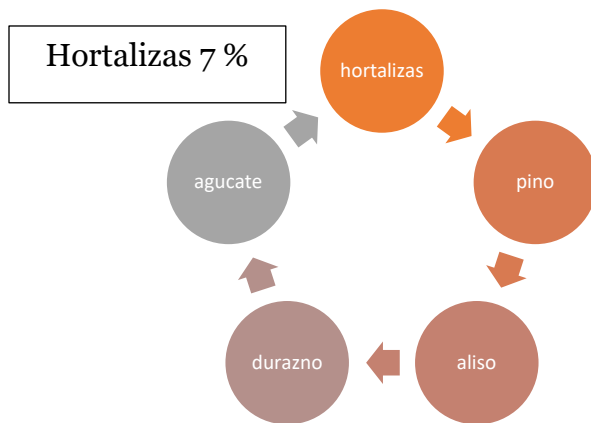
Nota: Integración del SAF en el cultivo de café y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente: trabajo de campo 2024.

6.5 Sistema agroforestal árboles de uso múltiple asociado en cultivos de hortalizas

Incorporación de árboles forestales de uso múltiple asociados con frutales de hoja caduca (durazno, manzano) con cultivos de crucíferas protegen el suelo de la erosión, a la vez que aporta fuentes alimentarias alternativas.

Figura 5. Árboles de uso múltiple en cultivo de hortalizas



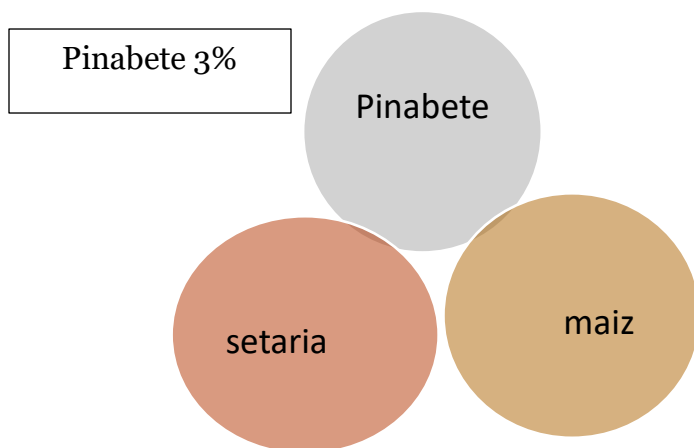
Nota: Integración del SAF en el cultivo de crucíferas y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente: trabajo de campo 2024.

6.6 SAF Cultivo limpio con árboles forestales (pinabete)

El pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) se estableció con fines de producción de árboles o subproductos navideños (ramilla para elaboración de coronas, guirnaldas), dispersos dentro del cultivo de maíz en área conservada a través de barreras vivas utilizando para ello ceteraria diversificando la actividad productiva.

Figura 6. Incorporación de pinabete en cultivos limpios



Nota: distribución en campo de un arreglo sistemático y el % que se presenta en el área de estudio.

Fuente trabajo de campo 2024.

7 Conclusiones

Los sistemas agroforestales en su conjunto son el producto de la combinación de cultivos con especies forestales, frutales y forraje, en el área de estudio se identificaron 8 especies forestales, 6 especies frutales, 5 especies forrajeras en asocio con 5 cultivos, las cuales son las más utilizadas dentro de los SAF.

Los distanciamientos en campo de los diferentes socios o distribuciones no coinciden con lo que técnicamente han recomendado los expertos en el tema, el agricultor realiza una agricultura intensiva; tratando que las ramas no se traslapen entre sí.

Los arreglos de distribución de mayor impacto observados en el campo es el sistema agroforestal Café frutales-arboles maderables; figurando el 43%, esto debido a la naturaleza del cultivo que es protegido por sombra de árboles frutales como la naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), banano (*Musa paradisiaca*), gravilea (*Gravillea robusta cunn*).

8 Bibliografía

Battaglia, M. (2016). *Asesoría en fruticultura en Guatemala, problemática y futuro*. Guatemala.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola ICTA . (2012). *El cultivo de la papa en Guatemala* . Guatemala: ICTA.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (2014). *Guía para el manejo agronómico del maíz en Guatemala* . Guatemala : ICTA.

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES INAB . (2018). *Compendio de normativa forestal 2018. Ley forestal decreto legislativo 101-96*. Guatemala : Serviprensa .

Instituto Nacional de Bosques INAB. (2015). *Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013-2024*. Guatemala : INAB.

Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2017). *Sistematización de sistemas agroforestales como prácticas alternativas para la restauración de paisajes forestales en tierras degradadas de municipios de Tacana, Ixchiguán y San José Ojetenám, San Marcos* . Guatemala: fao.

Velásquez , M. M. (2020). *Manual de Herramientas del Manejo del Paisaje en la zona de intervención del Proyecto*. Guatemala: PNUD.

9 Anexos

Figura 7

Cultivo limpio con árboles dispersos



Nota: Cultivo de maíz con árboles dispersos de capulín, ciprés, Fuente: trabajo de campo (2023).

Figura 8

Cultivo de árboles frutales en cultivo de café



Nota: aguacate, Chim, platano. Fuente: trabajo de campo (2023).

Figura 9

Sistemas agroforestal en cultivo de café



Nota: SAF de café, árboles forestales para sombra y frutales. Fuente: trabajo de campo (2022).

Figura 10

Cultivo limpio con árboles en linderos



Nota: cultivo de papa con árboles en linderos: trabajo de campo (2022).

Figura 11

Establecimiento de cultivo de pashaque



Nota: cultivo de pashaque y pasto en curvas a nivel. Fuente: trabajo de campo (2022).

Figura 12

Establecimiento de frutales y forestales en cultivo de hortalizas



Nota: cultivo de hortalizas frutales dispersos (durazno, aguacate, pino, y aliso). Fuente: trabajo de campo (2022).

Figura 13

Establecimiento de cultivo limpio y frutales deciduos



Nota: cultivo de maíz y árboles de manzana. Fuente: trabajo de campo (2022).

Figura 14

Establecimiento de cultivo limpio con forestales.



Nota: cultivo de maíz con árboles forestales dispersos (pino, roble, ciprés). Fuente: trabajo de campo (2022).

Las características de los sistemas producción en la zona del altiplano son diversos y se encuentran desde sistemas agroforestales con café, con cultivos anuales, frutales asociados con árboles forestales y forrajeros, entre otros. Veinticuatro son las especies utilizadas dentro de los sistemas agroforestales. Se identificaron 6 arreglos productivos frecuentes, los distanciamientos en campo de los diferentes socios o distribuciones difieren; con lo que técnicamente han recomendado expertos en el tema.



Instituto de Investigaciones -IDICUSAM-
Centro Universitario de San Marcos, 3 Ave. 7-42, zona 3
Universidad de San Carlos de Guatemala
San Marcos, Guatemala, C.A.
Teléfono (502) 77601664