UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

SISTEMAS AGROFORESTALES

SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

BACH. RICHARD EFRAÍN ALMEYDA PANDURO

PUCALLPA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la monografía, presentado por **RICHARD EFRAÍN ALMEYDA PANDURO,** denominada: **"Sistemas Agroforestales",** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: **Aprobado por mayoría** con el calificativo (*) **Dieciséis (16).**

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 24 de Julio de 2023.

.....	.....
Dr. Raúl Armando Pilco Panduro.	Dr. Héctor Arbildo Paredes.
Presidente	Secretario
.....	.....
Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez.	M.V. Elías Florentino Cano Castillo.
Miembro	Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta monografía fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Raúl Armando Pilco Panduro. .....

PRESIDENTE

Dr. Héctor Arbildo Paredes. .....

SECRETARIO

Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez. .....

MIEMBRO

M.V. Elías Florentino Cano Castillo. .....

ASESOR

Bach. Richard Efraín Almeyda Panduro. .....

TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0495-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**SISTEMAS AGROFORESTALES**"

Autor(es)	:	**ALMEYDA PANDURO, RICHARD EFRAÍN**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**Agronomía**
Asesor(a)	:	**Med. Vet. Cano Castillo, Elias Florentino**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL, De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 14/08/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, RICHARD EFRAIN ALMEYDA PANDURO

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

SISTEMAS AGROFORESTALES

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: M.V. ELIAS FLORENTINO CANO CASTILLO

En la Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela profesional: AGRONOMIA

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 25/09/2023

Email: RALMEYDA01@GMAIL.COM Firma:

Teléfono: 961604173 DNI: 21144961

DEDICATORIA

A mis queridos padres Antonio y Adith,
con profundo amor y gratitud, ya que
ellos permitieron que culminara con orgullo,
mi carrera profesional.

.

A mis hermanos Pedro, Limber e Isabel y
a mi esposa Maribel e hija Valerie Naiara
quienes me apoyaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

El autor de esta monografía expresa su sincero agradecimiento:

- A los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, por las enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.
- A todas las personas que de una u otra manera han colaborado para que la monografía se haya culminado con éxito.
- Al Ing. Rolando Rime Pumayauli, por la revisión del manuscrito y apoyo en la redacción.

INDICE

RESUMEN xi

ABSTRACT xiii

LISTA DE CUADROS xv

LISTA DE FIGURAS xv

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1 La agroforestería y los sistemas agroforestales 3

2.1.1 La agroforestería 3

2.1.2 Definiciones de Agroforestería 3

2.2 Objetivos de la agroforestería 4

2.3 La agroforestería y los sistemas agroforestales 5

2.4 Sistemas agroforestales 6

2.4.1 Definición de sistemas agroforestales (SAF) 6

2.4.2 Interacciones de los componentes en un SAF 8

2.5 Objetivos y ventajas de los sistemas agroforestales 9

2.5.1 Objetivos de los SAF 9

2.5.2 Las ventajas de los SAF 10

2.6 Clasificación de los sistemas agroforestales 11

2.6.1 Sistemas agroforestales secuenciales 12

2.6.2 Sistemas agroforestales simultáneos 12

2.6.3 Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompe vientos 13

2.7 Características distintivas de cada una de estas clasificaciones. 13

2.8 Categorías de los sistemas agroforestales 14

2.8.1 Sistemas agrosilvícolas 14

2.8.1.1 El modelo Taungya. 14

2.8.1.2 Árboles asociados con cultivos. 14

2.8.1.3 Intercalado de palma aceitera con cultivos 15

2.8.1.4 Árboles de sombra o mejoradores de suelo

en cultivos 17
2.8.1.5 Cercas vivas y cortinas rompe vientos 17
2.8.2 Sistemas silvopastoriles 17
2.8.2.1 Pastoreo o producción de forraje en plantaciones forestales 17
2.8.2.2 Pastoreo o producción de forraje en bosques secundarios 18
2.8.2.3 Árboles en pastizales 18
2.8.2.4 Árboles y arbustos productores de forraje 18
2.8.3 Sistemas agrosilvopastoriles 18
2.8.3.1 Cultivos y ganadería en plantaciones forestales 18
2.8.3.2 Árboles asociados con cultivos y ganadería 19
2.8.3.3 Huertos caseros mixtos 19
2.9 Perspectivas de los sistemas agroforestales 19
2.9.1 Estado actual de la investigación en sistemas agroforestales 20
2.9.2 Perspectivas: potencial y limitantes de los sistemas agroforestales 23
2.10 Perspectivas de la investigación 23
2.11 Aspectos ecológicos de los sistemas agroforestales 25
2.11.1 Efectos de los árboles sobre los suelos 26
2.11.2 Posibles impactos perjudiciales 29
2.12 El ciclaje de nutrientes en un sistema agroforestal 29
2.12.1 Uso de árboles fijadores de nitrógeno 32
2.12.2 Cortinas rompe vientos y cercas vivas 34
2.12.3 Protección contra la erosión 34
2.12.4 Influencia sobre el microclima 36
2.13 Sistemas agroforestales: Biodiversidad y conservación 38
2.13.1 Conservación de la biodiversidad 39
2.13.2 Conservación y manejo del suelo 39
2.13.3 Control de plagas 39
2.13.4 Microclima y mitigación del cambio climático 40
2.13.5 Aspectos en relación a la productividad 41

2.13.5.1 Satisfacción de necesidades. 41
2.13.5.2 Producción secuencial. 41
2.13.5.3 Mano de obra. 42
2.13.6 Aspectos sociales-culturales 42
2.13.6.1 Manejo y prácticas culturales locales. 42
2.13.6.2 Soberanía y seguridad alimentaria a nivel de las comunidades. 42
2.14 Algunos SAF en la Amazonía Peruana 44
2.14.1 SAF con aguaje (*Mauritia flexuosa*) 44
2.14.2 SAF con marañon (*Anacardium sp)* 46
2.14.3 SAF con cacao (*Theobroma cacao)* 47
2.14.4 SAF con camu camu (*Myrciaria dubia)* 49
2.14.5 SAF con castaña (*Bertholletia excelsa*) 50
2.14.6 SAF con shihuahuaco (*Dipterix odorata*) 51
2.14.7 SAF con guaba (*Inga edulis*) 52
2.15 Iniciativas silvopastoriles en la Amazonia Peruana 53
2.16 Reserva de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana 54
2.17 Política forestal en la Amazonia Peruana 58
2.17.1 La agroforestería tradicional basada en purmas 59
2.17.2 Recomendaciones para una agroforestería en apoyo de los menos favorecidos 62
III. MATERIALES Y METODOS 65
IV. CONCLUSIONES 66
V. RECOMENDACIONES 68
VI. REFERENCIAS 69

RESUMEN

Actualmente, los sistemas agroforestales (SAF) tienen una importancia vital en medio de la crisis climática global, ya que estos son mas amigables con el medio ambiente. La agroforestería o SAF como una disciplina relativamente reciente, dedicada al estudio y desarrollo de los sistemas de producción agroforestal, consiste en una serie de técnicas tradicionales de manejo de la tierra que combinan componentes agrícolas, pecuarios y forestales en forma simultánea o secuencial y con una interacción significativa y manteniendo el principio de sostenibilidad.

Algunos objetivos de los sistemas agroforestales son aumentar y diversificar la productividad vegetal y animal integrando la producción forestal con la agropecuaria; asegurar la sostenibilidad de la explotación en el tiempo, y la utilización controlada de los recursos naturales.

La práctica y uso de los sistemas agroforestales han sido tradicionales en las distintas regiones del mundo. Sin embargo, el interés académico por ellos es relativamente reciente. En muchos casos esta información es de difícil acceso para estudiantes y profesores.

Los SAF presentan los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, ingresos, egresos, interacciones, una relación jerárquica y una dinámica. Como aspectos ecológicos de los sistemas agroforestales se pueden enunciar entre otros: mantener la capacidad productiva del suelo mediante la presencia de árboles y el reciclaje de nutrientes, la regulación del microclima, el control de la luz solar, el control de plagas y la utilización complementaria de recursos.

Las prácticas agroforestales proveen beneficios económicos tales como la disminución de riesgos económicos para el agricultor, al lograr mayor diversificación de productos tanto para el consumo humano como forrajes para los animales, leña y madera para suplir las necesidades energéticas y de combustible, empleo de mano de obra familiar que tiende a estabilizar las comunidades en sus tierras.

Finalmente, los sistemas agroforestales son una alternativa para ayudar en la solución de conflictos de uso de la tierra y de la seguridad alimentaria.

Palabras claves: sistemas agroforestales, agricultura, pastura, sostenibilidad, cultivos amazónicos, árbol, suelo, conservación, agroecosistemas, leguminosas, purma.

ABSTRACT

Currently, agroforestry systems (SAF) are of vital importance in the midst of the global climate crisis, since they are more environmentally friendly. Agroforestry or SAF as a relatively recent discipline, dedicated to the study and development of agroforestry production systems, consists of a series of traditional land management techniques that combine agricultural, livestock and forestry components simultaneously or sequentially and with a meaningful interaction and maintaining the principle of sustainability.

Some objectives of agroforestry systems are to increase and diversify plant and animal productivity by integrating forestry production with agriculture; ensure the sustainability of exploitation over time, and the controlled use of natural resources.

The practice and use of agroforestry systems have been traditional in different regions of the world. However, the academic interest in them is relatively recent. In many cases this information is difficult for students and teachers to access.

The SAF present the attributes of any system: limits, components, income, expenses, interactions, a hierarchical relationship and a dynamic. The ecological aspects of agroforestry systems can be listed, among others: maintaining the productive capacity of the soil through the presence of trees and nutrient recycling, microclimate regulation, sunlight control, pest control, and complementary use. of resources.

Agroforestry practices provide economic benefits such as the reduction of economic risks for the farmer, by achieving greater diversification of products both for human consumption and fodder for animals, firewood and wood to meet energy and fuel needs, employment of labor family work that tends to stabilize the communities on their lands.

Finally, agroforestry systems are an alternative to help resolve land use conflicts and food security.

Keywords: agroforestry systems, agriculture, pasture, sustainability, Amazonian crops, tree, soil, conservation, agroecosystems, legumes, purma.

LISTA DE CUADROS

1. Interacciones de los componentes de un SAF 10

2. Posibles efectos beneficiosos de árboles sobre los suelos 28

LISTA DE FIGURAS

1A. SAF: cacao y banano en la Provincia de Loja, Ecuador. 42

I. INTRODUCCIÓN

La tendencia predominante en la agricultura moderna es la simplificación y homogenización de los sistemas productivos por medio del establecimiento de monocultivos, que requieren altos subsidios energéticos para sostener una alta producción y para contrarrestar la fragilidad ecológica de estos sistemas (Giraldo, 2009). La implementación y adaptación de los sistemas de monocultivo a muchas de las regiones tropicales no aptas para su establecimiento, ha generado en algunos casos fracaso en su producción y en otros, desequilibrios marcados en estos frágiles ecosistemas. De allí la importancia de adquirir y utilizar herramientas para el manejo de sistemas agroforestales (SAF) que sean sostenibles y adecuados en términos ecológicos, productivos y socio-económico, más aún en entorno de crisis climática global.

La agroforestería o SAF es considerada como una técnica que combina los principios de la agricultura, ganadería y silvicultura, para mantener y aumentar la productividad de las tierras conservando los suelos, las aguas y la vegetación. Consecuentemente, es necesario conocer cómo se define y clasifican los SAF y cuáles son los principales aspectos ecológicos tanto al interior como entre los sistemas que se deben tener en cuenta cuando se piense establecer un sistema agroforestal de manera sostenible. También es importante reconocer las ventajas de los SAF en general y en forma específica para una determinada región.

Algunas ventajas de los SAF en relación con otros sistemas de producción agropecuaria se caracterizan por la conservación y manejo del suelo, mejoramiento del microclima en las áreas de producción o de vivienda, diversificación de productos, sostenibilidad en el largo plazo. Las desventajas de los SAF pueden ser la difícil mecanización, excesiva humedad cuando se presentan altas densidades de plantas, efectos alelopáticos, tiempo considerable para el retorno de la inversión y alto costo de establecimiento.

Esta monografía ha sido preparada para contribuir a llenar parte de esas lagunas, sobre sistemas agroforestales y para profesionales que trabajan en agricultura, silvicultura y disciplinas afines. Este trabajo desarrolla conceptos, principios y ejemplos de casos de prácticas agroforestales en la amazonia peruana, principalmente.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 La agroforestería y los sistemas agroforestales

2.1.1 La agroforestería

Cuando se piensa en el manejo racional de los recursos de biodiversidad, oferta edáfica y medio ambiental presentes en una región o en un área determinada, surge como alternativa la agroforestería y los sistemas agroforestales.

2.1.2 Definiciones de Agroforestería

Según el ICRAF (1996), la agroforestería es un nombre común para varios sistemas de uso del suelo donde se cultivan intencionalmente plantas leñosas perennes en la misma parcela con cultivos agrícolas y/o la cría de animales domésticos en algún arreglo espacial o temporal.

Para la FAO (2005, 2009), la agroforestería es un sistema de manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de ésta, combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local.

Según Young (1989), la agroforestería es el nombre colectivo para designar los sistemas de uso de la tierra en los cuales las plantas leñosas perennes (árboles, arbustos y bambúes), crecen en asocio con plantas herbáceas (cultivos y pastos) y ganado, en un arreglo espacial, una rotación o ambos, y en los cuales se dan interacciones ecológicas y económicas entre los componentes arbóreos y no arbóreos del sistema.

También se considera como una técnica que combina los principios de la agricultura, la ganadería y la silvicultura, para aumentar la productividad de las tierras conservando los suelos, las aguas y la

vegetación. No se trata entonces de la simple combinación caprichosa de árboles, cultivos y animales sino de la toma de decisiones con base en la evaluación responsable de muchos parámetros diversos, lo que requiere del trabajo interdisciplinario (Giraldo, 2009).

Es el conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica la combinación de árboles forestales con cultivos agrícolas (anuales y/o perennes), con animales o con ambos a la vez, en una parcela, ya sea simultáneamente o sucesivamente, para obtener ventajas de la combinación (Martel et al., 2010).

Como parte de la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales en el entorno rural, los científicos han emprendido la tarea de sistematizar, clasificar, desarrollar y enriquecer todo un conjunto de prácticas y sistemas de manejo mixto que utilizan la coexistencia de árboles y cultivos, o de árboles y ganados, como estrategia apropiada de explotación en contraposición a los simples monocultivos. Estos nuevos enfoques se han agrupado bajo el término agroforestería.

2.2 Objetivos de la agroforestería

La agroforestería es primordialmente una forma de uso del suelo. Algunos textos afirman que es una disciplina joven, otros indican que no es algo nuevo, sustentados en el hecho de encontrar comunidades rurales e indígenas que desde épocas remotas han establecido y mejorado diversas asociaciones. Hay razones valederas en ambas premisas ya que como forma de uso del suelo puede considerarse tradicional y como disciplina técnica, a la cual se han dedicado esfuerzos en la investigación y el desarrollo de metodologías, es reciente.

Los objetivos que busca la agroforestería son muchos, sin embargo, lo podemos resumir (Giraldo, 2009) en los siguientes términos:

- Reduce riesgos y aumenta la productividad total.
- Logra estabilidad biológica, productiva, económica y de manejo.

- Logra sostenibilidad, o sea, mantiene la productividad por períodos largos de tiempo.
- Utiliza más eficientemente los recursos ambientales como luz, agua y nutrientes.
- Aumenta los beneficios de las poblaciones rurales.

2.3 La agroforestería y los sistemas agroforestales

Es posible separar los conceptos de Agroforestería y Sistemas de Producción Agroforestal o Sistemas Agroforestales. Se puede entender, de acuerdo a las definiciones dadas anteriormente, a la **agroforestería** como una disciplina que se dedica al estudio y desarrollo de los sistemas de producción agroforestales, y por **sistemas agroforestales (SAF)**, a una serie de técnicas tradicionales de manejo de la tierra que combinan componentes agrícolas, pecuarios y forestales, en forma simultánea o secuencial, pero en una interacción significativa y manteniendo el principio de sostenibilidad (Giraldo, 2009). Esta distinción, ayuda a entender que la disciplina que estudia los sistemas agroforestales contribuye al desarrollo del medio rural, y que estos sistemas son un factor muy importante para lograr este desarrollo, siempre y cuando algunas formas de enfocar su estudio y aplicación de los resultados estén de acuerdo con los cambios, y además se procure adecuar los sistemas de extensión y sobre todo de comercialización de productos, a las condiciones particulares de cada región respetando las tradiciones culturales y organizativas de los grupos rurales.

En general, los sistemas agroforestales son un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra tradicionales en regiones tropicales y subtropicales principalmente, pero actualmente se las encuentra muy difundidas en regiones templadas. Los sistemas y técnicas agroforestales son utilizados casi en todos los países y en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales.

Como ejemplos de sistemas agroforestales se pueden mencionar los cultivos perennes (tales como café, cacao) bajo sombra de árboles,

cultivos anuales intercalados con plantaciones de árboles forestales o frutales, huertos caseros mixtos, combinaciones de árboles con pastos, plantaciones de árboles para forraje, cultivos en franjas, cercas vivas, cortinas rompe vientos, y algunas formas de agricultura migratoria.

Como se observa, todas las definiciones hablan acerca de los tipos de combinaciones, las interacciones entre sus componentes, y de que los sistemas pueden ser una forma de manejo sostenible de la tierra y de una forma de protección de otros recursos naturales y de la biodiversidad. Pero en estas definiciones, no se ha incluido el factor social dentro del concepto, olvidando que el uso de sistemas de producción combinados, son una actividad humana, y por lo tanto social, muchísimo más antigua, que los términos que se utilizan actualmente para describirla.

Por lo tanto, el estudio de las prácticas agroforestales se debe enfocar no solamente a aspectos descriptivos, a encontrar mejores combinaciones, a utilizar árboles o variedades agrícolas de mejor calidad, mayor crecimiento y de uso múltiple, sino también en conocer y mejorar realmente los sistemas tradicionales para que cumplan la función para la cual el campesino los ha utilizado desde siempre, es decir, para autosatisfacer una serie de necesidades alimenticias, de vestido, medicinales, habitacionales, de forraje, culturales y otras más.

2.4 Sistemas agroforestales

2.4.1 Definición de sistemas agroforestales (SAF)

Los SAF son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies forestales y/o frutícolas (árboles, arbustos, palmas), son utilizadas en asociación organizada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en secuencia temporal.

Un SAF es un sistema agropecuario cuyos componentes son árboles, cultivos o animales y que presenta los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, ingresos y egresos, interacciones, una

relación jerárquica con la organización de la finca y una dinámica (Giraldo, 2009):

- El límite define los bordes físicos del conjunto.
- Los componentes son los elementos físicos, biológicos y socioeconómicos.
- Los ingresos (por ejemplo), la energía solar, la mano de obra, productos agroquímicos.
- Egresos (por ejemplo, madera, productos animales) son la energía o materia que se intercambia entre diferentes sistemas.
- Las interacciones son las relaciones, o la energía o materia que se intercambia entre los componentes del sistema.
- La jerarquía indica la posición del mismo con respecto a otros sistemas y las relaciones entre ellos.

Se utiliza el concepto de sistemas para explicar su estructura (arreglo de componentes) y sus funciones (su desempeño; ingresos, egresos, interacciones). Sin embargo, la palabra "sistema" implica algo más; que los componentes no están aislados, sino que se afectan mutuamente y algunas veces uno de ellos influye con fuerza sobre la estructura y la función de las otras partes.

El "sistema" también es dinámico; las condiciones de los componentes y sus interacciones cambian a través del tiempo. Cuando los árboles son pequeños se pueden cultivar especies anuales entre las hileras; luego de algunos años, la sombra excesiva puede afectar el cultivo.

Un ejemplo de SAF es el cultivo de café bajo sombra, con árboles podados periódicamente. Los componentes son el café y los árboles, que se encuentran dentro del límite del lindero de la asociación. Las entradas incluyen agua, energía solar, fertilizantes y mano de obra. Las salidas incluyen las cosechas de café, la leña y madera resultantes de la poda de los árboles y de los cafetos. Son

interacciones de reciclaje de nutrientes, la descomposición e incorporación de la hojarasca de los árboles al suelo. La dinámica del sistema podría incluir cambios en: la densidad de los árboles, la periodicidad y densidad de la poda, en el tipo de cultivos asociados y en la fertilidad de los suelos. Estos cambios influirán a su vez en las actividades futuras de manejo del sistema.

El SAF debe cumplir con el criterio de que los aspectos agroforestales prevalezcan o sea que se trata de un manejo combinado y deliberado de los componentes forestales y agropecuarios, cuyo objetivo es optimizar la producción total en la chacra. También podemos decir que es una forma de trabajar la chacra en donde se maneja muy bien la tierra. El fundamento principal de la Agroforestería o los SAF se basan, en primer lugar, en la recuperación y protección del suelo para un manejo integral de la finca. Los SAF son alternativas válidas para el productor como herramienta indispensable para el mejoramiento de la producción, su economía familiar y su calidad de vida. Este sistema facilita una producción diversificada y más duradera (sustentable), estabilidad económica y social, permitiendo a las familias convertirse en agentes de cambio para lograr el arraigo en sus tierras (Martel et al., 2010).

2.4.2 Interacciones de los componentes en un SAF

Se reconoce como interacciones la manera en que los diferentes componentes de un sistema agroforestal se relacionan entre sí (Cuadro 1). Las interacciones se han clasificado como complementarias (*sinérgicas*), neutras o competitivas (*antagónicas*). La relación neutra como su nombre lo indica no genera ningún efecto entre los componentes del sistema y, finalmente, existe una relación antagónica cuando un componente reduce el desarrollo del otro, así mismo las interacciones pueden ser ecológicas o económicas.

Cuadro 1. Interacciones de los componentes de un SAF (Giraldo, 2009).

Complementarias (*sinérgicas)*	Competitivas (*antagónicas)*
Simbióticas	Parasitismo
Reciclaje de nutrientes	Comensalismo
Sombrío	Alelopatías
Protección contra vientos	Competencia por luz
Protección contra heladas	Competencia por agua
Protección contra plagas Protección contra ganado Delimitación Regulación de aguas Conservación de suelos Soporte tutorial	Competencia por suelo Competencia por nutrientes Competencia por espacio Aéreo

2.5 Objetivos y ventajas de los sistemas agroforestales

2.5.1 Objetivos de los SAF

Los objetivos de los sistemas agroforestales son (Giraldo, 2009):

- Aumentar la productividad vegetal y animal.
- Asegurar la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada en el uso de la tierra.
- Asegurar la sostenibilidad de la explotación.
- Conservar o propiciar un microclima.
- Diversificar la producción de alimentos.
- Integrar la producción forestal con la producción agropecuaria.
- Disminuir los riesgos del agricultor.
- Mitigar los efectos perjudiciales del sol, el viento y la lluvia sobre los suelos.

- Regular la escorrentía del agua y minimizar la pérdida del suelo.
- Combinar lo mejor de la experiencia tradicional con los conocimientos modernos.
- Producir madera, leña y otros materiales diversos que sirvan para la subsistencia del agricultor, el uso industrial o la exportación.

2.5.2 Las ventajas de los SAF

Las ventajas de los SAF son (Martel et al., 2010):

- Mantenimiento y recuperación constante de la fertilidad del suelo.
- Menos necesidad de comprar fertilizantes.
- Mayor protección de los suelos agropecuarios contra la erosión y la degradación.
- Protección de los animales y cultivos contra el viento, el calor y frío extremo, granizadas, etc.
- Diversificación de la producción.
- Autoabastecimiento con productos maderables y no maderables.
- Mejor aprovechamiento de la mano de obra familiar.
- Total, aprovechamiento espacial (vertical y horizontal) de la finca para la producción.
- Permite la asociación de los rubros de ciclo corto, mediano y largo plazo.
- Aumento de la producción total por área y crecimiento acelerado de los árboles por el aprovechamiento mayor del espacio aéreo y subterráneo.
- El árbol forma parte de la producción (es un cultivo más de la chacra).
- Proporciona seguridad y diversidad alimentaría a la familia.
- Ingresos por diversidad de rubros de renta en diferentes épocas.

- Sustentable económica, ambiental y socialmente.
- Economía familiar creciente y permanente.
- Satisfacción en el seno familiar.
- Favorece el arraigo de la familia en su finca.

2.6 Clasificación de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales han sido clasificados de diferentes maneras y según:

- Su estructura en el espacio.
- Su diseño a través del tiempo.
- La importancia relativa.
- La función de los diferentes componentes.
- Los objetivos de la producción.
- Las características sociales y económicas prevalentes.
- Los productos que se pueden obtener.
- Tipo de combinación entre los componentes.

En general, los principales criterios para la clasificación de los sistemas agroforestales en los que coinciden la mayoría de los autores, se refieren a los siguientes aspectos:

- Estructurales.
- Funcionales.
- Socioeconómicos.
- Agroecológicos.
- Temporales.

Una clasificación en la que se tomen en cuenta los aspectos estructurales y funcionales como base para agrupar los sistemas en categorías es la recomendada por Nair (1985, 1989). Estas categorías son:

- **Agrosilvícolas** (combinaciones de árboles con cultivos).
- **Silvopastoriles** (árboles con ganadería).
- **Agrosilvopastoriles** (árboles con cultivos y ganadería).

Estas categorías se subdividen de acuerdo con los siguientes criterios:

- Arreglo espacial (sistemas mixtos densos, sistemas en franjas, etc.).
- Arreglo temporal (sistemas secuenciales, coincidentes, interpolados etc.).
- Funciones de los componentes (leña, forraje, cercas vivas, conservación de suelos, etc.).
- Zonas agroecológicas donde se los practica (sistemas agroforestales para zonas de altura, para zonas de altura media, para zonas semiáridas, para zonas húmedas tropicales, etc.).
- Aspectos socioeconómicos (sistemas para altos y bajos insumos, etc.).

Esta clasificación además de descriptiva, también es dinámica. Los sistemas agroforestales que se describen son los siguientes:

2.6.1 Sistemas agroforestales secuenciales

La característica de estos sistemas es que en ellos existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; es decir, que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo.

Esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con intervención o manejo de barbechos, y los sistemas taungya, métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, pero solo temporalmente, hasta que el follaje de los árboles se encuentre desarrollado.

2.6.2 Sistemas agroforestales simultáneos

Consisten en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales de uso múltiple, y/o

ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles.

2.6.3 Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompe vientos

Consisten en hileras de árboles que pueden delimitar una propiedad o servir de protección para otros componentes u otros sistemas; se los puede considerar como sistemas complementarios de los nombrados anteriormente.

2.7 Características distintivas de cada una de estas clasificaciones

La diferencia principal entre los sistemas agroforestales secuenciales y los simultáneos está en la distribución temporal y las relaciones entre los componentes forestales y los cultivos.

- En los **sistemas agroforestales secuenciales.** Los componentes forestales y los cultivos se encuentran, al menos parcialmente, separados en el tiempo, de tal modo que se alternen periodos de cultivos anuales con etapas de descanso y de bosque. Particularmente en los sistemas taungya se utiliza el periodo inicial del establecimiento de la plantación forestal (es decir los primeros 3 años) para la producción de cosechas; a largo plazo se pone el énfasis principal en la producción forestal.

- En los **sistemas simultáneos,** en cambio, la producción forestal y de cultivos anuales o perennes se da simultáneamente, de manera que los componentes agrícolas y arbóreos siempre se encuentran presentes en la misma unidad de terreno. La característica distintiva de los sistemas agrosilvopastoriles es la presencia del componente animal; esos sistemas incluyen asociaciones de árboles con pastos y el pastoreo en plantaciones forestales.

- En las **cercas vivas y las cortinas rompe vientos,** son hileras de árboles que con sus funciones complementan a los otros sistemas nombrados; por ejemplo, cercas vivas en sistemas de árboles con cultivos anuales o perennes, cortinas rompe vientos en fincas con sistemas agrosilvopastoriles.

2.8 Categorías de los sistemas agroforestales

Según aspectos estructurales y funcionales los sistemas agroforestales se pueden agrupar, como ya se dijo antes, en las siguientes categorías:

- Sistemas agrosilvícolas.
- Sistemas silvopastoriles.
- Sistemas agrosilvopastoriles.

Las cuales se definen de la siguiente manera:

2.8.1 Sistemas agrosilvícolas

Son los que generalmente incluyen árboles y cultivos temporales, es decir combinan los bosques con la agricultura. Dentro de esta clasificación se incluyen:

2.8.1.1 El modelo Taungya. Consiste básicamente en la repoblación forestal combinada con el establecimiento de cultivos bajo la plantación hasta cuando el dosel del bosque permita la entrada de suficiente luz. El sistema taungya apareció en una visión general de sistemas agroforestales en todo el mundo como un sistema que combina un soporte de especies leñosas y cultivos agrícolas durante los primeros años del desarrollo de plantaciones (Nair, 1985,1991; citados por Acheamong et al., 2016).

2.8.1.2 Árboles asociados con cultivos. En este arreglo se usa un aporte de sombra al cultivo y obtención de beneficio adicional con la comercialización de frutos o, en otros casos,

busca el aprovechamiento de callejones entre frutales mediante el establecimiento de cultivos.

2.8.1.3 Intercalado de palma aceitera con cultivos. Recientemente Nchanji et al. (2016) reportan un estudio de la técnica de intercalado (intercropping) de palma de aceite con diferentes cultivos. Al sembrar palma de aceite con cultivos durante su fase inmadura (estado de crecimiento) se suele culpar a los cultivos por su impacto negativo en el crecimiento y rendimiento futuro de las palmas. La agroindustria condena unánimemente esta práctica. Contrariamente, los pequeños productores, si señalan las numerosas ventajas que presenta los cultivos intercalados con la palma, ya que no sólo disminuye fuertemente el costo de control de malezas sino también proporciona alimentos e ingresos hasta que las palmas entren en producción. Si bien tales negocios pueden ser de poco interés para la agroindustria, es determinante para muchos pequeños agricultores mantener este sistema. El estudio se realizó en siete comunidades de Bamuso (Sur-Oeste de Camerún) y busca entender cómo los pequeños agricultores de las plantaciones de palma aceitera (pequeña, mediana y gran escala) utilizan la técnica de cultivos intercalados durante las primeras etapas de desarrollo de la palma de aceite, como medio para mejorar en su sustento. Los resultados indicaron que, se obtuvo un salario medio anual de € 1075 por hectárea por cada pequeño palmicultor practicando la técnica de intercalados. Además del ingreso ganado, el cultivo intercalado redujo significativamente el coste de control de malezas. El estudio, por lo tanto, sugiere la necesidad de evaluar medidas tales como la elección del cultivo, la densidad de plantación, entre otros, que deben tenerse en cuenta para hacer intercalado de cultivos anuales de alimentos con la palma de aceite, para no poner en

peligro el rendimiento de la palma de aceite en la fase de producción. Este hallazgo es importante para la agricultura sostenible y anima a los cultivos intercalados para reducir la pobreza para los hogares marginadas en especial para las mujeres sin acceso a la tierra, maximiza el uso de la tierra por los agricultores, los alimentos, la seguridad alimentaria en los hogares, la estabilidad en el rendimiento y la rentabilidad de plantaciones de palma de aceite de pequeños productores (Nchanji et al., 2016).

Aunque el cultivo intercalado de palma de aceite con los cultivos alimentarios tiene un impacto negativo en el rendimiento de la palma de aceite, la mayor parte los pequeños agricultores aún practican el cultivo intercalado para la subsistencia y para mejorar sus niveles de ingreso. Esta técnica también ayuda a reducir el coste de control de malezas de la plantación de palma aceitera, y ayuda a maximizar el uso de la tierra ya que los pequeños productores están menos tentados a abrir nuevas tierras forestales para sembrar sus cultivos alimenticios. En cuanto a los cultivos asociados, los pequeños agricultores del sitio de estudio cultivan más plátano, malanga, maíz, yuca etc., en comparación con otros cultivos alimentarios tales como frijoles, maní, etc., probablemente debido valores culturales. Los cultivos alimentarios más valiosos en efectivo fueron ñame, plátano, yuca, en orden decreciente de importancia.

Por otro lado, los agro-industriales cercanos con plantación no practican el cultivo intercalado como su objetivo principal ya que como empresa comercial era conseguir el máximo beneficio de rendimiento de la palma de aceite. Por tanto, existe una brecha de conocimiento que necesitan los pequeños productores para mejorar la calidad del material de siembra para el cultivo intercalado, promover

determinados cultivos y cuales evitar, mejor técnica de intercalado y mejores prácticas de gestión para el cultivo principal, la palma de aceite. También existe la necesidad de estudiar los efectos de los diferentes modelos de cultivo intercalado sobre los rendimientos de la palma de aceite, y la necesidad de ver cómo los intercalados podría ser practicado hasta que las palmas entren en su etapa de producción (Nchanji et al., 2016).

2.8.1.4 Árboles de sombra o mejoradores de suelo en cultivos. La aplicación más característica de este tipo está relacionada con árboles leguminosos integrados al cultivo para mejorar utilización de nutrientes y paralelamente como reguladores de sombra.

2.8.1.5 Cercas vivas y cortinas rompe vientos. Se practican en zonas ganaderas y sabanas. Es común encontrarlos alrededor de cultivos agrícolas especialmente en regiones con grandes corrientes de aire. Las cercas vivas se utilizan en la delimitación de fincas o lotes y para impedir el paso del ganado; las cortinas rompevientos se establecen para reducir la velocidad del viento o disminuir la erosión causada por el viento. A la vez la madera es utilizada para leña, carbón, postes, como forraje y en algunos casos para aserrío.

2.8.2 Sistemas silvopastoriles

Son aquellos que combinan el pastoreo y el bosque. El objetivo principal es la ganadería; en forma secundaria se logra la producción de madera, leña o frutas. Se dividen en las siguientes modalidades:

2.8.2.1 Pastoreo o producción de forraje en plantaciones forestales. En esta modalidad se permite el crecimiento de

los árboles hasta que alcancen un desarrollo suficiente como para no ser dañados cuando se introduzca el ganado.

2.8.2.2 Pastoreo o producción de forraje en bosques secundarios. Por lo general se realiza un raleo del bosque secundario o rastrojo alto permitiendo la aparición de plantas rastreras y gramíneas que permiten el pastoreo de ganado menor, el cual además de consumir el forraje, ramonea algunas de las especies.

2.8.2.3 Árboles en pastizales. Por lo general se realiza un raleo del bosque secundario o rastrojo alto permitiendo la aparición de plantas rastreras y gramíneas que permiten el pastoreo de ganado menor, el cual además de consumir el forraje, ramonea algunas de las especies.

2.8.2.4 Árboles y arbustos productores de forraje. A este modelo pertenecen los bancos de proteínas establecidos con leguminosas especialmente de los géneros *Leucaena, Gliricidia y Erythrina,* así como también *Trichanthera.*

2.8.3 Sistemas agrosilvopastoriles

Son los que combinan la agricultura, los bosques y el pastoreo, permitiendo la siembra, la labranza, la recolección de la cosecha por largos periodos vegetativos y el pastoreo dentro de los cultivos y el bosque sin dejar el suelo desprovisto de vegetación. Se han dividido en:

2.8.3.1 Cultivos y ganadería en plantaciones forestales. Una vez establecida la plantación forestal, se aprovecha el suelo con pastoreo o con el establecimiento de algunos cultivos que toleran parcialmente sombra.

2.8.3.2 Árboles asociados con cultivos y ganadería. Estos modelos se suceden al desmontar el bosque para cultivar y dejar residuos o cortinas con algunos árboles, con los que se logre garantizar algún valor comercial.

2.8.3.3 Huertos caseros mixtos. Este sistema es el que tradicionalmente se localiza alrededor de las viviendas y consiste en el establecimiento de una diversidad de especies de todo tipo incorporando algunas veces animales domésticos. Por lo general las especies son establecidas de acuerdo con la necesidad de disponer de alimentos.

2.9 Perspectivas de los sistemas agroforestales

Los conflictos por el uso de la tierra para la agricultura, silvicultura y conservación en las regiones tropicales todavía están lejos de ser solucionados; más bien, es posible que se intensifiquen en las próximas décadas. Para superarlos, es preciso que se logre una visión mucho más exacta de las necesidades y costumbres de los agricultores y que se realicen esfuerzos para estabilizar las poblaciones rurales. En Ucayali, la proliferación del monocultivo de la palma aceitera en los últimos cinco años, es un claro ejemplo de problemas que se avecinan.

Este objetivo requerirá un enfoque más amplio de los proyectos de desarrollo rural. En especial, es importante estabilizar las poblaciones que se encuentran cerca de los bosques que se pretende proteger. En tal sentido, los sistemas agroforestales pueden desempeñar un papel de mayor importancia que el que tuvieron hasta ahora.

El manejo del bosque, trátese de bosques naturales o de plantaciones, ofrece empleo a una cantidad considerable de trabajadores; esto puede conducir a una mayor estabilidad en la tenencia de la tierra. La producción de madera para las necesidades de la industria local, puede combinarse ventajosamente con la producción de alimentos y de pastos.

El principio guía es la intensificación de la producción agrícola y forestal, sin causar degradación de los recursos. Esto aliviará la presión sobre los bosques naturales remanentes y suministrará a los habitantes rurales lo indispensable para sus necesidades básicas. Los proyectos agroforestales cuentan con un gran potencial para desempeñar un papel clave en el logro de estos objetivos.

2.9.1 Estado actual de la investigación en sistemas agroforestales

Desde que se inició el interés por los sistemas agroforestales, el concepto ha variado, actualmente se incluyen numerosas prácticas de uso de la tierra en las cuales los árboles y los cultivos interactúan en asociación simultáneo o secuencial.

El argumento de los años setenta de considerar las prácticas agroforestales como particularmente útiles en áreas marginales, especialmente en áreas secas y semidesérticas, es poco aceptado en la actualidad; más bien ha sido ampliado en algunos casos, pues marginalidad incluye también exceso de lluvia, áreas pantanosas, pendientes fuertes etc.

Por otra parte, existen combinaciones agroforestales en buenos suelos con muy altos rendimientos; ejemplo de ello son los huertos tropicales que habitualmente se instalan alrededor de las casas y las combinaciones con cultivos perennes comerciales como cacao, café, té y caucho.

Actualmente, la investigación sobre sistemas agroforestales está siendo institucionalizada, especialmente por medio de agencias gubernamentales e internacionales en los países en desarrollo. Para citar como ejemplo están: El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica, International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) en Kenia, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con oficinas en Latinoamérica.

En el Perú el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) tiene un Programa de Investigación en Agroforestería en el Bosque Nacional A.V. Humboldt (Ucayali) y en la Estación Experimental Genaro Herrera de Iquitos (Ricse, 2011; Flores et al., 2004).

En el CATIE y el ICRAF la investigación se dirige a sistemas agroforestales como medio para contribuir a solucionar los problemas de pequeños agricultores. Pero en general, en la mayoría de las instituciones de investigación existe una tendencia general que se dirige hacia el estudio de árboles de propósito múltiple, tanto a nivel de pequeños agricultores como de cultivos a mayor escala. También se está resaltando el estudio de los huertos caseros mixtos y las asociaciones de cultivos con árboles frutales y arbustos.

Los sistemas de cultivos en callejones (Alley cropping) han recibido amplia atención, como alternativa para la producción sostenida de cultivos anuales, debido a que su diseño se presta a manipulación experimental; se han publicado numerosos trabajos referentes a ensayos de poda, producción de hojarasca, influencia sobre los suelos y sobre la productividad de cultivos asociados. Sin embargo, aún queda mucho por investigar referente al manejo de estos sistemas y a su adopción por los agricultores.

En la mayoría de las líneas de investigación en sistemas agroforestales, hay una clara intención de considerarlos como una herramienta para ayudar a los pequeños agricultores; también a contribuir a su autosuficiencia o a que alcancen una dependencia mínima de insumos importados.

La multitud de combinaciones posibles, la complejidad de las interacciones entre los componentes asociados y el crecimiento relativamente lento de las especies arbóreas involucradas, son los principales factores limitantes de la investigación agroforestal.

Numerosos aspectos todavía están poco estudiados, probablemente debido a las dificultades que presenta su investigación. Por ejemplo, aún faltan datos cuantitativos sobre muchos aspectos de los sistemas agroforestales; existen numerosas descripciones de sistemas que ponen énfasis en las especies, las interacciones, las funciones, los productos, pero con frecuencia esos factores no han sido cuantificados. En muchos casos existen datos cuantitativos a nivel de especie o de componente, pero no a nivel de sistema. Es necesario realizar más evaluaciones financieras, que faciliten los procesos de selección y promoción de las prácticas.

Se está intentando solucionar en parte la complejidad de la investigación agroforestal por medio de la adopción de diseños que faciliten el estudio de las interacciones árbol-planta. Por ejemplo, diseños en líneas paralelas permiten ver el efecto de los árboles sobre hileras de cultivos a diferentes distancias de estos. Los diseños en abanico, en círculos concéntricos y otros diseños sistemáticos permiten realizar estudios sobre el distanciamiento óptimo entre árboles y cultivos, sin necesidad de grandes áreas de terreno; estos diseños tienen como inconveniente que no permiten mucha flexibilidad de manejo.

El ICRAF, ha propuesto varias alternativas para estudios de la zona de contacto árbol-cultivo (diseños en Y, líneas en ángulos de 45°, líneas paralelas, estudios utilizando un árbol único). Ya existen experiencias de investigaciones de esta clase realizados en la Estación Experimental de ICRAF en Machakos, Kenia, en sistemas de *Cassia siamea* en asociación con maíz y otros cultivos. El ICRAF también ha preparado una serie de documentos con recomendaciones sobre diseños, listas de especies y características importantes a tenerse en cuenta en la evaluación e investigación de árboles de uso múltiple.

También es importante identificar y medir el impacto ambiental de esos sistemas. Con respecto a este último aspecto, en general se tiende a pensar que la presencia de árboles produce efectos benéficos

sobre los suelos; sin embargo, el establecimiento de especies muy comunes en sistemas agroforestales (pino, eucalipto y teca) a veces ha sido asociado con un deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos; el impacto real de este fenómeno merece especial atención.

2.9.2 Perspectivas: Potencial y limitantes de los sistemas agroforestales

El desarrollo de conocimientos técnicos y la difusión de sistemas agroforestales son un desafío para los científicos, profesionales y técnicos, debido a la tarea interdisciplinaria que se requiere, pues resulta necesario reunir experiencias de técnicos en ciencias agropecuarias y forestales. Tradicionalmente, los sistemas agroforestales han sido campo de acción de técnicos forestales más que de agrónomos, a pesar de que estos últimos están capacitados para resolver problemas de producción de cultivos, pastos y animales.

Hay pocos científicos entrenados en los aspectos interdisciplinarios que conciernen a los sistemas agroforestales. La dimensión sociocultural de los sistemas, es decir los factores culturales y socioeconómicos locales que influyen en la utilización de especies y prácticas, complica aún más el panorama.

2.10 Perspectivas de la investigación

En los sistemas agroforestales las interacciones árbol-cultivo introducen un factor adicional, que debe ser considerado al evaluar los resultados de las prácticas. Esto sumado a las numerosas condiciones locales que influyen sobre los resultados, hace más difícil la extrapolación de sistemas agroforestales a otras regiones, o aún a otros terrenos dentro de la misma área, que la de sistemas agropecuarios o forestales menos complicados.

La investigación en sistemas agroforestales, en consecuencia, constituye una empresa compleja y los diseños experimentales no son fáciles de efectuar. Una dificultad que aparece con frecuencia cuando se

piensa en el diseño de sistemas agroforestales es la elección de las especies adecuadas para establecer una asociación. Como estas prácticas se basan en una buena comprensión de las necesidades, requerimientos y limitaciones de los árboles y de los cultivos, es necesario conocer la biología de las especies involucradas.

En escala mundial, más de 2000 especies de árboles y arbustos se encuentran en listas que identifican su uso potencial o actual en sistemas agroforestales. El principal rasgo de estas especies es su habilidad para producir en asociación con cultivos agrícolas. Por su parte, estos cultivos deben tener características biológicas, tales como tolerancia a la sombra, buena capacidad fotosintética en condiciones de baja luminosidad, etc.

Aparentemente ha habido muy poca selección genética para buscar el tipo de planta que, al hallarse asociada y en condiciones limitantes de luz, sea fotosintéticamente eficiente y tenga valor alimenticio. Se conoce bastante la fisiología de los árboles y de los cultivos, sobre todo a nivel de especies; falta profundizar en el comportamiento de las plantas que crecen en asociaciones agroforestales. Es necesario contar con información en general sobre la producción en condiciones de sombreamiento, influencia de la competencia de raíces, efectos de la limitación en la disponibilidad de agua y de la competencia por nutrientes. Además, diferentes asociaciones de plantas influyen sobre el microclima de diversas maneras y, de esa forma, modifican las respuestas fisiológicas. Se necesita investigación en esta área.

El potencial de los programas agroforestales para la aplicación de principios genéticos es enorme. A pesar de estas posibilidades, la mayoría de las especies de árboles y de cultivos que se utilizan, con algunas pocas excepciones, no son el resultado de análisis cuidadosos de los factores biológicos y socioeconómicos, sino más bien consecuencia de la disponibilidad de material, costumbres locales, preferencias alimenticias de los agricultores y del país donde hayan sido capacitados los técnicos.

Las necesidades de investigación, con referencia particular a los árboles y arbustos de uso múltiple, pueden ser resumidos así:

1. Variabilidad genética.
2. Características para evaluación.
3. Variabilidad dentro de las especies.
4. Obtención de genotipos mejorados.
5. Fuentes y certificación de germoplasma.
6. Otras necesidades de investigación.

2.11 Aspectos ecológicos de los sistemas agroforestales

Un método de uso de la tierra es sostenible siempre y cuando este no produzca un deterioro de la capacidad productiva del sitio. El aumento de la erosión y la disminución de la fertilidad de los suelos son las dos causas principales de la reducción de la capacidad productiva de los suelos.

El impacto de la pérdida de suelos sobre la productividad depende de una serie de factores tales como:

- La velocidad de formación del suelo superficial.
- La profundidad del suelo.
- La distribución de nutrientes en el perfil.

La presencia de árboles provee a los sistemas agroforestales algunas características que pueden favorecer la productividad y la perdurabilidad. Estas pueden incluir: efectos sobre el ciclaje de nutrientes, protección contra la erosión, modificación del microclima, estratificación en el uso de recursos y efectos sobre las poblaciones de plagas, entre otras.

A continuación, vamos a describir estos aspectos:

2.11.1 Efectos de los árboles sobre los suelos

Los efectos benéficos de los árboles sobre la fertilidad de los suelos pueden incluir tanto una mejora en la estructura del suelo como aumentos en la disponibilidad de nutrientes. También pueden ocurrir efectos perjudiciales, tales como aumentos en la acidez, producción de sustancias alelopáticas y competencia con otras especies por agua o nutrimentos.

En el Cuadro 2 se muestra en forma resumida los posibles efectos beneficiosos de los árboles sobre los suelos, destacándose aquellos efectos para los cuales existe evidencia y aquellos que aún no han sido adecuadamente demostrados (Nair, 1989).

Los principales efectos de los árboles sobre los suelos son consecuencia de la materia orgánica obtenida por medio de:

- La hojarasca y las podas.
- La descomposición de troncos y raíces.

Cuadro 2. Posibles efectos beneficiosos de árboles sobre los suelos (Nair, 1989)

Proceso	**Efecto principal**	**Evidencia científica**
Producción de biomasa	Adición de materia orgánica	Disponible
Fijación de nitrógeno	Aumento del contenido de N	Disponible
Lluvias	Influencia sobre cantidad y distribución de lluvias y su aporte de nutrientes	No completamente demostrado
Protección contra la erosión hídrica y eólica	Reducción de la pérdida del suelo y de nutrientes	Disponible
	Absorción en capas profundas y disposición en la superficie	No completamente demostrado
Absorción/reciclaje/ liberación de nutrientes	Conservación de nutrientes que podrían perderse por lavado	No demostrado
	Liberación de nutrientes en el momento requerido por los cultivos(por medio del manejo)	Disponible
Procesos físicos	Mejora de las propiedades físicas (retención de agua, drenaje, etc.)	Disponible
Aumento en el crecimiento y proliferación de raíces	Aumento de la biomasa de raíces, sustancias promotoras del crecimiento, asociaciones microbianas.	Parcialmente demostrado
Calidad y dinámica de la hojarasca	Mejora de la calidad de la hojarasca por mayor diversidad de especies	Cultivos en callejones y cultivos asociados
Modificación del microclima	Creación de microclima favorable; efectos de los rompe vientos y barreras vivas	Disponible
Procesos bioquímicos/biológicos	Moderación de efectos en condiciones de extrema aridez, alcalinidad u otras condiciones desfavorables de los suelos.	Parcialmente demostrado

La mayoría de estudios sobre este tema han sido realizados en bosques naturales o en bosques plantados, en sitios de agricultura migratoria o en parcelas de regeneración natural.

Las prácticas agroforestales no siempre benefician a las propiedades físicas y químicas de los suelos; por otro lado, muchos ejemplos sobre efectos beneficiosos han surgido de investigaciones realizadas en suelos fértiles que no necesitan una gran mejoría (Sánchez et al., 1985)

Las especies arbóreas pueden influir sobre el pH, cationes, materia orgánica, contenido y disposición del nitrógeno y fósforo del suelo.

Por ejemplo, el pH del suelo en una plantación de *Gmelina arbórea* (melina) sobre Ultisoles en Brasil fue de 5.2 mientras que bajo plantación de pino el pH fue de 3.9, aproximadamente igual que el encontrado bajo bosque nativo (Sánchez et al., 1985). Bajo plantaciones de *Gmelina arbórea,* también se encontró mayor cantidad de calcio, 860 kg/ha, que bajo pino en el que se encontraron 100 kg/ha y bajo bosque nativo en el que se encontraron 40 kg/ha.

En la zona atlántica de Costa Rica, se encontraron mayor contenido de materia orgánica y nutrimentos bajo seis especies de árboles nativos en una plantación de tres años de edad, que, bajo pasto, con niveles cercanos a los presentes en un bosque secundario de 20 años; los efectos más llamativos se encontraron bajo: *Vochysia ferruginea* (botarrama) y *Stryphnodendron excelsum* (vainillo). La caída de hojas fue también mayor bajo esas dos especies que en las otras especies del ensayo. La hojarasca de *Vochysia ferruginea* tendía a acumularse en el suelo, indicando un aporte considerable de materia orgánica, pero también señalando que su descomposición era lenta, lo cual puede ser favorable si se desea mantener una cobertura del suelo,

pero desfavorable si se espera un reciclaje rápido de nutrimentos. (Montagnini et al., 1991).

2.11.2 Posibles impactos perjudiciales

Los efectos de los árboles sobre la fertilidad varían según las especies y las condiciones ambientales; se deben diferenciar los impactos beneficiosos y los indeseables. Es importante conocer los mecanismos que producen tales resultados, para poder decidir sobre las técnicas de manejo adecuadas para obtener impactos deseables. No es necesario estudiar todos los mecanismos posibles, sino que es preferible concentrar esfuerzos en examinar los aspectos claves del reciclaje de nutrientes involucrados en cada situación.

En la mayoría de los casos es posible obtener datos útiles en estudios que incluyan los siguientes aspectos:

1. Parámetros de fertilidad de suelos (materia orgánica, pH, Ca, N, P, K, Mg).
2. Producción y composición química de la biomasa aérea.
3. Caída y descomposición de hojarasca.
4. Biomasa y composición química de raíces.

En el caso del nitrógeno, además de su contenido total en el suelo es importante conocer la tasa de mineralización, es decir la transformación de nitrógeno orgánico en formas inorgánicas, nitrato y amonio, aprovechables por las plantas.

2.12 El ciclaje de nutrientes en un sistema agroforestal

Los procesos del ciclo de nutrientes en un sistema agroforestal**,** básicamente son la descomposición de la hojarasca y la mineralización, los mecanismos de conservación de nutrientes relacionados con la presencia de árboles, los efectos de las perturbaciones, como la quema de un bosque.

Comparación de los ciclos de nutrientes en un ecosistema de bosque no perturbado con los de un sistema agrícola, y con un sistema agroforestal (Nair, 1984):

Los procesos que ocurren en un bosque tropical no perturbado ayudan a comprender los que se dan en los sistemas agroforestales. En el bosque no perturbado, especialmente en zonas de alta precipitación, la mayor parte de los nutrientes se encuentra en la vegetación en pie; de esta manera se haya relativamente protegidos de la erosión y la lixiviación. Los nutrientes retornan al suelo a través de la caída de hojarasca, ramas, frutos, descomposición de raíces, que en general es más acelerada en los bosques tropicales que en las zonas templadas.

La descomposición de la hojarasca ocurre de manera relativamente rápida, dependiendo de la calidad del material orgánico y la época y cantidad de su caída a lo largo del año; los nutrientes son absorbidos por las raíces, las cuales en zonas de bosque lluvioso se encuentran localizadas principalmente en las capas más superficiales del suelo. Ese ciclo relativamente cerrado de nutrientes explica porque los suelos asociados con una vegetación tan abundante son a menudo relativamente pobres en nutrientes y no son fértiles cuando se los utiliza para la agricultura con monocultivos.

Una vez cortado el bosque, parte de los nutrientes que estaban contenidos en la biomasa vegetal se pierden por lavado o volatilización, y parte se incorporan al suelo. La capa de humus a menudo es destruida por la quema o por la exposición a la radiación solar. Aunque la quema produce en la mayoría de los casos un aumento en el contenido de nutrientes del suelo, aumento del pH y disminución de la saturación de aluminio, este efecto tiene duración variable.

Frecuentemente la quema permite el cultivo o el uso para ganadería durante algunos años, pero si no se aplican prácticas de manejo

adecuadas, el uso prolongado tiende a ocasionar un serio deterioro de este recurso.

Los mecanismos del ciclaje de nutrientes están localizados en su mayor parte en la capa densa de las raíces y humus de la superficie del suelo. En esa capa, las micorrizas desempeñan un papel importante en la transferencia de nutrientes hacia las plantas. Las micorrizas son hongos asociados con las raíces de las plantas y facilitan la absorción de ciertos nutrientes de las mismas.

Otros mecanismos de conservación de nutrientes en los bosques son: la presencia, sobre la superficie de las hojas, de algas que pueden acumular agua y nutrientes; mecanismos de fijación de nitrógeno en algunas especies de árboles, en algas y líquenes; condiciones de elevada acidez (bajo pH) del suelo, que puede inhibir la acción de algunos microorganismos. El rasgo más crítico de estos mecanismos de conservación de nutrientes es su estrecha asociación con la parte orgánica y viviente del bosque.

En un sistema agroforestal, el componente arbóreo puede contribuir al mantenimiento del ciclaje de nutrientes mediante los siguientes mecanismos:

- Desarrollo de un tapete de raíces con micorrizas, similar al bosque natural en su función de disminuir el lavado de nutrientes.
- Producción de abundante hojarasca que contribuye a aumentar la capa de humus.
- Provisión de fuentes adicionales de nitrógeno, a través de especies fijadoras de ese elemento.
- Absorción de nutrientes presentes en las capas profundas del suelo, que han sido llevados allí por el lavado de las capas superiores o los que han sido liberados durante los procesos de

meteorización de las rocas, son llevados a las capas superficiales.

2.12.1 Uso de árboles fijadores de nitrógeno

La fijación simbiótica del N caracteriza a unas 650 especies de árboles conocidos, pero hay evidencias que esta cifra puede llegar a varios miles (Valencia et al., 2010). La mayoría de estas especies son leguminosas con nódulos formados por asociación con bacterias del género *Rhizobium* y muchas de ellas son de origen tropical o subtropical. Valencia et al. (2010) reporta amplia información sobre *Inga edulis* en SAF con café.

Dentro de las leguminosas, más de un 90% de las especies de las sub-familias Mimosoidea (ej., *Acacia, Prosopis)* y Papilionoidea (ej., *Dalbergia, Pterocarpus*) son fijadoras de nitrógeno, pero solo aproximadamente en 34% de las Cesalpinoideas presenta esta característica. Por ejemplo, los géneros *Cassia, Schyzolubium, Parkia y Tamarindus* pertenecen a este última sub-familia y no presentan nodulación, aunque si son frecuentemente utilizados en SAF por su crecimiento rápido y otras propiedades deseables (Giraldo, 2009).

Además de las leguminosas, existen otras nueve familias de plantas con capacidad fijadora de nitrógeno a través de asociaciones con actinomicetos del género Frankia: Betulácea, Casuarinácea, Coriariácea, Cycadácea, Eleagnácea, Myricácea, Rhamácea, Rosácea y Ulmácea. Por ejemplo, las casuarinas (familia Casuarinácea) y los alisos y jaúles (familia Betulácea) son ampliamente utilizados en sistemas agroforestales por su capacidad fijadora de nitrógeno.

Muchas especies fijadoras de N son arbustos o árboles pequeños que crecen en bosques secundarios o en pastizales, y muchas tienden a ser invasoras de sitios abandonados. También muchas especies de árboles y arbustos fijadores de N se prestan para

múltiples usos, por lo cual son componentes importantes de muchos sistemas agroforestales como los siguientes:

- **Forraje:** con un 9 a 16% de proteína, aproximadamente el doble del contenido de los pastos tropicales, los árboles fijadores de nitrógeno son utilizados generalmente como suplementos proteicos en combinación con forraje de alto valor calórico.
  Ejemplos: *Gliricidia, Leucaena, Prosopis, Sesbania y algunas Acacias*

- **Cultivos en callejones:** se utilizan especies con habilidad para rebrotar; son más aceptables si también proveen buen forraje. Ejemplos: *Calliandra, Flemingia, Gliricidia y Leucaena.* Los cultivos en callejones constituyen una práctica de gran potencial y consiste en la asociación de árboles o arbustos (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales. Los árboles se podan periódicamente para evitar que se produzca sombra sobre los cultivos y para utilizar los residuos de la poda como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo y como forraje de alta calidad.

- **Cultivos mixtos:** en condiciones naturales a menudo se encuentran asociaciones de árboles fijadores de nitrógeno con árboles no fijadores, como por ejemplo mezclas de Eucalipto y Acacias, pinos y alisos. En muchos casos se les asocia en plantaciones para favorecer el establecimiento de otras especies no fijadoras: como, por ejemplo, el uso de *Leucaena* en la implantación de *Caesalpina echinata* (Palo Brazil).

- **Leña y carbón:** a pesar de su rápido crecimiento, a menudo los árboles fijadores de nitrógeno tienen madera de alta densidad y bajo contenido de humedad, lo cual los hace aptos para ser utilizados como combustibles; por ejemplo: *Prosopis, Acacia,*

Calliandra, Casurina, Gliricidia, Leucaena, Mimosa, Robinia, Samanea y Albizia.

2.12.2 Cortinas rompe vientos y cercas vivas

En cercas vivas se utilizan como hileras de árboles o arbustos que se establecen en los linderos para demarcar límites, disminuir la colocación de postes, producir sombra, leña, madera, forraje, y estacas. La utilización de árboles fijadores de N contribuir a favorecer la disponibilidad de ese nutriente para las plantas asociadas.

Con frecuencia, la productividad de las plantas que crecen en asociación con especies fijadoras de N se ve favorecida. La cantidad de N fijada depende de la especie de árbol y de las condiciones del sitio; en muchos casos el suministro de N por esa vía es considerable. Sin embargo, en algunos casos los efectos beneficiosos de los árboles fijadores de N sobre el rendimiento de los cultivos asociados no se deben a la fijación de N sino a otros factores tales como la sombra, mejor aprovechamiento de la humedad u otros efectos sobre los suelos.

2.12.3 Protección contra la erosión

El aumento de la erosión y la disminución de la fertilidad del suelo son las dos causas principales de la reducción de la capacidad productiva de los suelos.

La presencia de árboles puede contribuir a prevenir la erosión, tanto de manera suplementaria, si están formando parte de otras estructuras destinadas al control de la erosión (terrazas, barreras), como si constituyen en sí mismos un mecanismo principal para prevenir la erosión.

Los riesgos de erosión pueden disminuirse con la reducción de la erodabilidad del agua de lluvia cuando ésta pasa por varios estratos

de follaje. Las prácticas agroforestales pueden contribuir a reducir los riesgos de erosión por medio de:

- Protección brindada por la copa.
- Cobertura del suelo con cultivos anuales o pastos.
- Presencia de una capa superficial de hojarasca.

El momento de iniciación, la duración y la densidad de la copa o de la cobertura del suelo son los factores críticos que determinan el grado de protección contra la erosión. El grado de control de la erosión que puede lograrse con los sistemas agroforestales es variable. Por ejemplo, en la agricultura migratoria las tasas de erosión son aceptables cuando el periodo de cultivo es seguido de un periodo de barbecho prolongado.

En zonas semiáridas, de sabanas, la agricultura migratoria solamente es practicada en terrenos de pendiente suave y, por lo tanto, aunque existen problemas serios de fertilidad, la erosión no es generalmente un problema grave (Young, 1989).

En los sistemas **taungya** han sido reportados problemas de erosión en mayor grado que bajo plantaciones puras, debido a las labores culturales que se realizan a los cultivos anuales entre las hileras de árboles. Las pérdidas de suelo tienden a ser menores en plantaciones puras de algunas especies cuando el suelo se encuentra cubierto por vegetación natural y no se perturba con labores agrícolas. Sin embargo, la erosión puede ser grave en plantaciones puras cuando la cobertura del suelo es escasa, si las hileras siguen el sentido de la pendiente, o si se combinan ambos factores.

En las combinaciones de cultivos con árboles para sombra, si estos se encuentran muy espaciados (como es común en los sistemas agroforestales con el cultivo del té), su efecto no es muy pronunciado y el control de la erosión depende más bien de adecuadas prácticas de

manejo de la plantación. Sin embargo, en los sistemas en los cuales los estratos superiores e inferiores son más densos, como en la mayoría de los sistemas con café y cacao con sombra, aparentemente no existen problemas serios de erosión. Probablemente el mecanismo de control en estos casos no es la cobertura de la copa sino la capacidad de estos sistemas para mantener una cobertura de hojarasca densa sobre el suelo.

En los huertos caseros mixtos, la escasa información existente sobre este aspecto indica que la erodabilidad podría ser mayor bajo los árboles que en áreas abiertas, pero en la práctica existe menor erosión del suelo debido a la cubierta de plantas herbáceas y hojarasca.

La capacidad de las cercas vivas y las cortinas rompe vientos para reducir la erosión hídrica y eólica ha sido bastante comprobada.

Los sistemas de cultivos en callejones pueden cumplir una función en la protección contra la erosión cuando se establecen las hileras de árboles en sentido perpendicular a la pendiente.

Las funciones suplementarias de los árboles en estructuras establecidas para el control de la erosión, consisten, en primer lugar, en contribuir a estabilizar las estructuras por medio de su sistema radicular; y, en segundo término, en dar un uso productivo a la tierra tal como la producción de frutas, forraje y leña. Los árboles se pueden agregar en el momento de construir las estructuras o cuando éstas ya se encuentran establecidas. Las estructuras más comunes consisten en barreras de contención con árboles y pastos, árboles en terrazas y árboles en sistemas de canales y barreras (Giraldo, 2009).

2.12.4 Influencia sobre el microclima

La presencia de árboles también puede ejercer una acción reguladora sobre el microclima. Los árboles pueden afectar la cantidad de luz, la temperatura, la lluvia, la humedad y el viento bajo sus copas,

lo cual puede tener efectos beneficiosos o negativos sobre los cultivos asociados, según los casos.

Bajo la copa de los árboles, aún si ésta ha cerrado solo un 10%, lo cual es un rodal bastante abierto, puede haber una transmisión de un 75% de la luz que habría en campo abierto. En consecuencia, aún los rodales abiertos pueden ofrecer considerable protección contra el exceso de radiación solar.

Por otro lado, bajo un rodal con 1/3 de la copa cerrada, lo cual es aun relativamente abierto, solo puede transmitirse aproximadamente 2/3 partes de la radiación a campo abierto, lo cual puede ser demasiado sombreado para muchos cultivos.

La transmisión de luz es mayor para la luz difusa de los días nublados, que en días claros; porque la luz difusa puede encontrar mayor cantidad de pequeños espacios para pasar por la copa de los árboles, que los rayos directos del sol.

Por otra parte, también influye la estructura de la copa: en las coníferas ésta actúa como una capa continua, constituyendo un medio dispersante de la luz bastante uniforme. Bajo los árboles de hoja ancha se puede transmitir a lo largo del día el mismo total de energía radiante que bajo las coníferas. Sin embargo, en los árboles de hoja ancha se registra mayor número de rayos de luz de corta duración y de alto contenido de energía que bajo las coníferas. Estos efectos influyen sobre el diseño de las combinaciones como se verá más adelante.

Los árboles pueden tener efectos importantes sobre la cantidad de lluvia que llega a los cultivos. Esta cantidad depende de varios parámetros como son: la distancia entre árboles o entre surcos, la altura de los árboles, la estructura de la copa, la velocidad y dirección del viento, la intensidad y duración de la lluvia. Cae mayor cantidad de

agua lluvia en el suelo que se encuentra en el lado opuesto a la dirección del viento.

La modificación del microclima propiciado por los árboles puede llevar a una mejor utilización del agua por las plantas, ya que estos contribuyen a controlar y modificar la evapotranspiración, manteniendo los límites de humedad del resto de componentes del sistema o asocio, evitando el déficit de agua que podría presentar el marchitamiento de las demás plantas, haciendo más eficiente el uso del agua disponible. Estos efectos sobre el microclima deben ser tenidos en cuenta cuando se diseñen sistemas agroforestales.

2.13 Sistemas agroforestales: Biodiversidad y conservación

Los SAF se presentan como una manera de uso de la tierra que combina aspectos productivos y conservacionistas para alcanzar la sostenibilidad.

Existen dos componentes en la biodiversidad. El primero se refiere a la biodiversidad planificada, asociada con los cultivos en los sistemas agroecológicos que depende del manejo del agricultor. El segundo componente relacionado a la biodiversidad asociada que incluye la flora, fauna y el suelo, como los organismos que vienen desde los medioambientes circundantes a colonizar los agroecosistemas. Así, la biodiversidad planificada cumple un doble rol: facilitar las funciones del ecosistema, como el ciclo de nutrientes y el control de plagas, esto crea indirectamente condiciones favorables para la supervivencia de biodiversidad asociada, pues pájaros e insectos son atraídos a las sombras de los árboles (Useche y Blare, 2013). En la literatura revisada se menciona especialmente los beneficios de los SAF entorno a la biodiversidad y conservación del medio ambiente y sus recursos, manejo de los suelos y control de plagas.

2.13.1 Conservación de la biodiversidad

En las regiones tropicales el cambio del uso del suelo y la pérdida de biodiversidad está dada por la conversión de los bosques y la intensificación agrícola (Bhagwat et al., 2008). La fortaleza de los sistemas agroforestales yace en la combinación de cultivos, árboles, pastizales y animales. Siempre y cuando haya dos de estos elementos con variedad de cultivos y de árboles, se crean las condiciones necesarias para generar un sistema biodiverso, que reduce la deforestación en los trópicos (Bhagwat et al., 2008). Estos sistemas albergan y conservan gran diversidad de especies hortícolas, ornamentales, medicinales y agrícolas (Garcia et al., 2008). En suma, grupos de seres vivos como árboles, epifitas, hormigas, reptiles, anfibios, aves y mamíferos se reducen cuando se pasa de plantación tradicional diversa a monocultivo, causando ésta una reducción en la diversidad (Perfecto, 2014).

2.13.2 Conservación y manejo del suelo

Los SAF se muestran como alternativas al uso exhaustivo del suelo (Miller y Nair, 2006). En la Sierra, el mayor problema es la erosión del suelo, donde más de la mitad de los suelos agrícolas muestran alto grado de erosión, causada por la labranza intensiva en tierras frágiles como laderas. También en la región amazónica se presentan suelos compactados debido a las actividades ganaderas extensivas (Nieto, 2005). Con un buen manejo de los SAF es posible proteger la superficie del suelo y conservarlo, evitando así la erosión filogenética (Padilla, 1995) y mejorar la fertilidad del suelo tomando en cuenta algunas prácticas como la conservación de la cubierta vegetal u hojarasca, la que evita el impacto directo del brillo solar y las gotas de lluvia. Dicha conservación de biomasa aporta a una mejor retención de nutrientes aumentando la fertilidad del suelo (Ramírez, s/a).

2.13.3 Control de plagas

Uno de los principales problemas que tienen los productores en sus campos son las plagas y enfermedades que acaban con las

cosechas, provocando pérdidas y muchas de las veces endeudamiento en los pequeños productores y campesinos. De ahí, que la implementación de los SAF, por su diversificación de cultivos, aporta a mantener las interacciones entre los elementos bióticos y abióticos que componen el sistema. Las plagas pueden ser controladas por los servicios e interacciones que brindan las aves, murciélagos y hormigas, pues todas ellas visitan, en el caso de las aves migratorias cafetales con gran biodiversidad (Perfecto, 2014). La relación consiste entre más diversidad, eficiente control de plagas y en menor diversidad o en monocultivo, mayor la amenaza de plagas (Ramírez, s/a). Así, la colocación de árboles en torno a los cultivos evita el fácil desplazamiento de muchos insectos, actuando como barreras y repelentes (Bhagwat et al., 2008).

2.13.4 Microclima y mitigación del cambio climático

Los SAF fortalecen la resistencia de los componentes contra los vientos y granizadas y favorecen el amortiguamiento de efectos y cambios en los microclimas. Así, el debate actual atribuye sobre todo los beneficios entorno a los servicios ambientales que generan los SAF, en el cual los árboles cumplen un rol importante como captadores de carbono, ya que al crecer las plantas acumulan el dióxido de carbono y posteriormente lo convierten en biomasa (Corral et al., 2006). Con el estudio de Corral et al (2006) realizado en SAF con café y cacao en Pichilingue (Ecuador), ubicados a una altitud de 120 msnm y 260 msnm, respectivamente, se pudo determinar que los depósitos de carbono fueron de 72,5 y 75,7 t/ha respectivamente, comprobándose así que los suelos de estos SAF son importantes depósitos de carbono.

La selección adecuada de las especies, la ordenación espacial y prácticas de conservación de suelo ayudaría a un manejo de los SAF, para fijar y conservar sosteniblemente el carbono en el suelo (Corral et al., 2006).



Fig. 1. SAF*:* cacao y banano en la Provincia de Loja, Ecuador. Autora: Fabiola Pinta Sarango

2.13.5 Aspectos en relación a la productividad

En Ecuador, el 76 % de los productores entrevistados destacaron el aspecto socioeconómico como el más importante servicio que reciben de la aplicación del sistema agroforestal (Checa et al., 2010). Desde la perspectiva de los agricultores particulares hay que considerar los siguientes tres aspectos, en relación a la productividad.

2.13.5.1 Satisfacción de necesidades. Al tener el productor su finca diversificada, durante el ciclo anual de producción puede satisfacer las necesidades de alimentos, madera, combustible, frutos, forraje, un crecimiento sostenido, obteniendo también mayores beneficios en términos económicos por la obtención de los productos (forestales, agrícolas, pastos y animales) (Padilla, 1995). Las especies que se encuentran en los SAF como yuca, plátano, pijuayo, naranja, maní, fréjol, piña y cacao, están en plena relación a la satisfacción de sus necesidades alimenticias y medicinales.

2.13.5.2 Producción secuencial. La diversificación de la producción disminuye los riesgos económicos y la dependencia de un

solo producto (Altieri y Nicholls, 2000; MA, 2004; Nieto, 2005), permite a los productores obtener ingresos durante todo el año y beneficios en el corto, mediano y largo plazo, así como vender los productos obtenidos del sistema y sobre todo la madera, cuando necesitan dinero urgente (FAO, 2005).

2.13.5.3 Mano de obra. Una de las dificultades en la aplicación de los SAF yace en la mano de obra, ya que la presencia de plantas, arbustos y árboles de diversa estatura dificultan la aplicación de labores mecanizadas del suelo y requiere un trabajo manual en las deshierbas, controles fitosanitarios y cosechas (Nieto, 2005). Esto podría significar mayores demandas de empleo en el sector rural. A este respecto, Checa et al. (2010) destacan el uso de la mano de obra familiar en el manejo de los SAF, lo que podría llevar a la integración de los miembros en todo el proceso productivo (Altieri y Nicholls, 2000).

2.13.6 Aspectos sociales-culturales

2.13.6.1 Manejo y prácticas culturales locales. Algunos campesinos y agricultores, quienes en sus fincas diversificadas encuentran diferentes manifestaciones de SAF (Miller y Nair, 2006) aplican prácticas amigables y equilibradas con el medio ambiente, por un conocimiento heredado de antepasados (Padilla, 1995). Por ejemplo, en sus prácticas tradicionales saben que el café se lo siembra bajo la sombra de un árbol frutal. Así, esta praxis ha estado presente en los campos dentro de lo que se denomina “saber tradicional“.

2.13.6.2 Soberanía y seguridad alimentaria a nivel de las comunidades. Uno de los principios de la agro ecología, a la que pertenecen los SAF, postula garantizar la seguridad y

soberanía alimentaria. Así la seguridad alimentaria apunta a aprovechar las contribuciones de la naturaleza con métodos de producción y cosecha agroecológica y buscar la justicia social y ambiental (Perfecto, 2014). La soberanía alimentaria constituye un derecho moral y legal de los pueblos a conservar su base alimenticia, mantener sus costumbres y tradiciones alimentarias y producir sus alimentos (Nieto, 2005). Para superar la pobreza sobre todo a nivel rural es necesario ver quien está produciendo los alimentos y quién los compra más que considerar la totalidad que se produce. Conocer cómo se producen los alimentos, las condiciones culturales y ecológicas son esenciales para la soberanía alimentaria (MA, 2004). De ahí, que los SAF contribuyen a la soberanía alimentaria, por ser una opción a los monocultivos, si bien es cierto que la monocultura incrementa la productividad de los cultivos en el corto plazo, deja como consecuencia pérdida de recursos genéticos, vulnerabilidad del agricultor frente a plagas y cambios climáticos. Estos hechos ponen en riesgo al agricultor y a su seguridad alimentaria (Useche y Blare, 2013).

En conclusión, los SAF son una opción de producción no convencional para conservación del suelo, del agua, aprovecha interacciones, nutrientes, la energía solar y el mejoramiento de las condiciones ambientales del ecosistema, que combina conservación y generación de bienes y servicios de manera secuencial en una parcela, proporcionando seguridad al agricultor.

Los SAF constituyen una alternativa viable de producción para un país tropical como el Ecuador, cuyas diferentes combinaciones pueden ser aplicables en las tres regiones del país, a fin de revertir el impacto de la erosión del suelo en la Sierra, recuperar los bosques húmedos

tropicales en la Costa y en la Amazonia recuperar el suelo compactado por la actividad ganadera y a la vez contribuir a la generación de ingresos.

Sin embargo, la implementación de un sistema agroforestal requiere de una inversión inicial por parte de los productores y minimiza las ganancias monetarias a corto plazo frente a la producción monocultivo. Esto puede representar una dificultad sobre todo para pequeños productores que dependen de sus ganancias diarias, de ahí que sea importante la documentación e información de los beneficios socio-económicos para la promoción de SAF.

Con respecto al manejo del SAF este tiene una gran relación con el conocimiento tradicional, pues las comunidades pueden fomentar el intercambio de saberes. Si el conocimiento no existe o se ha perdido en el transcurso de los años dominados por la monocultura, la (re)implementación requiere un extenso estudio del funcionamiento y manejo del sistema, a fin de evitar asociaciones e interacciones inadecuadas.

2.14 Algunos SAF en la Amazonía Peruana

Lojka et al. (2009) describen SAF para ecosistemas de altura de Ucayali con información básica. A continuación vamos a describir algunos SAF en la amazonia peruana (Flores, 1997):

2.14.1 SAF con aguaje (*Mauritia flexuosa*)

El aguaje por ser una especie heliófila y de porte elevado, debe ocupar el estrato alto. Los distanciamientos mínimos deben varias entre 10-12m., los hoyos deben tener dimensiones de 40 x 40 x 40 cm. y contener abundante sustrato orgánico mezclado con suelo de la capa superficial. Las líneas de plantación deben orientarse en la dirección Este-Oeste para un mejor aprovechamiento de la energía lumínica.

Una modalidad extensiva de establecimiento agroforestal del aguaje consiste en el manejo de la regeneración natural, ejecutando raleos o completando plantas que se adecúen a los espaciamientos mínimos previstos. Las asociaciones observadas son con cultivos de arroz o maíz que conforman el estrato bajo; pueden también asociarse con pasturas.

En sistemas agroforestales sucesionales, el distanciamiento del aguaje varía entre 12-24m. El establecimiento puede ser simultáneo o secuencial y dependiendo del tipo de suelo, se puede asociar con: arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot* sp), plátano (*Musa sp*), piña (*Ananas comosus*), marañon (*Anacardium occidentale*), uvilla (*Pouoruma cecropifolia*), umarí (*Poraqueiba serícea*) y leche caspi (*Couma macrocarpa*). Al finalizar el aprovechamiento de los cultivos de ciclo corto, será necesario establecer una cobertura de leguminosa.

El abonamiento es necesario para restituir la extracción de nutrientes del suelo, estimado en 42 kg de N/ha, 9.9 kg Ca/ha, 1.7 kg P/ha y 0.3 kg Fe/ha. Una opción tecnológica viable consiste en el aprovechamiento de toda fuente orgánica generada en el sistema: malezas, residuos de cosecha, podas de formación y mantenimiento y podas periódicas de la cobertura leguminosa.

En general, los deshierbos que se practican en los cultivos de ciclo corto y el mantenimiento de los frutales leñosos nativos, favorecen el desarrollo y producción del aguaje; la remoción de las hojas viejas del aguaje es una práctica recomendada.

La fructificación del aguaje se inicia entre los 7-8 años después de la plantación, cuando las plantas alcanzan una altura de 6-7m; aunque han sido observadas plantas de menor porte que iniciaron la fructificación a partir del 4to año. La fructificación aparentemente ocurre todo el año, con mayores concentraciones entre los meses de febrero-

agosto y relativa escasez los meses de setiembre-noviembre. El momento óptimo de cosecha del racimo, es cuando los frutos adquieren una coloración marrón más intenso y los frutos se desgajan fácilmente. La cosecha del fruto en los sistemas naturales sin manejo, es de la planta derribada; y en sistemas manejados, se utilizan subidores o plantas de apoyo para alcanzar los racimos y cortar con machete, también se utilizan varas largas provistas de ganchos que desgajan los racimos y los frutos se recolectan manualmente del suelo. La producción en sistemas naturales se estima en 6.1 t/ha en el Perú y 9.1 t/ha en Colombia; bajo cultivo, en plantaciones de monocultivo de 100 palmas/ha, se obtiene 19t/ha con promedio de 190 kg/planta (Flores, 1997).

2.14.2 SAF con marañon (*Anacardium sp)*

El marañón tiene copa bastante amplia, es de hábito heliófilo y demanda bastante luz para su crecimiento y producción. Se adapta en sistemas agroforestales sucesionales, ocupando el estrato medio temporal. Se propone el espaciamiento de 6 x 6 y 12 x 6 m dependiendo de la intensidad de la explotación.

En sistemas sucesionales multiestrata tradicionales, se ha observado al marañón como un componente temporal de producción temprana y con vida productiva de máximo 67 años; tiempo en que los componentes del estrato alto, suprimen a la especie por sombreamiento. En éstos sistemas, las principales especies asociadas son: yuca, plátano, piña, uvilla (*Pourouma cecropifolia*), pijuayo (*Bactris gasipaes*), umarí (*Poraqueiba sericea*), castaña (*Bertholletia excelsa*) y tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*).

El manejo de los sistemas sucesionales, demanda desyerbos oportunos, establecimiento de cobertura leguminosa al finalizar el aprovechamiento de los cultivos anuales, el reciclaje de toda fuente orgánica generada en el sistema y la protección del cultivo. Otras asociaciones agroforestales frecuentes son de marañón con pastos,

ganado y *Caryocar villosum*. El marañón es una especie melífera y excelente rompe vientos.

La fructificación en árboles francos se inicia de 3 a 4 años después de la plantación, y en plantas injertadas a los 2 años. La fructificación ocurre entre los meses de octubre y abril. La vida productiva es superior a 25 años. La producción de nueces y pedúnculo por planta, se estima entre 70 y 80 kg, correspondiendo el 10% a las nueces. Los frutos maduros fisiológicamente se desprenden de la planta y caen al suelo. Se recomienda la cosecha directa de los árboles, para proteger al pedúnculo de magulladuras y deterioro. El pseudofruto debe separarse cuidadosamente de la nuez, en previsión de afecciones por magulladuras o heridas, que propicien procesos fermentativos y afecte la calidad comercial del producto. Las nueces, deben secarse al sol, hasta que se "oyen" sonar dentro de la "cáscara", luego se tuestan, se desprende la cáscara y se extrae la semilla comestible (Flores, 1997).

2.14.3 SAF con cacao (*Theobroma cacao)*

El cacao es un árbol de porte bajo, de hábito umbrófilo y ocupa el estrato bajo en el bosque natural. Su cultivo comercial es factible bajo sistemas agroforestales multiestrata sucesionales, tiene ventajas de crecimiento y producción bajo sombra y menores exigencias en fertilización. El cacao es una especie que demanda factores ambientales favorables para una óptima producción: distribución regular de la precipitación pluvial, adecuado abastecimiento de nutrimentos; oportuna regulación de luz y de temperatura en las etapas iniciales de crecimiento y baja incidencia de plagas y enfermedades.

En el bosque natural, el cacao se beneficia del ciclaje de nutrientes en suelos de mediana fertilidad y de la protección que ofrece la biodiversidad de especies vegetales que conforman los diferentes estratos de la foresta. Bajo sistemas agroforestales, el sombreamiento temporal y perenne, tienen la función principal de proteger al cultivo de

los factores desfavorables que oferta el ambiente amazónico: baja fertilidad natural de los suelos, terrenos muy inclinados, distribución irregular de las lluvias, temperaturas elevadas, exceso de luminosidad para el crecimiento inicial del cacao y gran proliferación de plagas y patógenos perjudiciales al cacao.

Numerosas plantas útiles productoras de alimentos, madera o abono orgánico, pueden asociarse con cacao y suministrar sombra temporal o permanente. La selección de especies tiene relación con el tipo de suelo y de las oportunidades de mercado para los diferentes productos. Especies anuales: arroz, maíz, frijol (*Phaseolus sp*.), yuca y plátano o banano (*Musa sp.*); especies semiperenes tales como pimienta (*Piper nigrun*), maracuyá (*Passiflora edulis*), papaya (*Carica papaya*); y especies perennes: café (*Coffea sp.*), copoazú (*Theobroma grandiflorum*), guaba (*Inga edulis*), huasai (*Euterpe oleracea*), coco (*Cocos nucífera*), pijuayo (*Bactris gasipaes*), ubus (*Spondias mombin)*, caoba (*Swietenia macrophylla*), ñallu caspi (*Cordia alliodora*) y pashaco cutano (*Schizolobium amazonicum*).

En general, se implantarán los cultivos temporales y perennes con 2-3 meses de anticipación al establecimiento del cacao. La distribución espacial del cacao, de preferencia en hileras de 3 ó 4 espaciadas 3 x 4m ó 4 x 4m, intercaladas con hileras de plantas del estrato alto y medio espaciadas 12 x 6 m. El plátano como sombra temporal a un espaciamiento de 6 x 12 m. Los cultivos anuales (arroz, maíz o yuca) y los leñosos semiperennes y perennes del estrato medio o bajo, tendrán arreglos espaciales que no compitan con el cacao.

La fructificación se inicia generalmente al 5to. año de la plantación. Florece y fructifica todo el año, concentrándose la mayor producción en los meses de noviembre a marzo; la producción tiende a disminuir después de 10-12 años de vida productiva. La producción del cacao cultivado en condiciones rústicas, con sombra y sin fertilizantes, puede llegar a 500 kg/ha de semilla seca. Con prácticas agronómicas y

material de plantación adecuados y en condiciones sombreadas, el cacao puede producir 1 500 kg/ha. En condiciones no sombreadas, con árboles en alta densidad y con prácticas agronómicas y material de plantación buenos, se pueden obtener rendimientos de hasta 4 000 kg/ha.

Ricse (2011) presentó una investigación de SAF con cacao así: el primer año sembró 1250 árboles de guaba con cobertura de leguminosas. El segundo año estableció especies maderables. Antes de establecer las plantaciones forestales, la cobertura con mucuna y centrosema controlaron en 90 % a las malezas invasoras: *Imperata brasiliensis* (cashaucsha), *Rottboellia cochinchinensis* (arrocillo) y *Baccharis floribunda* (sachahuaca). Durante el crecimiento juvenil de las especies maderables (shihuahuaco, tornillo, capirona), los árboles de guaba, controlaron en 90% de las malezas invasoras, produjo 3,200 kg de materia seca, tuvo una cobertura del 80 % de la superficie del suelo, fijó 200 kg de N/ha y mantuvo la humedad del suelo (10%). En este SAF el rendimiento del cacao fue de 800 kg de almendra seca por ha. Las plantaciones forestales de 10 años capturaron hasta 90 t de CO^2; los SAF de 25 años hasta 160 t de CO^2. Las leguminosas aportaron N al suelo: *Centrosema* 200 Kg/ha, *Pueraria* 180 kg/ha, *Stylosanthes* 200 kg/ha y *Mucuna* 190 kg/ha.

2.14.4 SAF con camu camu (*Myrciaria dubia)*

Por el hábito natural gregario mono específico del camu camu, se aduce que no es adecuado para su cultivo agroforestal. En general, a mayor homogeneidad del substrato, menor es la biodiversidad vegetal, favoreciendo a las especies de mayor adaptación. En los ambientes inundables de aguas negras, la simplificación de la vegetación es evidente respecto a las tierras de altura, en espacios donde predomina el camu camu, se puede asimilar la monocultura y en lugares donde se observa asociado con otras especies leñosas se puede asimilar la agroforestería.

Los sistemas multiestrata sucesionales son alternativas viables en restingas esporádicamente inundables y en tierra firme. El camu camu por su carácter heliófilo y porte bajo, se localiza en el estrato bajo que demanda luz. Los espaciamientos en cuadrado de 4-6 m entre plantas serían favorables. Según la calidad del suelo y adecuándose a los regímenes de la precipitación pluvial y de las crecientes y vaciantes de los ríos, se puede asociar con cultivos diversificados anuales arroz, maíz, frijol (*Phaseolus sp.*), chiclayo (*Vigna sp.*). Especies leñosas del estrato medio y alto, de copa corta o abierta que no compitan por luz son convenientes; en la asociación se proponen 2-3 especies, alternando plantas del estrato medio con árboles del estrato alto a espaciamiento de 12 x 6 m. Al finalizar el aprovechamiento de los cultivos anuales, deben establecerse coberturas de *Arachis pintoi*, porotillo (*Desmodium sp.*) adaptado a inundaciones y *Zornia latifolia* que se comporta bien en Ultisoles.

Las podas, los desyerbos oportunos, el reciclaje de la materia orgánica generada en el sistema y la protección vegetal, son prácticas de manejo que no se deben descuidar en los sistemas agroforestales.

La fructificación en plantas francas, se inicia al 3er. año de la plantación en el 10% de la población, en plantas injertadas en Entisoles, la fructificación se inicia al 2do año de la plantación en el 50% de la población. En condiciones naturales, la producción de frutos del camu camu es de 9.5-12.7 t/ha/año. Bajo cultivo, en distanciamiento de 3 x 3 m con abonamiento orgánico y suplemento mineral se obtiene 10 t/ha/año, y a espaciamientos 4 x 4 m 15 t/ha/año (Flores, 1997).

2.14.5 SAF con castaña (*Bertholletia excelsa*)

Las castañas utilizadas en agroforestería son francas, y la orientación de las líneas de plantación deben tener la dirección este-oeste. El árbol se asocia con cultivos perennes tales como pimienta

(*Piper nigrum*), cacao (*Theobroma cacao*) y guaraná (*Paullinia cupana*). Los espaciamientos recomendados son 25 x 10 m o 25 x 15 m.

En sistemas sucesionales multiestrata, se asocia con cultivos anuales tales como yuca, plátano, piña. Con cultivos perennes y semiperennes, marañón (*Anacardium occidentale*), uvilla (*Pourouma cecropiifolia*), pijuayo (*Bactris gasipaes*), umarí (*Poraqueiba sericea*), cedro (*Cedrela odorata*), tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), huayruro (*Ormosía coccinea*),Shimbillo (*Inga sp).* Después del aprovechamiento de los cultivos anuales, se introduce *Desmodium ovalifolium*.

La castaña espaciada 24 x 24 m, tiene crecimiento rápido, a los diez años alcanza una altura de 14-22 m y 19-31 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho). En sistemas silvopastoriles la castaña se asocia con gramíneas forrajeras principalmente *Brachiaria humidícola*; los espaciamientos recomendados son 20 x 10 m o 12 x 15 cm.

En el bosque natural, la fructificación se inicia entre 12 y 16 años; con buen manejo en espacios abiertos, puede reducirse a 8 años. Las plantas injertadas fructifican a los 6 años, y excepcionalmente a los 3.5 años. Plantas francas en agroforestería multiestrata iniciaron a fructificar desde los 6 hasta los 10 años. Los rendimientos de árboles de 30 años de edad son estimados en 300 kg de nueces/árbol/año; lo que a una densidad de 25 plantas/ha asciende a 7 500 kg/ha. En agroforestería sucesional multiestrata, entre el 6to y 10° año se ha registrado la producción de 6-25 frutos/árbol, con un promedio de 17 semillas/fruto. Otras informaciones señalan producciones de árboles de 16 años de 30-50 frutos.

2.14.6 SAF con shihuahuaco (*Dipterix odorata*)

La charapilla o shihuahuaco en el bosque natural es una especie del estrato alto, de hábito umbrófilo en la etapa de crecimiento inicial y heliófilo en el estadío productivo. Se adapta en sistemas agroforestales sucesionales, ocupando el estrato alto perenne. El espaciamiento

recomendado es de 12 x 12 m. o de 12 x 24 m. El trasplante debe ser efectuado al inicio de la estación lluviosa, en hoyos de 30 x 30 x 30 cm. Las líneas de plantación, deben tener orientación este-oeste, para mejor utilización de luz. La plantación se realiza bajo sombra de cultivos anuales tales como yuca y plátano. Otras especies asociadas secuencial o simultáneamente son: uvilla, pijuayo, palta (*Persea americana)*, umarí, cedro y tornillo.

2.14.7 SAF con guaba (*Inga edulis*)

En general, el trasplante en campo definitivo debe realizarse en la época lluviosa, en hoyos de 30 x 30 x 30 cm., conteniendo substrato mezclado de materia orgánica descompuesta y tierra superficial. Asociado como árbol de sombra con café y cacao, los espaciamientos son variables 10 x 10 m, 12 x 12 m y hasta 15 x 15 m. Dependiendo del cultivo principal, café o cacao, el establecimiento de la guaba puede ser anticipado o simultáneo junto con las especies anuales, semiperennes y perennes.

El cultivo de guaba orientado a la producción de frutos, se adapta al sistema agroforestal sucesional. El espaciamiento recomendado es de 6 x 6 m. Se puede asociar simultáneamente con múltiples especies anuales, semiperennes y perennes.

En sistema de cultivo en callejones, para el manejo por podas de la biomasa de guaba, los espaciamientos de callejones varían de 6-12 m. y están separados por dobles hileras de guabas espaciadas 25 cm entre hileras y entre plantas en cada hilera de 50 cm. Los cultivos en los callejones son yuca, plátano (*Musa spp*.), piña (*Ananas comosus*), caimito (*Pouteria caimito*), carambola (*Averrhoa carambola*), palta (*Persea americana*), coco (*Cocos nucífera*), cítricos diversos; y en las dobles hileras de guaba con cedro (*Cedrela odorata*), castaña (*Bertholletia excelsa*), moena (*Aniba sp.*) y caoba (*Swetenia macrophylla*), entre otros.

La fructificación de la guaba se inicia a los dos años con pocos frutos y se incrementa hasta el quinto año en que la producción es comercial y puede alcanzar hasta 300 frutos. El tiempo de producción de la especie se estima en 20 años, dependiendo del manejo puede ser menor o indefinido. La fructificación ocurre de enero a diciembre y la cosecha se concentra en abril-mayo y setiembre-octubre (Flores, 1997).

2.15 Iniciativas silvopastoriles en la Amazonia Peruana

La ganadería de hoy ha encontrado en los sistemas silvopastoriles (SSP), la mejor forma de utilizar simultáneamente los recursos agropecuarios, garantizando además su sostenibilidad. Sin embargo, el éxito de su implementación está condicionado al conocimiento de las características particulares de cada área, lo cual debe ser tomado en consideración a la hora de trazar la estrategia a seguir.

En una encuesta realizada sobre tecnologías de SSP en fincas de productores en tres regiones de la amazonia peruana (San Martín, Ucayali y Pasco), Vela et al. (2010) encontraron 8 casos de árboles en potreros (65 ha), 7 casos de banco de forraje (13.5 ha), 5 casos de cercas vivas (36.5 ha), 1 caso de árboles en potreros y cortinas rompevientos (5 ha), 1 caso de árboles en potreros y cercas vivas (6.0 ha), 1 caso de árboles en potreros y banco de forrajes (5.0 ha), 2 casos de banco de forraje y cercas vivas (6.0 ha) y 1 caso de banco de forraje, cercas vivas, árboles en potreros, cortina rompevientos (2.0 ha).

Especies utilizados en los SSP con incorporación del componente arbóreo en pasturas: *Amburana cearensis* (ishpingo*), Aspidosperma macrocarpon* (pumaquiro*), Calycophyllum spruceanum (*capirona*,), Simaruba amara (*marupa*), Guazuma crinita* (bolaina*), Tabebuia serratifolia (*tahuari*), Terminalia oblonga* (yacushapana), *Swietenia macrophylla* (caoba*), Erythrina poeppigiana* (eritrina*), Inga edulis (*guaba*), Ficus insípida (*oje*), Inga spp (*shimbillo*). También se encontró especies introducidas tales como Pinus sp* (pino*), Eucaliptus sp*

(eucalipto*), Cupressus sp* (ciprés), *Quararibea cordata (*zapote) *y Pinus radiata* (pino chileno) (Vela et al., 2010).

Especies utilizadas en SSP con cercas con postes vivos (Vela at al., 2010)**:** *Erythrina berteruana* (amasisa), *Ceiba samauma* (huimba), *Gmelina arbórea* (melina), *Jatropha curcas* (piñón blanco), Crescentia *cujete* (huingo) e Inga *sp* (guaba). Los bancos de proteínas encontrados en los SSP fueron las leguminosas Stylosanthes *guianensis, Erytrina sp. y Centrosema macrocarpun.*

Vela et al. (2010) concluyeron que:

i) En la Amazonía peruana se desarrollaron trece iniciativas SSP (silvopastoriles).
ii) La principal fuente de ingreso de los productores fue la venta de leche fresca, seguido de la venta de ganado vacuno, carne y reproductores.
iii) Las tecnologías silvopastoriles implementadas fueron la siembra de árboles en pasturas, cercas vivas, banco de forrajes y cortinas rompevientos. De los 26 productores participantes en este estudio el 81 % continúan manejando éstas tecnologías, debido a los productos que aportan tales como frutos, forraje, leña, madera, postes; y servicios que brindan, como sombra, captura de carbono, protección del ambiente; además de que el terreno se capitaliza.

2.16 Reserva de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana

El sistema de corte y quema o agricultura migratoria es el sistema predominante en los trópicos húmedos del Perú y otros países de la Amazonia. Este sistema de uso tradicional de la tierra pierde muy rápido su productividad debido al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además es el sistema que causa mayor deforestación.

La agroforestería representa probablemente el reto científico más complejo del sistema de investigación agrícola: cómo integrar cultivos anuales con árboles, pastos y animales en sistemas de producción, de modo que la inevitable competencia por la luz, el agua, los nutrientes y daño físico, tenga como resultado una producción sostenible, sin degradación del medio ambiente. (ICRAF, 1996, 1998).

La foresta de los trópicos húmedos contiene las concentraciones más grandes de biomasa y biodiversidad en la tierra y su destrucción tiene consecuencias medio ambientales directas en todo el mundo. Esta foresta es actualmente la más extensa en la cuenca Amazónica de Sudamérica. Cuando estos bosques son destruidos con las quemas y convertidas para otros usos gran parte del C que está almacenado en la vegetación es perdido hacia la atmósfera principalmente como CO_2. Este proceso de pérdida de C es la mayor causa de la acumulación de CO_2 en la atmósfera seguido después de los causados por la combustión de los combustibles fósiles.

Además la foresta tropical es un importante recurso para la población creciente de los trópicos húmedos bajos. La cosecha de madera genera empleo y beneficios económicos para la gente pobre así como a las grandes empresas. La conversión de la foresta a pastos y agricultura provee de alimentos y oportunidades de inversión. Los minerales valiosos y combustibles fósiles degradan la foresta y hay demanda en todo el mundo. La preocupación global sobre el medio ambiente sobre la destrucción de la foresta debe ser balanceada contra las necesidades económicas y las aspiraciones de los países en desarrollo hacia un nivel estándar más alto de vida.

Alegre et al. (2010) evaluaron las reservas de C con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de los trópicos húmedos del Perú. Una de las áreas de estudio está ubicada en la provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas, a una altura de 180 msnm y con precipitaciones anuales de 2 200 mm y una temperatura promedio de

26°C. · El suelo es un Ultisol típico, silicio Iso-hipertérmico. La otra área de estudio está ubicado en la Región de Ucayali, Pucallpa, a una altura de 250 msnm y con precipitaciones anuales que van desde los 1 800 mm hasta los 3 500 mm por año y una temperatura promedio de 25°C.

Los sistemas de uso de la tierra estudiados en la zona de Yurimaguas fueron un bosque de más de 40 años, ligeramente extraída la madera valiosa, y bosques secundarios de 3, 5 y 25 años. También se evaluaron cultivos anuales, sistemas agroforestales de pijuayo (*Bactris gasipaes*) y un sistemas de multiestratos (asociación de *Colubrina glandulosa, Inga edulis, Bactris gasipaes, Eugenia stipitata* y *Coffea arabica*). Otros sistemas evaluados fueron los pastos naturales degradados de más de 30 años y pastos mejorados con *Brachiaria decumbes.* Por otro lado, los sistemas de uso de la tierra estudiados en la zona de Pucallpa fueron un bosque primario no tocado y otro desmatado solo la madera valiosa. Los bosques secundarios de 3 y 15 años. Cultivos anuales de maíz, yuca y plátano. Pastos degradados y plantaciones de caucho (*Hevea braziliensis*) y palma aceitera (*Elais guinensis*).

Los resultados mostraron que la foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de C total en ambos sitios. El barbecho natural aumentó su contenido de C con el tiempo. El nivel de C en todos los sistemas manejados fue más bajo que el de los bosques naturales. Sin embargo entre los sistemas manejados el contenido de C en la parte aérea (árbol, sotobosque y hojarasca) en los sistemas perennes con árboles y coberturas fue más alto y fluctúo desde 41 t/ha para la palma aceitera hasta 74 t/ha para la plantación de caucho (Pucallpa). En el sistema agroforestal de multietratos (Yurimaguas) estos valores fueron intermedios con 59 t/ha. Los sistemas de caucho y multiestratos presentaron una cobertura permanente de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y centrosema (*Centrosema macrocarpum*) respectivamente, los cuales incrementaron significativamente las reservas de C en el sotobosque y en el suelo.

La comparación entre los sistemas de cultivos anuales y los otros sistemas de uso de la tierra es muy importante. El C recapturado por los sistemas de cultivos anuales seguido por el desmonte del bosque es muy pequeña (3 a 17 t/ha).

Los pastos tuvieron cantidades limitadas de C en la parte aérea pero aportaron mayores cantidades en el suelo (35.7 hasta 72.6 t/ha) comparado con los otros sistemas de uso de la tierra, y siendo inclusive mayor que el bosque natural en Yurimaguas debido al uso menos intensivo de los pastos, pero fueron menor en Pucallpa debido a la mayor intensidad de uso de estos pastos. Con pasturas en el sistema hay un aporte constante de las raicillas superficiales que mueren y se descomponen rápidamente así como la adición en las excretas de los animales. Generalmente las cargas animales de pastoreo exceden la carga óptima deseable para un manejo adecuado y así se evite la degradación de los suelos por compactación o bajo nivel de algunos nutrientes. Finalmente, las reservas de C totales en los sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas fueron mayores que en Pucallpa debido a que en Yurimaguas la intensificación de uso de la tierra es menor y el grado de degradación de los suelos es menor que en Pucallpa. Estos resultados muestran que los cultivos de árboles perennes basados en sistemas de multiestratos alcanzan el 20-46 % del C secuestrado del bosque primario comparado con solo 10% con los sistemas de cultivos anuales o bianuales.

Alegre et al. (2010) concluyeron que:

- La foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de C en la biomasa aérea tanto en Yurimaguas como en Pucallpa.
- El nivel de C en todos los sistemas manejados es más bajo que el de los bosques naturales.
- Entre los sistemas manejados el contenido total de C en los sistemas perennes con árboles y coberturas fue más alto y

fluctúo desde 99 t/a para la palma aceitera hasta 152.3 t/ha para la plantación de caucho (Pucallpa) y en el sistema agroforestal de multiestratos (Yurimaguas) estos valores fueron intermedios con 114.3 t/ha.

- Los niveles de C en el suelo fueron mayores en los bosques y plantaciones perennes y sistemas agroforestales seguido por los pastos mejorados y siendo los más bajos con cultivos anuales.

Por otro lado, en una investigación de SAF con cacao Ricse (2011) encontró que las plantaciones forestales shihuahuaco, tornillo y capirona de 10 años de edad capturaron hasta 90 t de CO2 y los SAF de 25 años capturaron hasta 160 t de CO2.

2.17 Política forestal en la Amazonia Peruana

El reconocimiento que hace la Ley Forestal y de Fauna Silvestre de 2011 (Ley Nº 29763) del papel de la agroforestería en la producción de madera, constituye un paso importante para el apoyo a la forestería de los pequeños agricultores. El reconocimiento formal y apoyo a estos actores para la producción de madera en sus sistemas agroforestales tiene impactos potenciales amplios y de largo plazo, tanto para los medios de vida locales como para los servicios eco sistémicos.

En la Amazonía peruana, los sistemas agrícolas de pequeños productores crean un mosaico de unidades de producción interconectadas (Padoch y Pinedo-Vásquez, 2006), que van desde huertos familiares y sistemas de rotación de cultivos en tierras altas y zonas inundables (Coomes, 1992; De Jong, 2001; Denevan, 1984; Denevan y Padoch, 1987; Hiraoka, 1989), hasta sistemas con apoyo externo, como el cultivo de cacao y café con fines comerciales (White, 2005). A lo largo del tiempo, y en una misma unidad de manejo del suelo, estos agricultores producen una gran diversidad de cultivos anuales y perennes, en un sistema que integra los procesos ecológicos naturales con prácticas de manejo agrícola, forestal y ganadero. Estos mosaicos productivos, que incluyen huertos familiares, parches de bosque y

purmas, pueden ser considerados en términos generales y formalmente sistemas agroforestales (Sinclair, 1999). Por lo tanto, el manejo de árboles en un sistema agrícola forma parte de un enfoque integrado del uso del suelo típico de sistemas de pequeños agricultores.

2.17.1 La agroforestería tradicional basada en purmas

La agroforestería tradicional basada en purmas está generalizada en la Amazonía peruana. De 376 distritos amazónicos muestreados durante el Censo Nacional Agropecuario del Perú (CENAGRO, 2012; citado por Sears et al., 2014), indica que más de 4.5 millones de hectáreas de tierra se encuentran dentro de mosaicos productivos de pequeños agricultores (agroforestería). La tierra bajo la categoría de purma (definida en el censo como “barbecho” o “no trabajada”) corresponde a más del 19% de la superficie total del área, y aproximadamente 45 % de los productores cuentan con alguna unidad de purma. Los bosques secundarios maduros y bosques remanentes (“montes y bosques” de origen no especificado, que pueden ser bosques secundarios o bosques maduros degradados) cubren 44 % del mosaico y se encuentran en 42 % de las propiedades de pequeños agricultores. Los sistemas agroforestales planificados y organizados sobre la base de cultivos de árboles permanentes son reportados todavía como un elemento menor (16 %) de las propiedades, al igual que las plantaciones forestales maderables (0.2%), aunque estas unidades se encuentran en rápida expansión en algunas regiones amazónicas (Sears et al., 2014).

La forestería de los pequeños agricultores facilita la producción, manejo y conservación de múltiples recursos (p. ej., madera, carne de monte, plantas medicinales) y múltiples servicios para el ecosistema (ej., fertilidad del suelo, biodiversidad) (Padoch et al., 1985; Padoch y Pinedo-Vásquez, 1996; Pattanayak y Sills, 2001; Pyhala et al., 2007).

La tierra agrícola en barbecho o bosque secundario, más conocido como purma en el Perú, es un componente dinámico de los

paisajes de mosaicos productivos y representa un nicho ideal para la producción de madera en sistemas de ciclo corto. En estos sistemas, los pequeños agricultores promueven el crecimiento de especies maderables en sus chacras mediante el manejo de la regeneración natural de especies maderables de rápido crecimiento, además de enriquecer sus parcelas con especies maderables y no maderables atractivas, como especies de árboles frutales que atraen a la fauna silvestre, incluyendo animales que proveen carne de monte.

La gran mayoría de pequeños agricultores mantienen especies maderables (muchas de alto valor comercial), incluyendo parches de bosque maduro en sus tierras. Por ejemplo, una muestra de 21 propiedades de la municipalidad de Contamana reveló que la mayoría de agricultores tenían más de una purma, con un tamaño promedio de 6,0 hectáreas. Entre las especies maderables de rápido crecimiento predominantes estaban la bolaina (*Guazuma crinita*, Sterculiaceae) (en 38 de 39 purmas y en 18 de 23 parcelas) y la capirona (*Calycophyllum spruceanum*, Rubiaceae) (en 20 purmas).

Los pequeños agricultores amazónicos emplean una amplia variedad de prácticas de manejo forestal y del suelo en sus purmas. Estos rodales de bosques secundarios pueden tener diversas estructuras, composiciones y funciones, dependiendo de los objetivos de manejo y de las prácticas de su propietario, así como de factores naturales como la disponibilidad de semillas (Pinedo-Vásquez y Sears, 2011). Algunas purmas son manejadas intensivamente para optimizar la producción de madera. En otras, los agricultores integran madera y especies frutales dentro de un sistema más complejo y diverso. En las propiedades donde se realizaron los inventarios forestales, se identificaron trece especies maderables comerciales, cinco especies de árboles frutales y otras seis especies de árboles útiles. Otras purmas son manejadas solo muy ligeramente, con el objetivo de recuperar el suelo y obtener otros servicios ecológicos. En estos sistemas

típicamente se aplican prácticas de manejo tales como el raleo, la poda y la limpieza del sotobosque.

En estos sistemas complejos, los agricultores dependen de procesos ecológicos de transición entre la chacra y el bosque. El manejo de madera en las purmas se inicia en los campos agrícolas, usualmente con la regeneración natural de especies maderables de rápido crecimiento entre cultivos anuales. Las purmas de manejo intensivo pueden llegar a estar dominadas por una sola especie, como la bolaina o la capirona, y contar con un sotobosque limpio, dando la apariencia de una plantación tradicional, aunque el rodal haya sido establecido a través del manejo de la regeneración natural (Sears et al., 2014).

Los estudios de bolaina en purmas revelan que la distribución de tamaño y la densidad promedio de árboles por hectárea varía entre hogares, lo que es reflejo de diversos factores como la edad y la intensidad del manejo en las áreas de purmas. Una purma considerada con una buena densidad de árboles comerciales de bolaina debe tener entre 200 y 300 árboles de >20 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) por ha. El diámetro de un árbol de bolaina puede crecer a una tasa de 4.5 cm por año, pero el promedio es de 3-4 cm (Current et al., 1998). De este modo, los agricultores pueden producir postes (>5cm de DAP) en un plazo de uno a dos años y árboles de 19-25 cm de DAP en entre cuatro y seis años, dependiendo de las condiciones del suelo. La capirona crece más lentamente, a una tasa de promedio de 1.5 cm de diámetro por año en purmas manejadas, pero la madera es de mejor calidad y por tanto mayor valor comercial (Sears, 2003). Los pequeños agricultores suelen extraer postes de capirona para construcción (5-9 cm de DAP) en un plazo de tres a cinco años, y pequeñas tablas de madera aserrada (15-20 cm de DAP) en un lapso de once a doce años. Tanto los postes como la madera aserrada son altamente comercializables en los mercados locales y regionales de la Amazonía peruana.

Los agricultores también enriquecen sus campos con semillas o plántulas de especies maderables de alto valor comercial, especialmente cedro (*Cedrela odorata*, Meliaceae), caoba (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae) y shihuahuaco (*Dipteryx spp.*, Fabaceae), entre otras. Esto incrementa el valor ecológico y comercial de la parcela (Montagnini y Mendelsohn, 1997; Putzel et al., 2013), y proporciona ingresos por la venta de árboles individuales o pequeños grupos de estos árboles maderables de alto valor. A través de la plantación y el manejo de la regeneración natural en sus sistemas agrícolas, así como en las áreas alrededor de bosques degradadas por la extracción, los pequeños agricultores están conservando el valioso germoplasma de especies maderables cada vez más escasas (Putzel et al., 2013). Este proceso de enriquecimiento es una alternativa viable para los programas estatales de reforestación, en especial para recuperar las poblaciones de especies maderables sobreexplotadas. Los sistemas de enriquecimiento del bosque de los pequeños agricultores combinan tanto beneficios económicos (producción de madera y frutos) como ecológicos (recuperación de la capacidad de regeneración de las poblaciones de especies maderables valiosas).

2.17.2 Recomendaciones para una agroforestería en apoyo de los menos favorecidos

(Sears et al. (2014), realizaron una recomendación, basada en más de una década acumulada de investigaciones de campo y estudios de mercado en el sector forestal, con el objetivo de aligerar la carga regulatoria de los pequeños agricultores para la producción y comercialización de especies maderables de rápido crecimiento provenientes de sus sistemas de producción agroforestal. Con este fin, propusieron recomendaciones específicas para la creación de un entorno regulatorio a favor de los menos favorecidos, que apoye la producción de madera en sistemas agroforestales de los pequeños agricultores, tales como:

1. Asegurar que el marco legal incluya de manera clara y específica, las prácticas y lugares donde se produce la madera en los mosaicos productivos de los pequeños agricultores amazónicos.
2. Crear y ordenar la implementación de un proceso claro y sencillo para que los pequeños agricultores puedan registrar sus sistemas de producción de madera en un registro de sistemas agroforestales, y permitirles obtener los permisos necesarios para el aprovechamiento, la transformación y el transporte de la madera al margen de si los pequeños productores cuentan con un título de propiedad o han obtenido los derechos de manejar recursos bajo el esquema de “cesión en uso” presentado por la Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

3. Establecer y definir el apoyo gubernamental para que una oficina en la correspondiente agencia estatal de los gobiernos regionales y locales ponga en marcha los sistemas de registro y monitoreo de sistemas de producción agroforestales. El papel de esta agencia debe ser proveer apoyo técnico y de información a los productores de madera de pequeña escala.

4. Establecer reglas sencillas y accesibles para el aprovechamiento y la transformación de la madera producida por pequeños agricultores en sistemas agroforestales, que faciliten su participación en el mercado y protejan sus derechos. También se deben modificar los requisitos de diámetro mínimo exigidos para el aprovechamiento de especies maderables de rápido crecimiento producidas en sistemas agroforestales de pequeños agricultores.

La adopción de estas recomendaciones debería servir para cambiar el modelo de la actividad forestal en la amazonia peruana, de la extracción a la producción de madera, y reconocer y apoyar el importante papel que cumplen los pequeños agricultores en el sector forestal peruano. Estas iniciativas podrían dar como resultado el fortalecimiento de los marcos y procesos regulatorios en el Perú para promover y apoyar la producción sostenible de madera en las chacras, mejorando los medios de vida rurales y aumentando la cobertura forestal (Sears et al., 2014).

III. MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de esta monografía se realizó una búsqueda de literatura en las bibliotecas de la amazonia peruana tales como de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP) y La Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). También se realizó búsqueda digital en INTERNET de bibliografía proveniente del ICRAF, CATIE, INIA, entre otros centros de investigación, específicamente en revistas indexadas y publicaciones especializadas. Además, se realizó consultas a varios investigadores en sistemas agroforestales de la región Ucayali.

IV. CONCLUSIONES

Después del análisis correspondiente se arribó a las siguientes conclusiones:

- Los SAF o Agroforesteria se define como un sistema de manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de ésta, combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local.
- Los objetivos que busca la agroforestería o SAF son: reducir riesgos y aumenta la productividad total; lograr estabilidad biológica, productiva, económica y de manejo; lograr sostenibilidad, es decir, mantiene la productividad por períodos largos de tiempo; utilizar más eficientemente los recursos ambientales como luz, agua y nutrientes; y aumentar los beneficios de las poblaciones rurales.
- Las ventajas de los SAF son: mantenimiento y recuperación constante de la fertilidad del suelo; menos necesidad de comprar fertilizantes; mayor protección de los suelos agropecuarios contra la erosión y la degradación; y la protección de los animales y cultivos contra el viento, el calor y frío extremo, granizadas; diversificación de la producción; autoabastecimiento con productos maderables y no maderables; mejor aprovechamiento de la mano de obra familiar; total, aprovechamiento espacial (vertical y horizontal) de la finca para la producción; permite la asociación de los rubros de ciclo corto, mediano y largo plazo; aumento de la producción total por área y crecimiento acelerado de los árboles por el aprovechamiento mayor del espacio aéreo y subterráneo; el árbol forma parte de la producción (es un cultivo más de la chacra); proporciona seguridad y diversidad alimentaría a la familia; ingresos por diversidad de rubros de renta en diferentes épocas; sustentable económica, ambiental y socialmente; economía familiar creciente y permanente; satisfacción en el seno familiar; y favorece el arraigo de la familia

- Una clasificación de los SAF en la que se tomen en cuenta los aspectos estructurales y funcionales como base para agrupar los sistemas en categorías es: agrosilvícolas (combinaciones de árboles con cultivos), silvopastoriles (árboles con ganadería) y agrosilvopastoriles (árboles con cultivos y ganadería).
- En la amazonia peruana existen varios SAF tales como de aguaje, café, marañón, cacao, castaña, shihuahuaco, guaba, entre otros.

V. RECOMENDACIONES

De la revisión de literatura sobre los sistemas agroforestales nos permite recomendar:

- Realizar investigaciones sobre sistemas agroforestales en la región Ucayali en los principales cultivos como cacao, plátano, yuca, frijol, utilizando especies maderables y medicinales nativas, así como frutales. Como cobertura verde del suelo se pueden usar leguminosas forrajeras tales como kudzu, entre otros.

VI. REFERENCIAS

Acheampong, E.; Thomas F., Insaido, G. and Mirjam A. F. Ros-Tonen. 2016. Management of Ghana's modified taungya system: challenges and strategies for improvement. Agroforest Syst. Springer. DOI 10.1007/s10457-016-9946-7

Alegre, J.; Arévalo, L. y A. Ricse. 2010. Reserva de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la amazonia peruana. II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s0a.htm

Altieri, M. y Nicholls, C. 2000**.** Agroecología, Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable. 1era Edic. Prog. de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México DF.

Bhagwat, S.; Willis, K.; Birks, H. and Whittaker, R. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? En: Trend in Ecology and Evolution. Vol. 23 Nº. 5, p. 261-267.

Corral, R.; Duicela, L.; y Maza, H. 2006. Fijación y Almacenamiento de Carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao en dos zonas agroecológicas del Litoral Ecuatoriano. Presentado en X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

Checa, X.; Ramos, R.; y Grijalva, J. 2010**.** Caracterización de Sistemas Agroforestales (SAFs) en la Subregión Sierra Centro del Ecuador. Presentado en XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

Coomes, O. T. 1992. Making a living in the Amazon rain forest: peasants, land, and economy in the Tahuayo River basin of Northeastern Peru. P.D. Thesis. University of Wisconsin, Madison.

Current, D.; L. M. B. Rossi.; C. Sabogal, y W. D. Nalvarte. 1998. Comparación de la potencial del manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: Estudios de caso en Brasil, Perú y Costa Rica. Artículo presentado en el Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile.

De Jong, W. 2001. Tree and forest management in the floodplains of the Peruvian Amazon. En: Forest Ecology and Management 150:125-134.

Denevan, W. 1984. Ecological heterogeneity and horizontal zonation of agriculture in the Amazonian floodplain. En: M. Schmink y C. H. Wood (eds.),

Denevan, W. and C. Padoch (eds.) 1987. Swidden-Fallow Agroforestry in the Peruvian Amazon. (vol. 5). Nueva York: The New York Botanical Garden.

ICRAF. 1996. Investigación Agroforestal para Desarrollar Sistemas Ecológicamente sostenibles en la Amazonia Occidental. Reporte Final Enero 1994 a Diciembre 1995*:* Banco Interamericano de Desarrollo-International Centre for Research in Agroforestry. Lima, Perú.

ICRAF**.** 1998. Respuesta a nuevas demandas tecnológicas, fortalecimiento de la investigación en agroindustria y en el manejo de recursos naturales. Reporte final Enero 1996 a Junio 1998. Banco Interamericano de Desarrollo- International Centre for Research in Agroforestry. Lima, Perú

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation) 2005**.** State of the Word Forest. Realizing the economic benefits of agroforestry: experiences, lessons and challenges. Roma.

FAO. 2009. Bosques: Análisis Comparativo de las Definiciones Existentes. Programa de Evaluación de los Recursos Naturales. Doc. de Trabajo 154. Roma

Flores, S. 1997. Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos. Manual para el Extensionista. TCA. 367 p. http://otca.tecnologia.ws/portal/admin/_upload/publicacoes/SPT-TCA-PER-51.pdf

Flores, Y.; Ugalde, L.; Galloway, G. y Carrera, F. 2004. Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque. Alexander Von Humboldt, Amazonia peruana. Turrialba, CATIE. En: Comunicación técnica: pp 111- 121.

García, L.; Suatunce, P. y Torres, M. 2008. Plantas útiles en los sistemas agroforestales tradicionales del Litoral Ecuatoriano en Ciencia y Tecnología 1, p. 65-71

Giraldo, V. 2009. Sistemas Agroforestales. Curso a Distancia. Universidad Nacional Abierta a Distancia. Medellin, Col.

Hiraoka, M. 1989. "Agricultural systems on the floodplains of the Peruvian Amazon". En: J. O. Browder (ed.), Fragile Lands in Latin America: Strategies for Sustainable Development (pp. 75-101). Boulder: Westview Press.

Ley Forestal y de Fauna Silvestre (LFFS). 2011. Ley Nº 29763. Lima.

Lojka, B. et al. 2009. Manual Agroforestal para ecosistemas de altura de Ucayali. Centro de Investigación y Desarrollo Rural Amazónico (CIDRA). Publicado por Coop. Gobierno Checo- Lima. 201 pág.

MA (Movimiento Agroecológico para Latinoamérica y el Caribe) 2004**.** Agroforestería en Latinoamérica: experiencias locales. Memoria del

taller regional de intercambio de experiencias: Tecnologías locales en Agroforestería. Realizado del 4 al 7 de junio de 2001 Colombia.

Martel, E.G.; Marroquín, L.H.; Rojas, R.P.; Dávila, V.; Parra, A. y P. E. Gabancho. 2010. Agroforestería: Guía para Promotores Agroforestales en el Valle del Palcazú. Proyecto Especial Pichis Palcazú (PEPP). La Merced. 41 pp

Miller, R.P. and Nair, P.K.R. 2006**.** Indigenous agroforestry systems in Amazonia from Prehistory to today. En Agroforestry Systems 66:151-164.

Montagnini F.; Cusack D.; Petit B. and Kanninen M. 2005. Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. The Haworth Press, Inc. http://www.haworthpress.com/web/JSF.

Montagnini, F. and R. O. Mendelsohn. 1997. “Managing forest fallows: improving the economics of swidden agriculture”. En: Ambio, 26(2):118-23.

Nair, P.K. 1991 State of the art of agroforestry systems. For. Ecol. Manage. 45:5–29

Nair, P. K. R. (*ed.). 1989.* Agroforestry systems in the tropics*. Kluwer* Academic Publishers, in cooperation with ICRAF. 664 ps. ISBN 90-247-3709-7.

Nair, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforest Syst 3: 97-128. doi:10.1007/BF00122638

Nair, P. K. R. 1984. Tropical Agroforestry systems and practices. ICRAF. Consultado el 15 de Julio 2016: Http://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/agroforestrie/principes/tropical%20agroforestry%20systems%20and%20practices_Usaid.pdf.

Nchanji, Y.K.; Nkongho, R.N.; Mala, W.A. and P. Levang. 2016. Efficacy of oil palm intercropping by smallholders. Case study in South-West Cameroon. Agroforest Syst (2016) 90:509–519. DOI 10.1007/s10457-015-9873-z.

Nieto, C.; Ramos, R. y Galarza, J. 2005**.** Sistemas agroforestales aplicables en la sierra ecuatoriana. Resultado de una década de experiencia en el campo. INIAP- PROMSA. Editorial Nueva Jerusalén. Quito-Ecuador. Boletín Técnico No.122.

Padilla, S. 1995**.** Manejo Agroforestal Andino. Proyecto FAO-Holanda "Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito.

Padoch, C.; J. Chota Inuma, W. de Jong and J. Unruh. 1985. "Amazonian agroforestry: a market-oriented system in Peru". En: Agroforestry Systems, 3, 47-58.

Padoch, C. and M. Pinedo-Vásquez. 1996. "Smallholder forest management: looking beyond non-timber forest products".

Padoch, C. and M. Pinedo-Vásquez. 2006. "Concurrent activities and invisible technologies: an example of timber management in Amazonia". En: D. A. Posey and M. J.

Pattanayak, S. K. and E. O. Sills. 2001. "Do tropical forests provide natural insurance? The microeconomics of non-timber product collection in the Brazilian Amazon". En: Land Economics, 77(4):595-612.

Perfecto, I.; Vandermeer, J.and Wright, A. 2009**.** Nature´s Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty, Earth scan London, p. 139-140.

Perfecto, I. 2014. Ecología, Biodiversidad y Aspectos Sociales de la Producción de Café en América Latina. Vortrag en Universität für Bodenkultur-Boku. Wien.

Pinedo-Vásquez, M. and R. R. Sears. 2011. Varzea forests: multifunctionality as a resource for conservation and sustainable use of biodiversity. En: M. Pinedo-Vásquez, M. L. Ruffino, C. Padoch and E. S. Brondízio (eds.), The Amazon Várzea: The decade past and the decade ahead (pp. 187-206). N.Y. Springer Publishers y The New York Botanical Garden Press.

Putzel, L.; P. Cronkleton, A. Larson, M. Pinedo-Vásquez, O. Salazar and R. Sears. 2013. "Peruvian smallholder production and marketing of bolaina (*Guazuma crinita*), a fast-growing Amazonian timber species: Call for a pro-livelihoods policy environment" (CIFOR Brief, vol. 23). Bogor, Indonesia: CIFOR.

Putzel, L.; C. Padoch and R. Ricse. 2013. "Putting back the trees: smallholder silvicultural enrichment of post-logged concession forest in Peruvian Amazonia". En: Small-Scale Forestry, 12, 421-436. doi: 10.1007/s11842-012-9221-3.

Pyhala, A.; K. Brown and W. N. Adger. 2007. "Implications of livelihood dependence on non-timber products in Peruvian Amazonia". En: Ecosystems 9(8):1328-1341.

Ramírez, W. (s/a). Manejo de Sistemas Agroforestales, p.1-10. http://biblioteca.ihatuey.cu/link/libros/sistemas_agroforestales/manejo.pdf.

Ricse, A. 2011. Degradación de Suelos y su recuperación en la cuenca amazónica. V Congreso Forestal Latinoamericano. Lima, 20 de oct del 2011. INIA. http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DIAPOSITIVAS%20MESAS/MESA%202/A.Ricse%20.pdf.

Sanchez, P.A; Palm, C.A.; Davey, C.B., Szott, L.T. and Russell, C.F. 1985. Tree crops and soil as improvers in the humid tropics? In: Cannel, M.G.R. and Jackson, J.E. Attributes of tree as crop plants. ITE. Hungtinton. pages 327-358.

Sears, R.; Cronkleton, P.; Perez-Ojeda, M.; Robiglio, V.; Putzel, L. and Cornelius, J. 2014. Producción de Madera en Sistemas Agroforestales de Pequeños Productores. CGIAR, CIFOR, ICRAF. Center for International Forestry Research: Bogor, Indonesia.

Sears, R. R. 2003. New forestry on the floodplain: the ecology and management of *calycophyllum spruceanum* (Rubiaceae). Ph D Thesis. Columbia University, N.Y.

Sinclair, F. L. 1999. “A general classification of agroforestry practice”. En: Agroforestry Systems, 46:161-180.

Useche, P. and Blare, T. 2013. Traditional vs modern production systems: Price and market considerations of cacao producer in Northern Ecuador. En Ecological Systems 93, p. 1- 10.

Valencia, F.F.; Baute, J.E.; Sanchez, P.M. y Menza, H.D. 2010. Guamo Santaferreño en Sistemas Agroforestales con café. Avanc, Tec. 396. CENICAFE. 8 p. Chinchina, Caldas. Col.

Vela, J.W; Meza, A.; Clavo, M. y E. Caruzo. 2010. Iniciativas Silvopastoriles en la Amazonia Peruana. VI Congreso Internacional de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Panamá 28 – 30 de setiembre del 2010. http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/seminarios%20y%20congresos/Panama2010/Jorge.Vela.pdf.

White, D. 2005. “The Peruvian Amazon: Development Imperatives and Challenges”. En: C. Palm, S. Vosti, P. Sánchez y P. Ericksen, Alternatives to slash-and-burn: The search for an alternative, 332.

Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. Oxon. Reino Unido. CAB. 276.p.