

CAPÍTULO 2

Clasificación de los SAF

Sandra Elizabeth Sharry

Introducción

Este capítulo brinda una compilación y re-elaboración de la clasificación de los SAF en base a la bibliografía vigente referenciada. Existen varias clasificaciones de los sistemas agroforestales, sin embargo, clasificar los sistemas agroforestales con sus variantes ambientales y de sitio ha sido una labor difícil que tomó mucho tiempo sin alcanzar consenso ni una clasificación global. En este contexto, el ICRAF realizó un inventario mundial de SAF entre 1982 y 1987, cuyos resultados dieron lugar a un esquema de clasificación que es generalmente aceptado en la actualidad (Nair, 1989). Dicho inventario estuvo diseñado para recopilar, reunir, sintetizar y difundir información sobre los SAF existentes en los países en desarrollo. Este proyecto también permitió generar una lista de las principales plantas herbáceas y leñosas perennes reportadas como componentes de los sistemas existentes y sus principales usos en diferentes regiones (Botero y Russo, 2020). La clasificación de los sistemas agroforestales es necesaria con el fin de comprender los diferentes tipos, proveer un marco conceptual que permita evaluarlos y desarrollar planes de acción para su diseño y establecimiento.

Clasificación de los sistemas agroforestales

Existe profusa y variada bibliografía que clasifica a los SAF en base a diferentes consideraciones. Así los SAF han sido clasificados según su **estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características ecológicas, sociales y económicas prevalentes**. Combe y Budowski (1979) los clasifican en base a los productos que se pueden obtener y el tipo de combinaciones entre los componentes. La Office of Technology Assessment (1984) se basa en la escala y los objetivos de producción y establece que son sistemas agroforestales comerciales, de subsistencia e intermedios. Nair (1985) propone una clasificación para evaluar la efectividad de un sistema agroforestal y preparar la estrategia de implementación.

Esta clasificación agrupa y categoriza los sistemas agroforestales de acuerdo a los siguientes criterios (Cuadro 1):

- **Bases estructurales:** referido al arreglo de los componentes del sistema, esto incluye las mezclas espaciales del componente arbóreo, la estratificación vertical del componente mixto y el arreglo temporal de los diferentes componentes.
- **Bases funcionales:** referida a la principal función del sistema, principalmente la del componente arbóreo (esta puede ser productiva, por ejemplo: producción de alimentos, forrajes, leña o también protectora, ejemplo: cortinas rompe vientos, conservación de suelos).
- **Bases socioeconómicas:** referidas al nivel de inversión del manejo (altas o bajas inversiones) o debidas a la intensidad o escala de manejo y a los objetivos comerciales (de subsistencia, comercial o intermedio).
- **Bases ecológicas:** referidas a las condiciones ambientales y a la adaptabilidad de los sistemas ecológicos sobre el supuesto de que ciertos tipos de sistemas pueden ser más apropiados para ciertas condiciones ecológicas. De este modo puede haber un grupo de sistemas agroforestales para tierras áridas y semiáridas y otro para tierras altas y bajas tropicales.

Estas bases amplias de clasificación de sistemas agroforestales no son independientes o mutuamente exclusivas. Tienen que ser interrelacionadas porque la base estructural y funcional está relacionada con el componente arbóreo en el sistema; también se considera la estratificación socioeconómica y ecológica referida a la organización de los sistemas de acuerdo a ciertas condiciones definidas (Solorio et al.2010).

Cuadro 1. Clasificación de SAF

ESTRUCTURA	TIEMPO	FUNCION	SOCIO-ECONOMICAS	ECOLOGICAS (según zonas)
Agrosilvopastoriles	Secuenciales	Productivos	De subsistencia	De zonas áridas
Silvopastoriles	Simultáneos	Protectores	Comercial	Tropicales
Agrosilvícola			Intermedio	Otros zonas

Por su parte, Iglesias (2015) recomienda una clasificación y ejemplos en la que se toma en cuenta los **aspectos estructurales y funcionales** como base para agrupar los sistemas en cuatro grandes grupos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipos de SAF en base a los aspectos estructurales y funcionales

Tipos	Ejemplos
<i>Sistemas agrosilvoculturales</i> (árboles con cultivos)	Cultivo en callejones (alley cropping) Árboles de sombra sobre cultivos perennes Huertos caseros Barbechos mejorados Rompevientos y cercas de protección Sistemas Taungya Mezcla de perennes con otros cultivos Agroforestería para la producción de leña
<i>Sistemas silvopastoriles</i> (árboles con ganadería)	Cercas vivas Pastos con árboles Bancos de proteína Integración de animales con producción de madera
<i>Sistemas agrosilvopastoriles</i> (árboles con cultivos y ganadería)	Huertos caseros con animales Hileras de arbustos para alimentar animales, conservación del suelo y abono Producción integrada de cultivos, madera y animales

Fuente: Iglesias, 2015.

A su vez, autores como Arias Nery (2017) diferencian **Sistemas Agroforestales** (SAF), de **Sistemas Agroforestales Simultáneos** (SAS). La principal diferencia radica en que los primeros son una forma de uso de la tierra donde plantas perennes, interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales, aunque el manejo de cada componente es independiente uno del otro, se trabajan aisladamente. Por el contrario, los SAS se implantan en el mismo momento y son manejados de forma integrada, en beneficio mutuo de sus diferentes componentes. Ambos sistemas se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales (González y Aguilera, 2003).

Otra clasificación está basada en el **tipo de componente incluido y la asociación entre los componentes**. De ese modo, los sistemas agroforestales se clasifican como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de SAF basada en el tipo de componente incluido y la asociación entre los componentes.

Tipo	Ejemplos
<i>Sistemas agroforestales secuenciales</i>	Agricultura migratoria Taungya
<i>Sistemas agroforestales simultáneos</i>	Asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes. Huertos caseros mixtos. Sistemas agrosilvopastoriles.
Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos.	Estos consisten en hileras de árboles que determinan una propiedad o sirven de protección para otros componentes o sistemas.

Fuente: Iglesias, 2015.

De acuerdo con **el tipo de cultivo asociado, la función principal del componente forestal y su distribución en el espacio y el tiempo**, se llega a un arreglo múltiple y complicado de los sistemas agroforestales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Según el tipo de cultivo asociado, la función principal del componente forestal y su distribución en el espacio y el tiempo.

Tipo	Ejemplos
<i>Sistemas silvoagrícolas</i>	Sistemas Taungya o agrosilvicultura Árboles de valor en los cultivos Árboles frutales en los cultivos Árboles productores de sombra en los cultivos y/o mejoradores de la fertilidad del suelo Cercas vivas Cortinas rompevientos Cultivos en fajas o callejones Sistemas agroforestales múltiples Huertos caseros
<i>Sistemas agrosilvopastoriles</i>	Cultivos y ganadería simultánea en plantaciones. Árboles asociados a los cultivos y ganadería. Cercas vivas alrededor de comunidades rurales

<i>Sistemas silvopastoriles</i>	Pastoreo (o producción de forraje) en las plantaciones forestales. Pastoreo (o producción de forraje) en bosques secundarios. Árboles maderables en los pastizales. Árboles de servicios en los pastizales. Árboles frutales en los pastizales. Árboles forrajeros. Cercas vivas.
---------------------------------	---

Fuente: Iglesias, 2015.

Según Aldana Vargas (2017), otro tipo de SAF son los **Sistemas Especiales** (Cuadro 5).

Cuadro 5. SAF especiales.

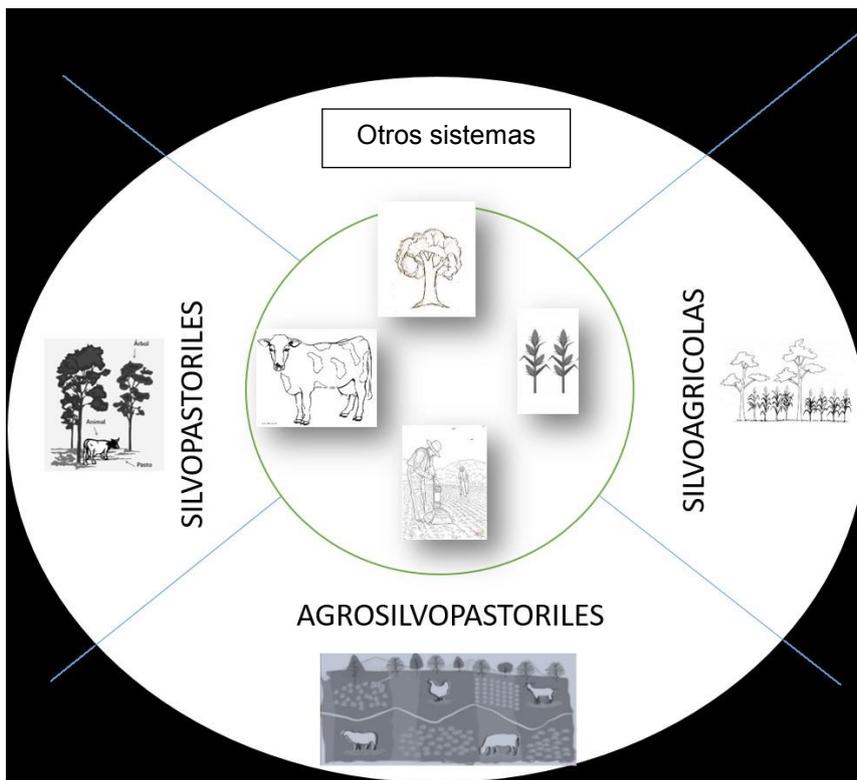
Sistemas especiales	Ejemplos
<i>Silvoentomología</i>	Árboles para apicultura
<i>Silvoacuacultura</i>	Árboles para piscicultura

Fuente: adaptado de Vargas, 2017.

Por su importancia y generalización a nivel mundial aparecen en casi todas las clasificaciones anteriores los sistemas Taungya, los huertos caseros mixtos o tradicionales, los cultivos en callejones, los árboles de sombra sobre cultivos perennes y la agricultura migratoria con manejo de barbechos.

Para reducir la complejidad en la clasificación de los sistemas agroforestales Nair (1989) recomienda que se tengan en cuenta sólo **los aspectos estructurales y funcionales** como base para categorizar los sistemas (*agrosilviculturales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles*, Figura 1) y **los factores socioeconómicos y agroecológicos** como base para la agrupación de los sistemas para propósitos definidos.

Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales basados en la naturaleza de los componentes.

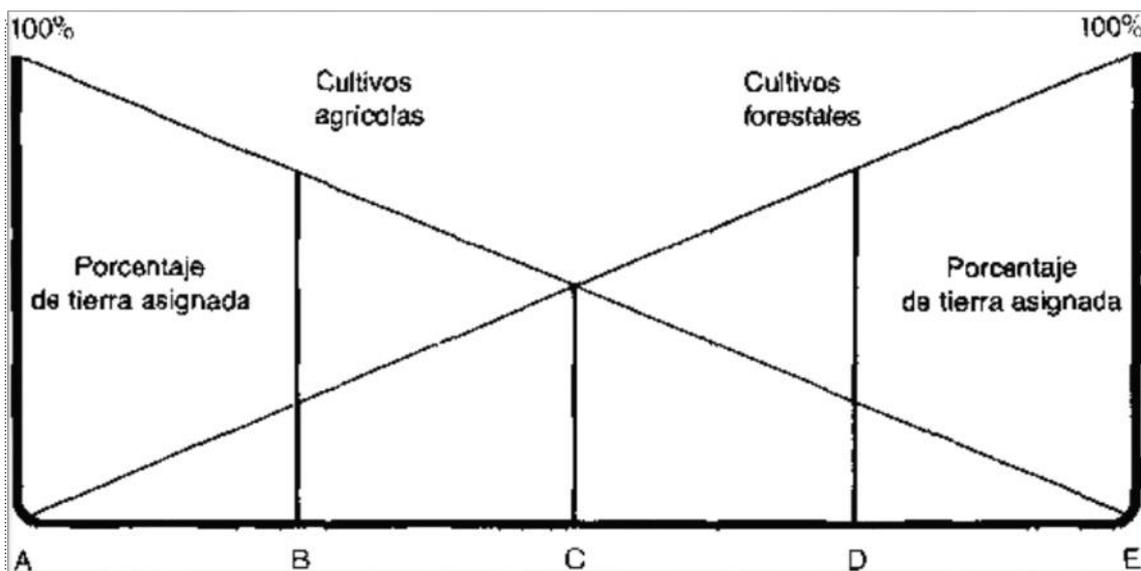


Fuente: modificado de Nair, 1985.

Es importante señalar que la implementación de un sistema agroforestal puede tener resultados a corto, mediano y largo plazo y su impacto será mayor o menor de acuerdo con la forma de seleccionar el sistema, las especies involucradas y el análisis de las variables que pueden afectar el desarrollo del mismo, como son las características del suelo, relieve, clima y el régimen de lluvias (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015).

Debido a la competencia por el espacio entre los principales elementos (la silvicultura y la agricultura), un elemento de la superficie asignada a uno de ellos produce automáticamente una reducción de la asignada al otro, suponiendo naturalmente que la superficie total sea siempre la suma de esas dos. En la Figura 2, por ejemplo, el punto A en el extremo izquierdo indica que el 100% de la superficie está asignada a la agricultura. Del mismo modo, a la derecha (punto E) la superficie está totalmente destinada a la silvicultura. En cualquier punto entre esos dos extremos habrá sistemas agroforestales con proporciones variables en la asignación de tierras. En el punto B, por ejemplo, la agricultura domina, por lo que el sistema puede denominarse «agrosilvicultura». En cambio en el punto D domina la silvicultura, por lo que el sistema puede denominarse propiamente «silvoagricultura». Puede darse una situación, como se indica en el punto C, en que ambas actividades reciban una proporción igual de la tierra. En ese caso puede usarse cualquiera de los dos términos (Vergara, 1985).

Figura 2. Tierras asignadas a los componentes en la agrosilvicultura.



Fuente: Vergara 1985

Clasificación en base a los componentes

Como se dijo anteriormente, de acuerdo a las bases estructurales, se definen los componentes, ya sea por su tipo y o por su arreglo en el espacio. Esta definición de componentes conduce a una clasificación sencilla de sistemas agroforestales (Figura 3).

Sistemas agrosilviculturales (SAS) (asociación de cultivos con árboles): son sistemas donde se usa la tierra para la producción secuencial o concurrente de cultivos agrícolas y cultivos leñosos. Se componen de una o varias especies arbóreas cuya producción es a largo plazo y entre ellas se plantan cultivos de cosechas de corto plazo (Santana Rodríguez, G., s/f)

Sistemas silvopastoriles (SSP) (asociación de árboles con pasturas y animales): sistemas de manejo de la tierra en los que los bosques plantados o nativos, se manejan para la producción de madera, alimento y forraje, como también para la ganadería y/o crianza de animales domésticos. Según Farfán (2014), los árboles cubren el piso inferior constituido por pastos, el piso inferior y algunas veces también el superior está dedicado a la producción animal. La producción de forraje bajo la cubierta arbolada puede dedicarse a los sistemas de corte. En estos sistemas pueden incluirse distintos tipos de animales. Son practicados a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia. El pastoreo de los animales en los bosques o áreas arboladas es una práctica bastante frecuente en los trópicos y climas templados. En los siguientes capítulos de este libro se describirán en detalle algunos ejemplos de establecimiento de SSP en Argentina. Estos sistemas ofrecen oportunidades importantes de producción animal al igual que la producción de madera, leña o postes para la construcción. Generalmente la biomasa de la vegetación en las áreas boscosas o de los montes es suficiente para mantener una buena cantidad de anima-

les (Farfán, 2014). Las entradas o componentes del sistema silvopastoril son los elementos que necesita el sistema para realizar los procesos, ellas son: el suelo, la pastura, los animales, los insumos (sales, abonos, drogas), maquinaria (Santana Rodríguez, S/F).

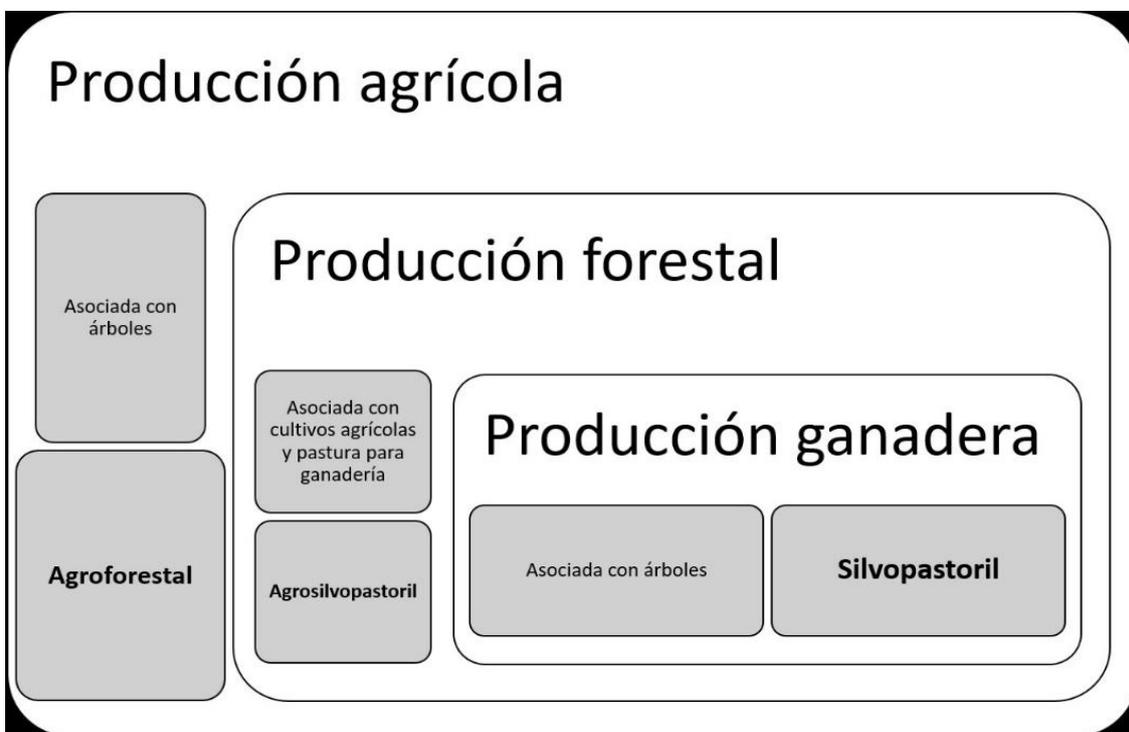
Sistemas agrosilvopastoriles (SASP): sistemas en los que la tierra se maneja para la producción concurrente de cultivos forestales y agrícolas y para la crianza de animales domésticos. Estos sistemas se caracterizan por utilizar una gran diversidad de especies anuales, perennes asociadas con animales manejados de tal forma que ocurren una gran cantidad de interacciones (positivas, negativas o ambas). La economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, a través de los productos arbóreos y animales.

Las interacciones que se pueden dar entre los componentes de este sistema son (Arévalo, 1999):

- La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclo de nutrientes.
- Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles.
- Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales.

Las interacciones entre los componentes del sistema son de vital importancia, debido a que condicionan el éxito del sistema y proveen los principales puntos de intervención del hombre para su manejo (Giraldo, 1996).

Figura 3. Clasificación en base a los componentes.



Si bien en esta figura pueden indicarse más de dos elementos o componentes, es imposible mostrar el grado de predominio de cada uno de ellos. Fuente: elaboración propia.

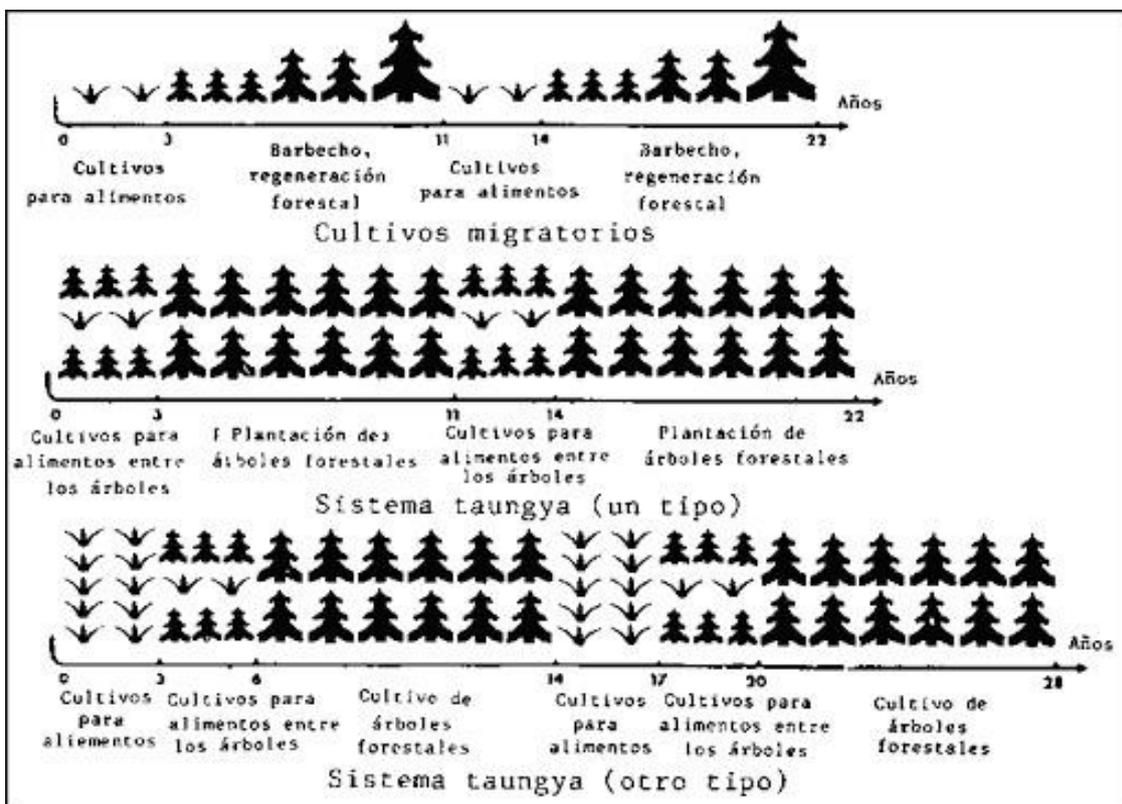
Clasificación en base al tiempo y el espacio

Sistemas Agroforestales Secuenciales

Se denominan así cuando existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos o sea que los cultivos anuales y las plantaciones se suceden en el tiempo. En esta categoría se encuentran los sistemas de agricultura migratoria y sistema Taungya (Figura 4).

En los sistemas secuenciales, las cosechas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio. Los sistemas generalmente empiezan con cosechas agrícolas y terminan con árboles. La secuencia en el tiempo mantiene la competencia a un mínimo. Los árboles en un sistema secuencial deben crecer rápidamente cuando los cultivos no lo están haciendo, deben reciclar minerales de las capas de suelo más profundas, fijar nitrógeno y tener una copa grande para ayudar a suprimir plantas indeseables (Solorio et al. 2010).

Figura 4. Sistemas agroforestales secuenciales.



Si los árboles se han establecido antes o después del cultivo y permanecen después de la cosecha, se le denomina sistema secuencial. Fuente. Estudio FAO Montes 64: Cultivo de Árboles por la Población Rural

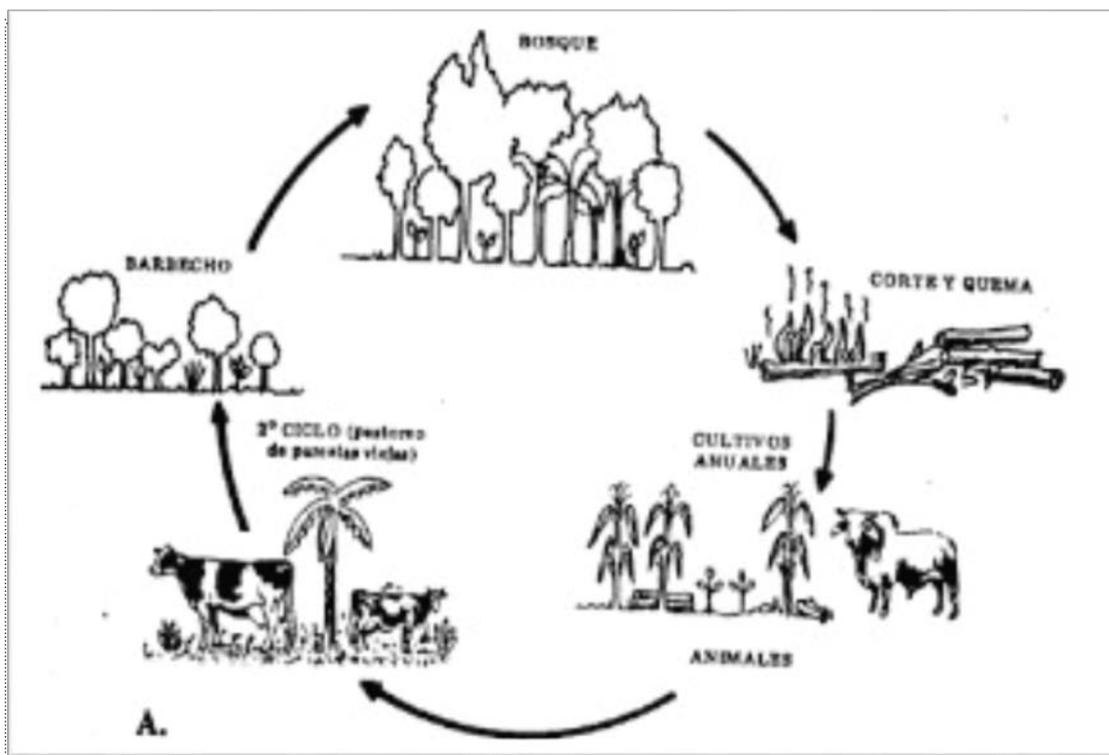
Sistema de Agricultura Migratoria

Es el más antiguo de los sistemas agroforestales, el bosque se corta, seca y quema con el objeto de desbrozar la tierra y devolver al suelo los nutrientes contenidos en la biomasa forestal, para poder sembrar los cultivos alimenticios (Vergara, 1985). Hay varias definiciones de la agricultura migratoria. La que más se emplea la define como cualquier sistema agrícola en el cual se desbrozan los campos (generalmente con fuego) y se cultivan por períodos cortos, luego de los cuales los suelos descansan (Conklin 1957). Según Warner (1994), con el avance del enfoque agroecosistémico y su concepto totalizante que ubica a los sistemas agrícolas como parte de un ecosistema natural mayor, se ha re conceptualizado la agricultura migratoria. El planteamiento del agroecosistema procura integrar la multiplicidad de factores que afectan a los sistemas de cultivo (Gliessman 1985). Trabajos basados en el enfoque del agroecosistema han destacado la práctica de corta y quema/barbecho como parte de una estrategia global de subsistencia que responde con flexibilidad a las tensiones, a medida que va cambiando el entorno social, económico y natural (Gliessman 1985, Altieri et al. 1973).

Comprende sistemas de subsistencia orientados a satisfacer necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación. Sólo ocasionalmente considera la fuente de ingresos por medio de la venta de los excedentes de los productos. En este sistema, el bosque se corta y se quema y la tierra se cultiva por pocos años, luego del periodo de cultivo continuo una fase de descanso, los tiempos suelen ser de 5 a 20 años para la primera y de 2 a 3 años de cultivo. Esto considera rotación de tierras más que de cultivos. Inicialmente, la productividad del cultivo es elevada, ya que, con la quema, los nutrientes se incorporan al suelo, baja la acidez y aumenta la fertilidad del suelo. Después de 2 a 3 años de cultivo, aumenta la población de plagas y malezas y las demandas de nutrientes, reduciendo la productividad (Figura 5).

El ciclo de corte y quema tiene seis etapas, en cada una de las cuales el agricultor deberá adoptar decisiones críticas sobre la ubicación, cronograma, cultivos y aporte de mano de obra: la selección del sitio, desbroce, quema, plantación, deshierbe y protección, cosecha y sucesión. Si la decisión es errónea en cualquiera de estas etapas, el resultado podría ser una cosecha reducida o, quizás, ninguna (Warner, 1994). Se practica en condiciones en que la mano de obra es más escasa que la tierra, el capital generalmente es escaso y el nivel tecnológico bajo (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015). Cuando la presión de población era todavía baja, su práctica era sostenible; pero a medida que la presión aumenta, se reducen considerablemente, e incluso eliminan los períodos de barbechos (Solorio et al, 2010). Esto ha ocasionado grandes problemas por lo que esta práctica se cita como causa de deforestación.

Figura 5. Agricultura migratoria.



Fuente: Arévalo, 2012

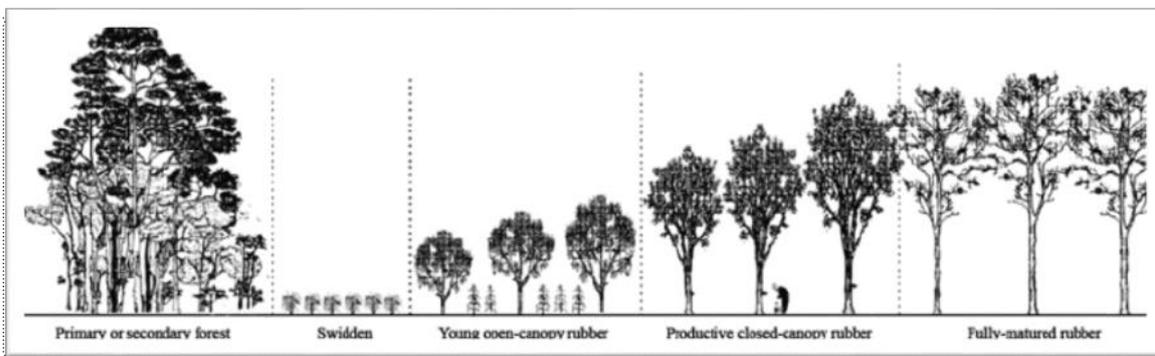
Sistema Taungya

Se inició en Birmania a partir de 1860. Se ideó como procedimiento oficial para la reforestación de tierras deforestadas. Los agricultores reciben temporalmente del gobierno tierras con un contrato para la plantación de las especies arbóreas deseadas. Mientras los árboles son jóvenes y antes de que se cierre la cubierta de las copas, los agricultores pueden sembrar cultivos alimenticios cuyos frutos le corresponden íntegramente y se consideran como compensación por la plantación de los árboles. Cuando la sombra impide el crecimiento de los cultivos alimenticios y la fertilidad del suelo disminuye marca el final de este tipo de asociación, el cual tiene entonces que ser renovado sobre otro campo en donde se repite el proceso (Figura 6). Mientras tanto, la zona "abandonada" se ha convertido en un bosque plantado ya formado y en ella no habrá cultivos alimenticios anuales hasta que los árboles plantados no lleguen a la madurez y se talen (Combe, 1982, Vergara, 1985).

La rotación entre árboles y cultivos anuales en el sistema Taungya varía algo con respecto al de la corta y la quema, pues hay una coincidencia temporal entre cultivos. Otra diferencia es que, durante el periodo de barbecho, los árboles plantados, son de especies elegidas y están sistemáticamente espaciados en vez de ser los que se regeneran naturalmente en terrenos abandonados. En este sistema, la obtención de madera es la meta final, pero los ingresos a corto plazo que se obtienen son motivantes para los agricultores. Las ventajas que se tienen con este sistema son: ahorrar costos de establecimiento de las plantaciones forestales y obtener ingresos o beneficios por con-

ceptos de cosechas. Dentro de sus desventajas están el no obtener beneficios inmediatos por venta de productos forestales, el uso y manejo de la tierra están determinados por las necesidades que tienen los productores, el diseño de las plantaciones no siempre es el adecuado y la presencia de árboles impide la utilización de maquinaria para los cultivos.

Figura 6. Sistema Taungya de Hevea sp. en China.



Fuente Xu, Jianchu & Yi, Zhuang-Fang, 2001)

Por su parte, Solorio et al. (2010) ilustran los sistemas clasificados según la secuencia temporal de los componentes como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Esquema de sistemas clasificados según la temporalidad de sus componentes y algunos ejemplos.

ARREGLO TEMPORAL	ILUSTRACION ESQUEMÁTICA	EJEMPLOS
COINCIDENTE		Café bajo árboles con sombra; pasturas bajo árboles
CONCOMINANTE		Taungya
INTERMITENTE (dominio del espacio)		Cultivos anuales bajo cocoteros; pastoreo estacional del ganado en pastos bajo los árboles
INTERPOLADO (dominio del espacio y tiempo)		Huerto casero
SOBREPUESTO		Pimiento negro y hule
SEPARADO (dominio del tiempo)		Especies de "barbecho" mejorado en agricultura migratoria tiempo

(la escala de tiempo varía por cada combinación)

————— Componente leñoso
 - - - - - Componente no leñoso

Fuente: Solorio et al, 2010

Sistemas Agroforestales Simultáneos

Consisten en la siembra de cultivos, árboles y/o ganadería en forma simultánea y continua. En un sistema simultáneo, los árboles y los cultivos agrícolas o animales crecen juntos, al mismo tiempo en la misma superficie de terreno (Figura 8). Estos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales. La competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios. Los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia. Los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado (Arias, 2017).

Figura 8. Sistema simultáneo



Fuente. Modificado de <https://app.emaze.com/>

Clasificación en base a la distribución espacial de los componentes

Esta forma de clasificación se basa en la **ubicación de los componentes** dentro de la parcela, pudiendo tener arreglos espaciales muy complejos. Cuando en un solo espacio tenemos diversos elementos lo llamamos "*sistemas coincidentes*", más conocido es el llamado multiestrato. Un ejemplo de sistema coincidente lo constituye un sistema con café y árboles para sombra, compartiendo un mismo espacio. Cuando los elementos de un sistema ocupan un determinado espacio e interactúan entre sí se llama "*sistema intermitente*". Un ejemplo de este tipo de sistema se encuentra en un sistema silvopastoril, donde se conserva porciones de bosque en medio de la pastura (Villanueva y Watchel, 2009).

Clasificación de acuerdo a las bases socioeconómicas

Los criterios socioeconómicos, tales como la escala de producción y nivel de manejo, también son utilizados para clasificar los sistemas agroforestales. Nair (1985), los agrupa en comerciales, intermedios y subsistencia.

Se aplica el término comercial a aquellos sistemas en donde los rendimientos totales de producción son cómodos, las ventas son el principal factor del sistema, la escala de producción varía de mediana a grande y la tenencia de la tierra puede ser del gobierno, de corporaciones o privada.

Los sistemas intermedios están entre las escalas de producción y manejo comercial y las escalas de subsistencia y se diferencian de ellas en el tamaño, el nivel y la prosperidad económica. Ejemplos de sistemas agroforestales intermedios son las plantaciones de café, cocoteros y árboles frutales, etc.

Los sistemas agroforestales de subsistencia son aquellos donde el uso de la tierra es para satisfacer en su mayor parte las necesidades básicas y el manejo del mismo lo hace el campesino y su familia. La mayoría de los sistemas agroforestales practicados en diferentes partes de los países en vías de desarrollo se catalogan bajo la categoría de subsistencia y todas las formas de agroforestería migratoria tradicional encontradas a través de los trópicos es el ejemplo más amplio. (Solorio et al, 2010).

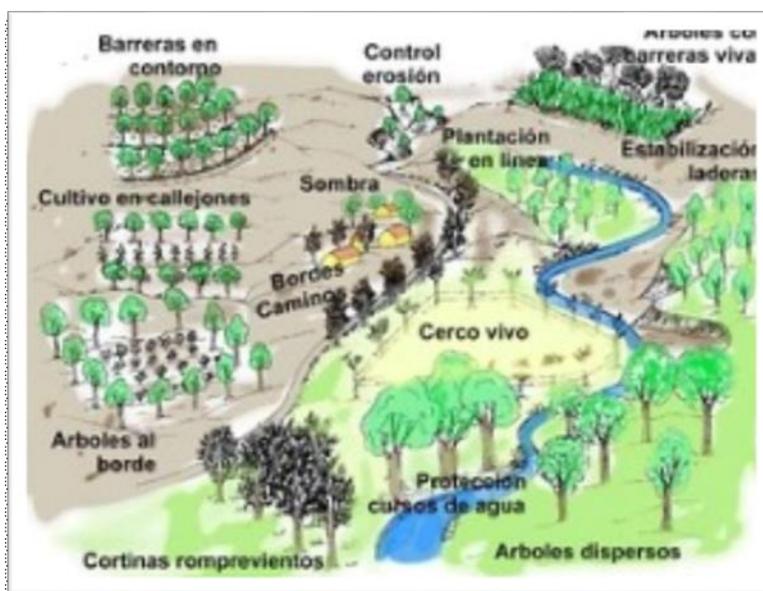
Navarro G. et al (2012) proponen el término *Sistema Agroforestal Comunitario* (SAC) como aquel nivel jerárquico que se estructura espacial y funcionalmente, basándose en la existencia de diferentes modalidades de *sistemas agroforestales familiares*. En dicho contexto, a un nivel jerárquico inferior se configuran y funcionan con lógicas de gestión específicas los sistemas agroforestales familiares, los cuales a su vez se estructuran mediante conectividades de subsistemas diversos; entre ellos, el sistema de cultivo agrícola, el animal o de producción de pastos y el arbóreo. La diversidad de combinaciones de usos de árboles y arbustos se ejemplifica a partir de las capacidades tecno-económicas, necesidades determinadas y diversos objetivos, entre los diferentes productores y sus sistemas agroforestales familiares. Musálem (2002) comenta que es importante considerar que, además de los productos esperados de la cosecha de los cultivos establecidos, se añada los de los árboles de uso múltiple, los cuales conforman un conjunto de recursos que típicamente se concretan y funcionan desde la perspectiva integral del sistema agroforestal familiar o colectivo. Desde la perspectiva de la investigación, los componentes del Sistema Agroforestal Comunitario de la comunidad son dos: el agrosilvícola y el silvopastoril, cada uno con diferentes variantes de arreglos espaciales que cumplen diferentes funciones, entre ellas producción de leña, alimenticias, abasto forrajero, medicinales, producción de utensilios, delimitar la propiedad y proporcionar sombra, entre otras. Las diferentes modalidades de sistemas agroforestales y sus lógicas de gestión familiares, como estructuras bióticas-sociales, son funcionalmente complejas, útiles para satisfacer múltiples necesidades de bienes, uso y cambio (Navarro G. 2012).

Clasificación de acuerdo a las bases ecológicas

La mayoría de la documentación de sistemas agroforestales, pertenece a situaciones ecológicas específicas para diferentes regiones geográficas. De este modo es fácil de encontrar algunas descripciones que hablen de sistemas agroforestales en las tierras altas de los trópicos, las zonas cafetaleras, de bosques, de zonas áridas (Díaz Roja y Soto Barbosa, 2015).

Existen otras diversas formas de clasificar los sistemas, sin embargo, lo más importante es que debemos tomar en cuenta que cualquiera sea la clasificación que usemos, los sistemas agroforestales deben establecerse de acuerdo a un objetivo; el objetivo es el resultado final del sistema, es lo que queremos como resultado de nuestros esfuerzos (Figura 9).

Figura 9. Usos ambientales de algunos tipos de sistemas agroforestales.



Fuente: anónima.

Descripción de algunos tipos de SAF

Asociaciones de árboles con cultivos perennes

Son sistemas donde se combina árboles con cultivos perennes como frutales. En este sistema se diversifica la producción y aumenta la productividad a través de algunas interacciones con el componente arbóreo (Figura 10). Los objetivos del sistema son la producción de sombra para ciertos cultivos comerciales como el cacao, contar con cosechas a través del tiempo, mejorar la calidad del producto y diversificar la producción y reducir riesgos económicos. Los árboles que se utilizan son principalmente especies maderables, árboles de sombra (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015). En estas asociaciones se tiende a optimizar el uso de los recursos y aumentar la productividad por unidad de terreno; las condiciones de mercado son determinantes

para el éxito. Estos sistemas representan una alternativa, ya que con la introducción de los árboles para sombra se puede llegar a suplir parte de las necesidades nutricionales del cultivo. La sombra reduce la fotosíntesis, la transpiración, el metabolismo y el crecimiento; por consiguiente, decrece también la demanda de nutrientes del suelo y así “se capacita” a un cultivo para que se mantenga en suelos de baja fertilidad (Iglesias,2015).

Los árboles de sombra para cultivos perennes deben reunir una serie de características, entre las que resaltan:

- Compatibilidad con el cultivo.
- Sistema radical fuerte y resistente a los vientos.
- Habilidad de propagación vegetativa por medio de estacas.
- Habilidad para fijar nitrógeno.
- Posesión de una copa rala.
- Ramas y tallos no quebradizos y libres de espinas.
- Tolerancia a la poda.
- Alta producción de biomasa, con residuos vegetales de fácil descomposición.
- Alta velocidad de rebrote.
- Presencia de hojas pequeñas.
- Producción de madera, frutos u otro producto de apreciable valor.
- Resistencia a las plagas y las enfermedades

Figura 10. Asociaciones de árboles con cultivos perennes



Asociación de Toona ciliata con mandarina (Citrus reticulata) en Corrientes, Argentina. Fuente: Introd a la Dasonomía.

Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales- cultivos en callejones

Estos sistemas presentan las mismas interacciones entre los cultivos y los árboles que las asociaciones de árboles con cultivos perennes; sin embargo, para el caso particular de los sistemas de

cultivos de callejones también se pueden utilizar especies que no son tolerantes a la sombra. En estos se incluyen cultivos tales como maíz, soya, cereales, tubérculos y raíces en asociación con árboles, que en la mayoría de los casos son fijadores de nitrógeno (Figura 11). Los cultivos en callejones son prácticas agroforestales en las que los cultivos anuales son sembrados en los espacios que quedan entre las líneas de una especie leñosa, generalmente leguminosa, que es podada a intervalos regulares para evitar la competencia y proveer un “mantillo” o “mulch”. Este mulch sirve para controlar las malezas y a su vez proveer nutrimentos al suelo. Alternativamente, el material podado puede ser utilizado como leña o alimento para el ganado (Iglesias,2015).

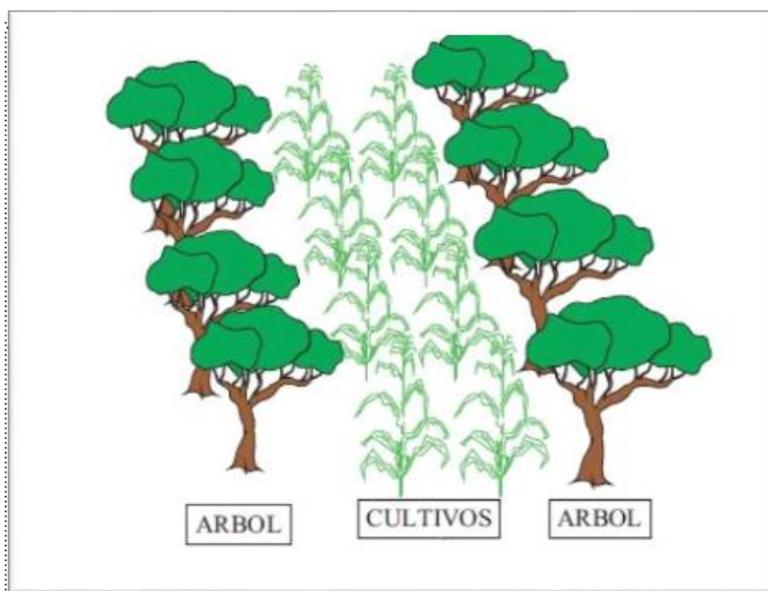
Los beneficios potenciales de este sistema son los siguientes:

- Las prácticas de cultivo y barbecho se realizan simultáneamente.
- Se aumenta el período de cultivo y la intensidad del uso de la tierra.
- Se logra una regeneración efectiva de la fertilidad del suelo con especies más eficientes para este propósito.
- Requerimientos bajos de insumos externos.

El sistema es de escala neutral y lo suficientemente flexible para su uso por agricultores pequeños y para la producción mecanizada a gran escala.

Para el establecimiento de cultivos en callejones generalmente se utilizan leguminosas arbóreas, pues muchas de estas presentan un rápido crecimiento, alta producción de biomasa de fácil descomposición, respuesta a las podas, alta capacidad de rebrote y capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico. Una vez establecidos los árboles, la decisión de establecer un programa de podas es lo más importante. El momento de la poda lo determina el cultivo agrícola, ya que del árbol se obtiene el aporte de nutrientes, pero a la vez se debe minimizar la competencia por la luz, el agua y los nutrientes que este pudiera ejercer sobre el cultivo (Iglesias,2015).

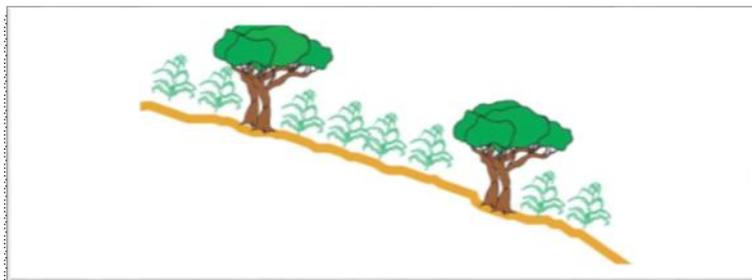
Figura 11. Árboles en franjas.



Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales. Son sistemas simultáneos o secuenciales. Fuente: Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015.

Según Días Rojas y Soto Barbosa (2015), “uno de los mayores potenciales que se tiene en este tipo de sistemas es en zonas de ladera, la siembra de árboles en hileras perpendiculares a la pendiente, contribuyen a disminuir la erosión” (Figura 12).

Figura 12. Sistema agroforestal simultáneo.



Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales en zona de pendiente.
 Fuente: Días Rojas y Soto Barbosa, 2015

Dentro de las desventajas que tienen estos sistemas podemos citar la competencia de agua y nutrientes entre árboles y cultivos, el espacio que utilizan los árboles disminuye el rendimiento de cultivos y alto costo de mano de obra para su establecimiento.

Cortinas rompevientos y barreras vivas con árboles

Los objetivos de las barreras vivas y las cortinas con árboles son: reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios; reducir el movimiento del suelo y protegerlo de los procesos erosivos; conservar la humedad del suelo, reducir la acción mecánica del viento sobre el cultivo, proteger la fauna silvestre, regular las condiciones del microclima, incrementar la belleza natural de un área y proteger cultivos y animales, incluso donde la agricultura es intensiva. Además, producen madera, abono verde, leña y frutos, entre otros.

Las barreras rompevientos están constituidas por una o varias hileras de árboles (Farfán, 2014). La figura 13 muestra esquemas de este tipo de sistemas.

Figura 13 Ejemplos de cortinas rompevientos y cercas vivas.



Fuente: Palomeque Figueroa, 2009

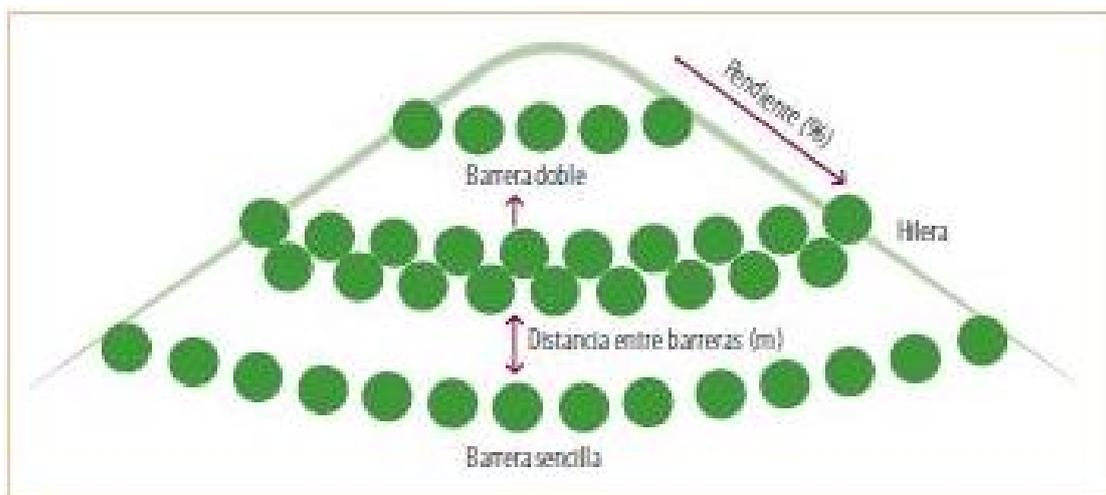
Cortinas rompevientos

Son plantaciones en líneas con el objetivo principal de proteger las parcelas cultivadas, pastos y animales contra los efectos nocivos del viento. Las ventajas consisten en mantener el clima más rentable y mayor producción en los cultivos y animales. Dentro de lo negativo encontramos que la sombra excesiva al lado de los arboles disminuye la productividad del cultivo. Se diferencian de las cercas vivas por tener un mayor tamaño los árboles que las forman (Ver capítulo 4).

Barreras vivas

Sistema utilizado generalmente en terrenos con pendientes pronunciadas, se utilizan especies leñosas o pasturas que forman macollos sembradas en contornos como barreras vivas con el objetivo de reducir la erosión. En este sentido las plantas se deben sembrar a densidades altas. Para que se considere a las barreras vivas como un sistema agroforestal (silvopastoril), el follaje producido por las plantas tendrá que ser utilizado para la alimentación animal en un esquema de corte y acarreo, incluyendo la conservación del suelo (Figura 14).

Figura 14. Barreras vivas.



Fuente: Farfán, 2014

Agrobosques o fincas forestales

Esta categoría emplea tecnologías agroforestales derivadas o semejantes a los huertos caseros mixtos, y que dan origen a cultivos que se asemejan a los bosques, de aquí el nombre de agrobosque (Figura 15). Frecuentemente, son pequeñas parcelas con una estructura típica de los bosques, debida a la presencia de árboles grandes y multiestratos. A menudo existe gran diversidad de especies en un arreglo no zonal de grandes árboles coexistiendo con otros más pequeños y plantas arvenses que son, generalmente, tolerantes a la sombra. En el agrobosque los árboles y los cultivos se manejan individualmente con distintas prácticas. Otro aspecto im-

portante de los huertos boscosos o agrobosques, es que su estructura, generalmente o algunas veces, cubre áreas muy grandes y por su tamaño y distancia de las fincas están generalmente orientados hacia la explotación como cultivos comerciales más que hacia cultivos de subsistencia (Farfán, 2014).

Figura 15. Agrobosque de cacao en Panamá.



Fuente: Botero y Russo 2020

Praderas con árboles o arbustos forrajeros

Consiste en la incorporación de árboles o arbustos forrajeros o multipropósito en las praderas naturales o artificiales. Las modalidades pueden incluir *los cercos vivos*, *los bancos de proteína (generalmente de leguminosas)* y *la inclusión de forrajeras arbustivas o arbóreas directamente en las praderas*. En ciertos casos el componente de gramíneas se ve reducido a un mínimo, especialmente cuando hay varios estratos de plantas en sistemas silvopastoriles especializados para la producción pecuaria. Estos sistemas están aún poco difundidos, pero representan el potencial mayor en cuanto a su posible impacto a nivel de la producción animal en Latinoamérica tropical.

Cercas vivas

En los últimos años el sistema cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales (Holmann et al, 1992), sino, por que constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña, además de que representa una forma de introducir árboles en los potreros. Bajo este esquema, se plantan árboles o arbustivas con el propósito de delimitar potreros y proporcionar sombra a los animales. Las especies que comúnmente se utilizan son aquellas que se pueden propagar por medio de esquejes o esta-

cas. La integración de árboles forrajeros en cercas vivas es una de las estrategias sugeridas con el propósito de proporcionar forraje y sombra a los animales en pastoreo. Diversos estudios han demostrado la importancia de este recurso para mantener los animales en buenas condiciones aun cuando la producción de pasto se ve reducida por la falta de agua en la época de sequía (Figura 16).

En muchos casos, los árboles y arbustos que aparecen a lo largo de los alambrados se originan de semillas depositadas por las aves que se posan sobre los estacones muertos o sobre los alambres. En otros casos, los ganaderos y agricultores pueden plantar deliberadamente estacas de especies que enraízan con facilidad. Los postes vivos de cercas son mucho más duraderos que los estacones tradicionales ya que son menos susceptibles al ataque de insectos y a la descomposición por la acción de los hongos u otra enfermedad. La manera más simple de establecer cercas vivas, es comenzar con un cerco convencional de postes muertos apoyado por alambre, y gradualmente, establecer los postes de cerco vivo hasta sustituir los muertos. Esto es muy importante para prevenir el daño causado por los animales cuando ramonean (Reyes Jiménez y Martínez Alvarado,2016).

Se denominan **setos vivos**, cuando se plantan árboles espinosos en altas densidades de tal forma que impidan el paso de animales, actúan como cerca.

Figura 16. Cerca viva de *Caesalpinia platyloba* dividiendo potreros.



Fuente: Reyes Jiménez y Martínez Alvarado,2016

Bancos de proteína

Se siembran especies forrajeras, leguminosas o no en altas densidades (10.000 a 20.000 plantas por hectárea) para utilizarlas en corte o ramoneo en la alimentación animal. Según Fernández Mayer, A. (2017), los Bancos proteicos (BP) son áreas compactas, formando montes o cercas vivas de arbustos y/o árboles destinados a la producción de forrajes de alta calidad y volumen, para su utilización en la suplementación animal. Esto es especialmente importante durante la época seca porque se puede reducir, significativamente, el empleo de suplementos o concentrados proteicos. Los BP se pueden manejar bajo corte mecánico o manual o

en pastoreo directo. Para construir un BP se deben plantar las especies leñosas en altas densidades, buscando mejorar la calidad “proteica” de sus ramas y hojas al reducirse la proporción de pared celular, que es una fracción rica en lignina (polifenoles).

Bancos forrajeros

Los bancos forrajeros se refieren a las áreas establecidas compactas, establecidas en densidades altas con especies forrajeras, con el propósito de maximizar la productividad animal. Existe una gran diversidad de especies que son utilizadas para este propósito, entre las más importantes podemos mencionar a *L. leucocephala* y *G. sepium*. En zonas con periodos secos definidos, los resultados del uso de árboles en bancos forrajeros para suplementación animal han sido significativamente mejores en productividad en comparación a lugares con mayor humedad (Cabrera Núñez et al, 2019).

Pasturas en callejones

Otra modalidad de sistemas agroforestales que se ha estudiado son las pasturas en callejones, que involucran la siembra de forrajeras herbáceas entre las hileras de árboles o arbustos. Su objetivo es proveer a los animales mayor producción de forraje durante todo año, mejorar la calidad de suelo y reducir los procesos de erosión.

Árboles y arbustos dispersos en potreros

En el establecimiento de pasturas para la producción animal, generalmente, los ganaderos durante el proceso de preparación del área dejan algunos árboles maderables y para sombra, algunos favorecen la regeneración natural de especies valiosas. Lo importante de estos sistemas es encontrar la mejor estrategia de proteger a las especies en regeneración de los animales en pastoreo o en ocasiones de las quemadas incontroladas. Cuando los árboles se encuentran dispersos en los potreros, ellos cumplen funciones similares a las cercas vivas, pero además con la muerte natural de raíces ayudan a mejorar la aireación del suelo y a veces la absorción de nutrientes. La densidad de árboles a establecer o conservar en un área determinada depende del objetivo principal del proyecto, la altura del fuste de la especie arbórea, el diámetro de la copa, el tipo de hoja (especies con hojas simples y abundantes no dejan pasar luz), de la tolerancia de la gramínea a la sombra.

Pastoreo en plantaciones maderables o frutales

Otra modalidad de los sistemas agroforestales, es la utilización de árboles maderables o frutales asociados a pasturas en la producción animal (Solorio et al, 2010).

Algunos de estos SAF pueden observarse en la Figura 17.

Figura 17. Algunos SAF para forrajes y ganado.



Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. (CIPAV). Colombia. 2015

Sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte

En estos sistemas mixtos el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales (Preston y Murgueitio, 1992). Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha de bovinos y búfalos; la dieta de porcinos basada en algún producto rico en energía (ejemplo, jugo de caña o de palma, yuca, aceite y subproductos de la palma africana); y como base de las dietas de pequeños rumiantes (Gómez et al., 1995).

Huertos caseros mixtos o tradicionales

Los huertos caseros mixtos ocupan un lugar muy singular en los sistemas agroforestales. Ningún otro es tan diverso en cantidad de especies y variedades, complejo y variado en estructuras y posibles asociaciones, ni tan completo en sus funciones como el huerto

casero. Se trata de un complejo de plantas perennes o semiperennes que se encuentran en los alrededores de las casas de los finqueros o agricultores, integrado a la producción agrícola (tubérculos, fibras, hortalizas, frutas, estimulantes), ganadera (animales menores, inclusive abejas) y forestal (madera, leña, postes) e incluye generalmente plantas medicinales y ornamentales. Los huertos caseros son muy comunes en todos los países y regiones tropicales y subtropicales y su tamaño es generalmente pequeño, menor que una hectárea. Estos sistemas se utilizan para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas y ocasionalmente se venden algunos excedentes de producción. Se definen como “una asociación interna de árboles y/o arbustos de uso múltiple con cultivos anuales y perennes y animales en las parcelas de hogares individuales. El sistema es manejado por mano de obra familiar” (Figura 18).

El huerto casero está compuesto por varias estructuras que se encuentran en él a partir de la división de su espacio en diferentes áreas de manejo. Parecen ser universales en los huertos caseros las siguientes características de forma (estructura horizontal y vertical):

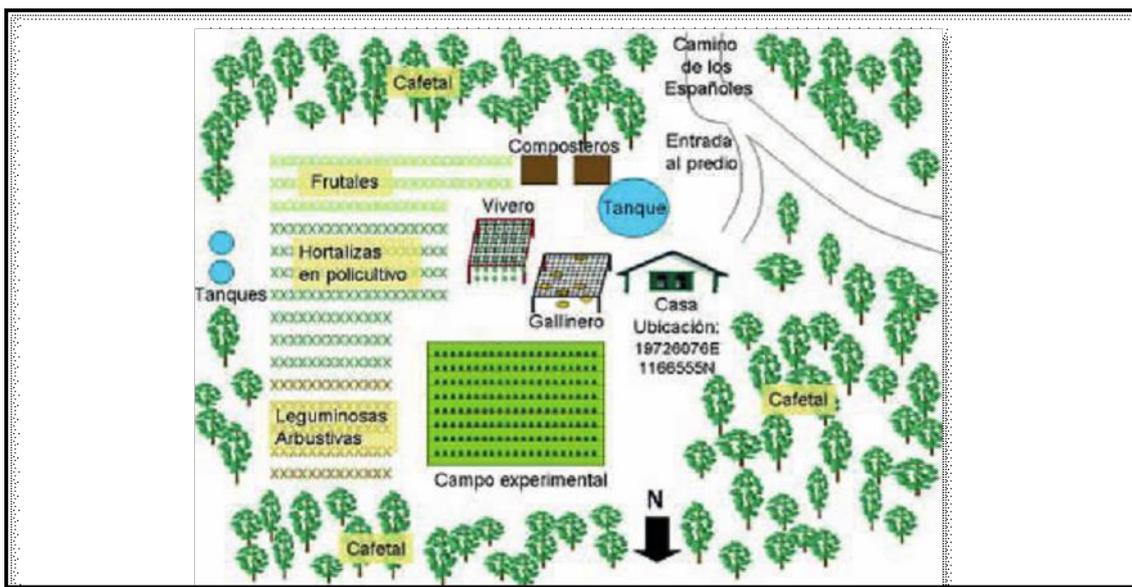
1. Un huerto bien desarrollado es una imitación del bosque tropical. Este postulado se basa en que la semejanza del huerto casero con el bosque tropical está en el efecto de la forma del primero, la creación de nichos específicos, los diferentes niveles verticales y la competencia por la luz, así como en las funciones agroecológicas asociadas.
2. El huerto casero es una composición de diferentes áreas de manejo.
Se caracterizan los huertos de acuerdo con su espacio libre y cultivado; en cada área hay una estructura horizontal y vertical propia, así como una combinación de especies y variedades de vegetación única.
3. La prevalencia de la sombra. Como consecuencia del número de especies arbóreas muchos de los huertos tradicionales están más sombreados que las fincas. Esto implica un microclima agradable y una preferencia de los campesinos por los cultivos resistentes a la sombra, que requieran poca inversión de mano de obra, cuando estos están destinados al autoconsumo.
4. Los límites del huerto casero se definen por medio de una mezcla de factores geofísicos, biofísicos y sociales. A veces el huerto tiene límites geofísicamente claros cuando colinda con una carretera o camino, con el huerto vecino, etc.; otras veces el límite es biológico, como son los cambios de vegetación (termina el pasto y comienzan los cultivos en varios estratos), y por último el huerto casero se delimita por el uso de la mano de obra familiar y no muy intensiva; mientras que en la finca se contrata periódicamente.

En América Latina, los huertos caseros son sistemas que se han utilizado desde antes del auge de los sistemas agroforestales. Los huertos caseros son de vital importancia para los pobladores de comunidades rurales y de la población de bajos recursos. Ningún otro SAF es tan diverso en cantidad de especies y variedades, y diverso en estructuras y posibles asociaciones y tan complejo en sus funciones como el huerto casero. Esto lo hace, a la vez, un siste-

ma sumamente interesante pero complicado de entender, que requiere de un enfoque multidisciplinario e integrado (Solorio y Petit Aldana, 2010).

Según Montagnini (2015) la práctica del cultivo de huertos caseros y el conocimiento tradicional sobre las plantas están presentes en diferentes municipios de México, lo que puede estar asociado con la alta presencia indígena en las comunidades analizadas. Sin embargo, esta práctica puede desaparecer debido al crecimiento de la población y a los movimientos migratorios de la población en edad productiva hacia otros estados del país.

Figura 18. Ejemplo de un huerto casero tradicional incorporando cultivos, animales y maderables.

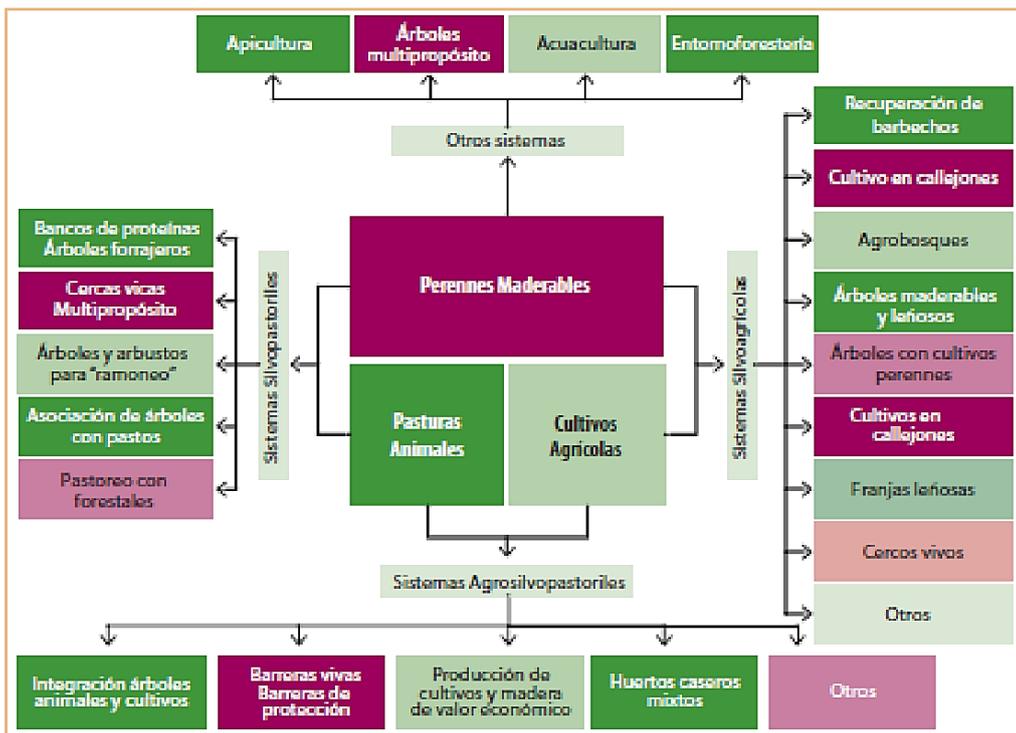


Fuente. Solorio y Petit Aldana, 2010.

En América Latina existen una gran diversidad de conceptos sobre los huertos caseros, toda esa variedad se debe en gran medida a la diversidad en formas y contenido y a factores geofísicos, sociales y culturales de cada región. Los huertos caseros tienen una fuerte tendencia a volverse cada vez más importantes en las zonas urbanas y periurbanas debido al crecimiento de la población urbana de escasos recursos y a la creciente presión sobre la tenencia de la tierra.

Resumiendo lo expuesto hasta aquí, los diferentes sistemas descritos pueden verse en la Figura 19 y Figura 20.

Figura 19. Modelos de sistemas agroforestales



Fuente: Farfán, 2007.

Figura 20. Modelos de sistemas agroforestales.

Sistemas agroforestales tradicionales		
Bienes ambientales	Servicios ambientales	
SAF Secuenciales	Agricultura migratoria	La agricultura tradicional de roza, tumba y quema practicada desde tiempos antiguos.
	Sistemas Taungya	Combinación temporal de una plantación forestal durante su fase de inicial, con la producción de cultivos anuales hasta que la sombra del dosel lo permita (Figuras 5 y 6).
SAF Simultáneos	Árboles con cultivos anuales	Cultivos en callejones (<i>Alley Cropping</i>), se asocian hileras de una leñosa fijadora de nitrógeno con un cultivo anual (Figuras 9, 10 y 11).
	Árboles con cultivos perennes	Cultivo de café o cacao bajo árboles de sombra tales como <i>Erythrina poeppigiana</i> y/o <i>Cordia alliodora</i> (Figuras 18 a 21).
	Agrobosques	Manejo de bosques secundarios, en asocio con una o varias especies arbóreas de utilidad económica. Sistemas Quesungual o Kuxum-Rum (Figura 22).
	Sistemas silvopastoriles	Asociación de árboles con pastos y ganado. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.
Sistemas lineales o en alineación	Huertos caseros mixtos y huertos leñeros	Se caracterizan por su complejidad, son multiestratificados, asocian diversas formas de vida y se trata de mantener la producción durante todo el año (Figura 19).
	Cercas vivas	Cercas con postes vivos a los que se les fija el alambre y son podados periódicamente (Figuras 28 y 29).
	Setos vivos	Hilera de especies arbóreas establecidas a distancias muy cercanas (Figura 30).
	Cortinas rompevientos	Hileras múltiples de una especie arbórea plantadas en forma normal con la dirección de los vientos predominantes (Figura 12).

Fuente: modificado de Combe y Budowski (1979) y Nair (1985)

Criterios para el diseño de SAF

El manejo y uso de biodiversidad sustentan servicios agroecosistémicos multifuncionales: aprovisionamiento de alimentos, forrajes, leña, madera, combustibles, fibra y recarga de acuíferos, entre otros. La pérdida de diversidad biológica y los riesgos crecientes de su deterioro, inherentes frecuentemente a diversas actividades humanas, plantean la necesidad de desarrollar capacidades institucionales y sociales para su restauración y conservación, para lo cual los SAF son una excelente opción. Sin embargo, es necesario hacer un buen diseño y planteamiento de los mismos. Cada combinación de componentes, el objetivo, el contexto, y los saberes tradicionales y nuevos deben tenerse en cuenta al momento de proponer un SAF. El interés por los sistemas de conservación y manejo de recursos que llevan a cabo las comunidades, a través de prácticas tradicionales y conocimientos locales, ha resurgido en muchas partes del mundo (Berkes y Turner, 2006). Los conocimientos y destrezas en numerosas sociedades locales, campesinas e indígenas, sustentan y explican las diferentes lógicas de utilización cotidiana de la diversidad territorial de especies vegetales y su conservación *in situ*, como requisito para asegurar su reproducción material y cultural (Navarro, 2004). Según Sánchez (1993), la diversidad de usos de los recursos muestra un profundo conocimiento, como resultado de un trascendental proceso adaptativo y evolutivo de los grupos culturales a su entorno natural, y cuyas sensibles interacciones son producto del conocimiento tradicional generado por varios cientos de años (Navarro Gaza, et al, 2012). En este contexto, la agroforestería se concibe como una práctica social holística, que sintetiza los conocimientos y habilidades para el manejo de múltiples recursos y servicios agroecosistémicos, con propósitos diversos; entre ellos: ecológicos, técnicos, económicos y sociales.

Según Arévalo (1999), un buen diseño de un SAF debe tomar en consideración, tres puntos importantes:

1. Productividad: la productividad de un SAF se refiere a los incrementos de biomasa, tanto vegetal como animal, o a la suma de ellos; por unidad de área y tiempo.
2. Sostenibilidad: es la capacidad del sistema para mantener la productividad a largo plazo, sin degradar el área y sin adiciones sustanciales de insumos. Es decir, se refiere a la persistencia del sistema y su productividad.
3. Adaptabilidad: la facilidad y acuerdo con que los agricultores adopten el sistema; lo cual está en función a:
 - Reducir los riesgos de las cosechas mediante diversidad de especies,
 - Utilizar especies multipropósitos,
 - Utilizar especies fáciles de establecer, resistentes a poco o ningún mantenimiento y que no requieran insumos importados.

- Usar plantas con habilidad de rebrote, para disminuir los costos de establecimientos, en las siguientes etapas.
- Producir bienes y servicios tangibles durante el primer año, los productos obtenidos deben tener un mercado establecido o fácil de establecer, y
- Utilizar los recursos disponibles en forma eficiente.

Ventajas y desventajas de los SAF

La agroforestería tiene sus límites, es por ello que se deben identificar plenamente sus ventajas y desventajas. Conocer esto nos ayudará a ubicar el sistema agroforestal en el sitio y con las alternativas de manejo correctas.

Los SAF presentan ciertas **ventajas** (Nair, 1982, 1983; Lundgren y Raintree, 1983), entre las principales podemos mencionar:

1. La agroforestería imita de mejor manera los patrones de producción natural de los ecosistemas, favoreciendo su eficiencia en el uso de recursos.
2. El sistema disminuye el riesgo y mejora las opciones de ingreso a través de la diversificación en caso los cultivos destinados para la comercialización disminuyan su precio y su productividad.
3. La agroforestería favorece la regulación de la radiación solar, la temperatura y la humedad, en los diferentes estratos del sistema (árboles, arbustos, pastos).
4. Disminución de la escorrentía superficial del agua de lluvia, aliviando su efecto erosivo y disminuyendo la evaporación del agua del suelo.
5. Protección de los impactos de la fuerza del viento en las plantas.
6. Aumento de la productividad del sistema, por la mayor producción de biomasa y materia orgánica, así como mejor uso del espacio vertical.
7. Mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, por la extracción de los mismos desde diferentes niveles de profundidad de la tierra de cultivo.
8. Favorece el desarrollo de la capa orgánica del suelo (capa superficial), que aumenta la fertilidad.
9. Favorece el desarrollo de efectos benéficos para las plantas debido a los procesos ecológicos de simbiosis, alelopatía, predación, parasitismo y mutualismo.
10. Los árboles y arbustos resisten mejor la sequía que los cultivos; en caso que los cultivos fracasen, los árboles, aun en cantidades menores, siguen produciendo.
11. Los cultivos de árboles constituyen un método muy eficiente y barato de asimilar carbono en la chacra, es posible acceder a créditos y subsidios mediante mecanismos de desarrollo limpio (MDL).
12. Producción de una gran variedad de productos para la venta y autoconsumo
13. Un flujo de ingresos estable y sostenido a través del tiempo

14. Menor riesgo para los agricultores con poco capital,
15. Crea un microclima que puede ser benéfico para ciertas plantas y/o animales (por ejemplo, modificaciones de luz, temperatura, humedad, viento, etc).

Si los SAF están bien plantados y gestionados, no deberían presentar desventajas.

Según Arévalo (1999), algunas de las **desventajas** a tener en cuenta son:

- Competencia por los nutrientes: esto sucede debido a que los árboles extraen muchos nutrientes del suelo, y el sistema radicular de un árbol con raíces superficiales compite mucho más con los cultivos asociados, que un árbol con raíces pivotantes (profundas). Para que la asimilación de nutrientes sea adecuada hay que seleccionar especies y distancias de siembra adecuadas y practicar podas para incorporar los nutrientes de los árboles al suelo
- Competencia por agua: los árboles por su gran tamaño consumen grandes cantidades de agua, agotando así las reservas de agua para los demás cultivos. Efectos alelopáticos: varias especies vegetales, producen sustancias químicas que inhiben el desarrollo de otras plantas, este fenómeno es conocido como efecto alelopático
- La recuperación económica toma más tiempo: esto se debe que en la agroforestería es una inversión a largo plazo, para personas de escasos recursos económicos esto genera malestar debido a que necesitan recuperar su inversión y alimentar a su familia

Precauciones importantes a tener en cuenta al momento de establecer un SAF (Villanueva y Wachtel,2009)

1. En caso se seleccione inadecuadamente las plantas que conforman el sistema agroforestal, se puede presentar competencia entre las diferentes especies por la luz, nutrientes y el agua; por ello se debe reunir información local si existen experiencias previas exitosas de esa asociación entre esas especies.
2. Eventualmente, pueden darse influencias alelopáticas, entre algunas plantas, esto significa que hay árboles que compiten con el cultivo de forma que no dejan crecer otras especies.
3. La mecanización convencional de la agricultura puede dificultar o imposibilitar.
4. Si no hay un manejo adecuado del sistema, la excesiva sombra y humedad puede favorecer el desarrollo de hongos y otras enfermedades.
5. De no realizarse una adecuada fertilización o renovación de nutrientes del sistema, existe la amenaza del agotamiento de los nutrientes.
6. En los predios de muy pequeña extensión y escasa mano de obra la implementación de un sistema productivo, inclusive el agroforestal se dificulta, los terrenos pequeños y de baja productividad tiene pocas probabilidades de cubrir las necesidades mínimas de

una familia rural, por lo cual sus miembros deben conseguir insumos externos adicionales para sobrevivir; las principales vías para asegurar su sustento proceden de (1) la venta de mano de obra a otros propietarios para labores estacionales (2) la colecta de productos de áreas boscosas vecinas. Estos casos especiales estas formas alternativas de ingreso que disminuyen la oferta de mano de obra deben ser identificadas claramente para evaluar al detalle el real potencial de los sistemas agroforestales.

Conclusiones

Existen diferentes criterios para clasificar los SAF. Según CATIE (2001), la complejidad de los SAF hace difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más frecuentes son: **la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escalas de producción y nivel de manejo del sistema)**. Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes. Las clasificaciones agroforestales más conocidas son jerárquicas y arbitrarias, porque el objetivo es definido por el usuario, y existen niveles de organización por componentes (árboles, cultivos, ganadería), arreglos temporales (secuenciales o simultáneos) y arreglos espaciales, entre otros.

Al considerar que hay relación entre los conceptos de la definición y la construcción de una clasificación, es importante tener claridad sobre aspectos de manejo: silvicultura, densidades de siembra, costos de establecimiento y mantenimiento, servicios ambientales proporcionados y producción forestal asociado a los SAF, para evitar ambigüedad cuando se clasifican (Botero y Russo, 2020). Según González Valdivia et al. (2016), *“La estrategia que permita aumentar la producción agrícola y ganadera pasa por la inclusión de diferentes estratos arbóreos, con múltiples propósitos para el humano... Los arreglos deben incluir diferentes formas y patrones espaciales, incorporando desde el conjunto de árboles dispersos, pasando por bosquetes dispersos, conectados por líneas de árboles multiespecies y multiestratos, de amplitud variable, hasta las franjas permanentes de vegetación adyacente a campos cultivados o pasturas”*.

Referencias

- Altieri, M. A. Letourneau, D. K., and Davis, J. R. (1983). Developing sustainable agroecosystems. *Bioscience* 33(1): 45 - 49.
- Arévalo L. (1999). Definición y clasificación de sistemas agroforestales. I curso regional de agroforestería en la amazonia peruana

- Arias Nery, L. A. (2017). Principios de sistemas agroforestales. En: Producción en sistemas agroforestales (PRO – SAF) y Sistemas agroforestales simultáneos (SAS). Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria, La Paz. pp. 15 – 92.
- Berkes, F. y Turner N. (2006). Conocimiento, aprendizaje y resiliencia de los sistemas sociológicos. In: El manejo de los recursos de uso común: la conservación de la biodiversidad. L. Merino y J. Robson (Comp.) México (pp. 22-33). Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A. C., The Christensen Fund, Fundación Ford, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Botero Botero R.y Russo R.(2020). Sistemas agroforestales en Mesoamérica para la restauración de áreas degradadas. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/sistemas-agroforestales-mesoamerica-restauracion-t45578.htm>
- Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., y Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico veterinario*, 9, e913.. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>
- CATIE. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. (F. Jiménez, R. Muschler, & E. Köpsell, Edits.) Turrialba, Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ.
- Combe, J. y Budowski, G. (1979). Classification of agroforestry techniques. Taller sobre sistemas agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Díaz Roja M y Soto Barbosa V..(2015). Diseño del sistema agroforestal para la zona rural de la vereda Pascata de Turmequé Boyacá. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieras Industriales Universidad Distrital “Francisco José De Caldas” Facultad De Ingeniería Proyecto Curricular De Ingeniería Industrial Bogotá D.C
- Farfán, V. (2007) Producción de café en sistemas agroforestales. p. 161-200. En: Arcila P., J.; [et al.]. SISTEMAS de producción de café en Colombia. Chinchina: CENICAFE : FNC, 2007. 309 p.
- Farfán V., F. (2014).Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Manizales, Caldas (Colombia),342 p
- Fernández Mayer, A. (2017). Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles / Aníbal Enrique Fernández Mayer. - 1a ed . – Bordenave, Buenos Aires : Ediciones INTA, Libro digital.
- Giraldo, Luis A. (1996). El potencial de los sistemas silvopastoriles para la ganadería sostenible. Pasturas Tropicales. CORPOICA, Memorias del curso, Medellín, 194p.
- Gliessman, S. R. (1985) Economic and ecological factors in designing and managing sustainable agroecosystems. In Edens, T. C., Fridgen, C. and Battenfield, S. L. (eds.) Sustainable agriculture and integrated farming systems. East Lansing: Michigan State University Press. pp. 56 - 63.
- Gómez, M.E, Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C I., Molina C.H., Molina, C.H., Molina, E. y Molina, J.P. (1995). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Cali, Colombia, 129p.

- González, M. O. & M.F. Aguilera. (2003). Capítulo V: Uso de modelos agrosilvícolas. Disponible en <https://agroforesteria.infor.cl/>. Último acceso: febrero 2021.
- González-Valdivia, N.A.; Casanova-Lugo, F; Cetzal-Ix, W. (2016). Sistemas agroforestales y biodiversidad Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 9, pp: 56-60. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320602.pdf>
- Holmann F, Romero F, Montenegro J, Chana C., Oviedo E. y Baños A. (1992). Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación. Turrialba 42:79-89.
- Iglesias, J.M. (2015). Sistemas de producción agroforestales. Conceptos y definiciones. *Pastos y Forrajes*. 22(4):287
- Lanza et al. (1999). Educación Ambiental Para El Trópico De Cochabamba Guía del Maestro Trópico de Cochabamba – Bolivia
- Montagnini, F. [et al.]. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales /– 1º ed. – Cali, CO: CIPAV; Turrialba, CR: CATIE, 454 p.: il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 402)
- Musálem, S., M. Á. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 2(8), 91-100.
- Nair, P. K. R. (2003). Clasificación de los Sistemas Agroforestales. *In*: Krishnamurty, L. (coord.). *Agroforestería para el Ecodesarrollo*. (pp. 180-200). México. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.
- Nair, P.K.R. (1985). *Classification of Agroforestry Systems*. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Holanda.
- Navarro Garza, H, Santiago S, Maúlen S, Vibrans Lindemann M, Heike, y Pérez Olvera, M A. (2012). La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(1), 71-86. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.124>
- Navarro, G., H. (2004). *Agricultura Campesina-indígena, Patrimonio y Desarrollo Agroecológico Territorial*. México. CONACYT-COLPOS.
- Preston, T.R. y Murgueitio, E. (1992). *Strategy for sustainable livestock production in the tropics*. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p
- Reyes Jiménez y Martínez Alvarado.(2016) Establecimiento y manejo de cercas vivas. *Fundación Produce Sinaloa*. https://es.slideshare.net/razasbovinasdecolombia/manejo-de-cercas-vivas?from_action=save
- Sánchez, G., M. C. (1993). Árboles y arbustos utilizados como leña, en la comunidad de X-Uilub, Yucatán, México. *Revista Biótica, Nueva Época*, 1, 69-80.
- Santana Rodríguez M. Sin fecha. Los sistemas agroforestales y su clasificación. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35616/SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20Y%20SU%20CLASIFICACION%3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Solorio, F., Petit Aldana, J., Casanova Lugo, F. y Ramirez-Aviles, L.. (2010). Notas de curso: Diseño y Evaluación de Sistemas Agroforestales. 10.13140/RG.2.1.4826.0881.
- Vergara N. (1985). Sistemas agroforestales: Una cartilla... Unasyva - No. 147 - IX Congreso forestal mundial México
<http://www.fao.org/3/r1340s/r1340s05.htm#sistemas%20agroforestales:%20una%20cartilla>.
- Villanueva C. y Wachtel G. (2009). Agroforestería en la región San Martín: manual de promoción y capacitación para extensionistas. Manual técnico-
<https://www.biopasos.com/documentos/060.pdf>
- Warner (1994). Capítulo 3 - El sistema de corte y quema/barbecho En: La agricultura migratoria: conocimientos técnicos locales y manejo de los recursos naturales en el trópico húmedo. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación (Fao)
- Xu, Jianchu & Yi, Zhuang-Fang (2015). Socially constructed rubber plantations in the swidden landscape of southwest China. In book: Shifting cultivation and environmental change: Indigenous People, Agriculture and forest conservation (pp.794-810). Edition: 1st Chapter: 3. Specialization for markets or continued agrodiversity for subsistence? Publisher: Earthscan Editors: Malcolm F. Cairns