

AGROSELVICULTURA, AGROFORESTERÍA, PRÁCTICAS AGROFORESTALES, USO MÚLTIPLE: UNA DEFINICIÓN Y UN CONCEPTO

F. J. Silva-Pando ^{1,2} y M. J. Rozados Lorenzo ¹

¹ Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán. CITA. Consellería de Medio Ambiente. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA

² Departamento de Producción Vegetal. E.P.S. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario. 27002-LUGO

Resumen

La Agroselvicultura es el empleo deliberado de árboles y cosechas y/o animales sobre la misma unidad de terreno en cualquier forma de ordenación espacial o temporal. Consideramos la palabra Agroselvicultura como la más apropiada para definir la Ciencia que engloba los sistemas agroforestales. Se realiza una introducción a la historia de los sistemas agroforestales, con una mención a la Península Ibérica. Se aportan diversas definiciones de Agroselvicultura, así como la distinción entre práctica y sistema. Se presentan las principales características de los sistemas agroforestales, algunas de ellas no plenamente comprobadas en la realidad. La competencia y complejidad son dos de los más importantes aspectos de cualquier sistema agroforestal, presentando en este artículo las razones e importancia de las mismas. Finalmente se proponen algunas características para una clasificación de estos sistemas, entre las que destacan la naturaleza de los componentes, ordenación temporal y espacial y localización biogeográfica.

Palabras clave: *Agroselvicultura, Sistemas Agroforestales, Interacciones, Características, Clasificación*

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo y desde una perspectiva exterior, se ha considerado que el único producto del monte era la madera, pero aunque la visión desde las zonas urbanas pudiera ser ésta, la realidad era y es bien diferente. Desde siempre se aprovechó el monte con el objeto de obtener una pluralidad de productos, bienes y servicios que iban más allá de la madera, siendo ésta a veces algo secundario o incluso un recurso no explotado. Hemos de recordar que los productos producidos por los árboles no son los únicos que se obtienen del ecosistema forestal.

La producción y extracción de muchos de los productos tradicionales no madereros que se obtienen del monte, además de importantes para un gran número de personas, son en gran parte consistentes con el mantenimiento de los valores de diversidad global y acumulación de carbono en los bosques (LAMB, 1993; SÁNCHEZ, 1995; SAYER, 1996).

Muy a menudo denominados como productos “menores” o “secundarios”, incluyen una amplia variedad, como son la frutas, carne, caza, pesca, especias, extractos medicinales, aceites, gomas, resinas, taninos, miel, semillas, setas,

cortezas, combustibles y otros que, en algunos casos, llegan a ser el principal o incluso, siendo secundarios en cuanto a producción biológica, pueden llegar a alcanzar un valor económico muy alto y suponer una importante fuente de ingresos para los habitantes de esas zonas y la poblaciones indígenas. Además de productos claramente tangibles como los citados, existen otros usos y servicios del monte, calificados como externalidades, entre las que se encuentran la conservación del suelo, biodiversidad, paisaje, ocio, mejora del ciclo del agua y nutrientes, etc.

Los investigadores nos vemos constantemente sorprendidos -aunque no siempre aprendemos la lección- por la sofisticación de la gestión forestal practicada por comunidades indígenas que viven en los bosques, que les permite obtener múltiples productos sin agotar las reservas ni degradar el ecosistema.

La necesidad de compatibilizar la obtención de diversos productos sobre la misma unidad de gestión del suelo, debido a la gran demanda de los mismos, escasez de espacio existente y medias o bajas productividades de los suelos de países tropicales ha llevado al desarrollo de sistemas de producción nuevos, donde se emplean componentes que pueden presentar un cierto nivel de competencia por los recursos. Es a partir de los años 70, cuando se empiezan a estudiar estos sistemas y a dar un nuevo enfoque, diferente del estrictamente forestal y agrícola. El auge en la importancia de este campo vino dado, entre otros, por el apoyo dado por organismos internacionales como la FAO y el Banco Mundial (NAIR, 1994). Todo ello llevó al desarrollo de conceptos como las cosechas múltiples, sistemas integrados de cultivo o los sistemas agroforestales, que corresponden a esta nueva visión de integración de componentes.

Los aprovechamientos agroforestales se incluyen en lo que hoy se llama en los países sudamericanos *Agroforestería* (traducción directa del inglés *Agroforestry*, véase MUÑOZ, 1995), que no es un concepto nuevo, sino que desde tiempo inmemorial, los animales, las cosechas y los árboles han sido explotados conjuntamente en granjas de todo el mundo. Este tipo de aprovechamientos múltiples habían sido empleados

también en zonas templadas en el pasado, pero el impulso dado a la explotación de los componentes por separado ha provocado su disminución (GHLOZ, 1987).

Estos aprovechamientos representan un nuevo enfoque del uso integrado de la tierra que es particularmente satisfactorio para áreas marginales y para sistemas con bajos aportes energéticos, aunque no sólo restringidos a éstos (MACDICKEN & VERGARA, 1990; NAIR, 1994); otra ventaja es la posibilidad de aprovechamiento de la mano de obra de los cultivos agrícolas para el establecimiento y mantenimiento de los árboles, a la vez que se evita la degradación del suelo y se favorece el incremento de la diversidad biológica (SILVA-PANDO, 1988; MACDICKEN & VERGARA, 1990; NAIR, 1994; SÁNCHEZ, 1995).

En la presente comunicación se realiza una introducción a la definición de Agroselvicultura *s.l.* y su relación con otros términos próximos, las características de un sistema o práctica agroforestal, la competencia e interacciones entre componentes y una aproximación a la clasificación provisional de los mismos.

ORIGEN DE LA AGROSELVICULTURA

Como señalan MACDICKEN & VERGARA (1990), los árboles han estado presentes en los sistemas de cultivo desde el comienzo de la Agricultura. Estos autores llevan tan lejos las primeras referencias escritas como a la *Biblia* (*Ge. 2:8-9*) donde se describen jardines con toda clase de árboles, que producen alimento y ocio. El cultivo itinerante o técnica de corta, quema y cultivo de pequeñas superficies de bosques tropicales parece ser que se originó durante el Neolítico, hace unos 7000 años A.C. Esta técnica, modificada con la siembra de especies arbóreas coincidente o posterior a las cosechas agrícolas, fue popular en Europa en siglos pasados, siendo ampliamente seguido en Finlandia, hasta finales del siglo pasado y en algunas zonas de Alemania hasta los años 20 (KING, 1989; NAIR, 1994).

En América Tropical, muchos grupos y comunidades han intentado crear estructuras productivas que simularan las condiciones y

beneficios de los bosques, dando origen a los primeros jardines caseros (*Homegardens*). En otros lugares del trópico, se desarrollaron sistemas que hoy se incluyen en la Agroselvicultura. En 1806, la administración forestal británica en Tailandia estableció el sistema *Taungya*, como método para favorecer las plantaciones de teca (*Tectona grandis*), a partir de cultivos agrícolas (NAIR, 1994). Este método se extendió ampliamente, dando lugar a diversas variantes regionales y locales, con sus nombres correspondientes (NAIR, 1989; MACDICKEN & VERGARA, 1990).

En los países templados, destaca el caso de la dehesa y *montados*, como ejemplo de sistema agroforestal con una antigüedad de más de 1000 años (GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1992; SAN MIGUEL, 1994). Por otro lado, la existencia del pastoreo en el bosque, aunque no tan documentada, tiene que ser mucho más antigua. RIGUEIRO (1985) indica el intenso aprovechamiento que desde antiguo ejercían los campesinos gallegos de los matorrales, aunque en los últimos decenios, por razones que recoge en su trabajo, ha habido una disminución de esos aprovechamientos (DÍEZ DÍEZ, 1984). Este último autor indica que las especies empleadas son la vaca, cabra, caballo y oveja. Además de la finalidad de servir como alimento del ganado, pueden existir otros objetivos basados en condicionantes socioeconómicas y ambientales, como en el caso del empleo del ganado en los bosques y repoblaciones, que en el caso gallego se fomenta desde 1975 con el objeto de prevenir los incendios forestales (RIGUEIRO, 1985; SILVAPANDO & GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, 1992).

Sistemas como las barreras cortavientos, podas altas para permitir que la luz alcance los cultivos agrícolas, uso de hojas y ramas para alimentación del ganado o la obtención de frutos (bellotas y castañas) para la alimentación humana y animal se han visto reflejados en documentos gráficos como dibujos, cuadros, murales o mosaicos (BYINGTON, 1990).

Hoy en día se han descrito y estudiado multitud de sistemas agroforestales, muchos de ellos a partir de prácticas ancestrales y otros fruto de nuevas combinaciones entre los diferentes componentes. Asimismo se ha estudiado y logrado, en muchos casos, la posible implantación de

estos sistemas en otras zonas, distintas de donde se originaron. El moderno potencial de la Agroselvicultura se basó inicialmente en grandes descripciones o informaciones anecdóticas, normalmente recogidas de ambientes con un alto potencial productivo (NAIR, 1989). El aspecto práctico fue el predominante, prestándose poca atención a los procesos biofísicos y socioeconómicos subyacentes. A partir de los datos obtenidos, se ha puesto de manifiesto la necesidad cada vez mayor de un acercamiento científico y crítico para la comprensión de estos ecosistemas y la creación de una verdadera Ciencia (SÁNCHEZ, 1995).

Mucho del impulso para el desarrollo actual de la Agroselvicultura, se ha visto favorecido por el artículo titulado *Trees, food and people: land management in the tropics* (BENE et al., 1977), en base al cual se creó el ICRAF (International Council for Research on Agroforestry) ese mismo año, estableciendo su sede en Kenia, con el objetivo de estimular la Agroselvicultura y sus aplicaciones a nivel mundial. En 1982 se comenzó a editar la revista *Agroforestry Systems*, a partir de una colaboración entre el ICRAF y la Editorial Kluwer Academic Publishers.

Para una más amplia información sobre la historia y evolución de los sistemas agroforestales, ver GOLD & HANNOVER (1987), KING (1989), BYINGTON (1990), MACDICKEN & VERGARA (1990) Y NAIR (1994) entre otros. De cualquier forma, no existe un estudio en profundidad, amplio y documentado, de la Historia de la Agroselvicultura en los países templados.

AGROFORESTERÍA, AGROSELVICULTURA, AGROSILVOPASCICULTURA

Antes de entrar en la definición de esta Ciencia, vamos a considerar el nombre adecuado para la misma. Los ingleses han establecido *Agroforestry*, cuyo origen es bastante lejano, y parece surgido de la unión de los términos agricultura y selvicultura. Como indica G. Budowski (MUÑOZ, 1995), mientras que la FAO

hablaba de la Agrisilvicultura, en algunos países sudamericanos se utilizaba ya el término Agroforestería y, como le parecía más adecuado, empezó a emplearlo en sus trabajos y actividades. En 1979 el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) organizó en San José de Costa Rica la primera Reunión Internacional sobre Agroforestería. Por esta época, la FAO empleaba el término Agrosilvopascicultura, para referirse a este tipo de aprovechamiento. Desde el año 1994, se publica la revista *Agroforestería en las Américas*, donde se recogen diversos artículos de divulgación sobre el tema. Esta palabra no figura incluida en el Diccionario de la Real Academia Española. Entre los escasos trabajos de autores ibéricos, CAMPOS PALACÍN (1992) no se decanta por ninguno de estos términos, empleando los de ciencia y sistema agroforestal. La falta de un término propio, surgido a partir de las experiencias realizadas en la Península Ibérica, lleva a que en este momento tengamos que plantearnos cual emplear.

Entre los términos empleados para referirse a una parte de la *Agroforestry* está Silvopascicultura, asignatura que se enseña en las escuelas de ingenieros forestales y de montes, también citada como Silvopastoralismo (MONTÓYA, 1987).

De los términos recogidos, parece que el de Agroforestería sería el más idóneo, pero tiene la desventaja, por lo menos desde el punto de vista español, que no se aplica la palabra Forestería a lo forestal. Otro término podría ser Agrosilvopascicultura, pero corresponde más bien a una parte de los sistemas agroforestales y es un poco larga. Una palabra de nuestro agrado es Agrosilvicultura, que recoge la unión de los dos campos, agrícola y forestal, aunque puede parecer restrictiva en relación a los casos en que existan cultivos agrícolas.

La primera definición de Agrosilvicultura que hemos encontrado es: “la totalidad de plantas cultivadas y ganado mantenido como parte de un ciclo biológico completo, enfocado sobre cada granja como una unidad en progresión. El arbolado se integra con el cultivo agrícola, los animales de cría y los productos hortícolas para

alcanzar el máximo de ingresos y de conservación óptima en un área dada” (DOUGLAS AND HART, 1976, In WIERSUM, 1981). Otra definición importante es la de BENE *et al.* (1977) como “Un sistema de gestión del suelo que incrementa la producción de la tierra, combinando la producción de cosechas (incluyendo árboles de fruto) y plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente, sobre la misma unidad de suelo y aplicando prácticas de gestión que son compatibles con las poblaciones locales”.

En la presentación de la revista *Agroforestry Systems* (ANONYMOUS, 1982), se recogía un conjunto de las definiciones que diversos autores o científicos implicados en el tema proponían sobre el mismo; esta recopilación podría ser completada por las recogidas por WIERSUM (1981). El conjunto de las mismas varía desde las muy breves, como la de K.G. Mafura (Lesotho) que define “como una forma de uso de terreno que satisface exitosamente las necesidades del productor agrícola, del forestal y del ganadero” hasta la de R.B. Contart (ISNAR) que es muy amplia y recoge en ella múltiples visiones de la Ciencia Agroforestal. Entre las más sencillas tenemos la recogida por GUITTON (1994), atribuida a NAIR, que dice: “la Agrosilvicultura sirve para designar todos los sistemas de utilización del territorio [terreno] que asocia los árboles u otros vegetales leñosos perennes y las producciones animales y/o vegetales sobre la misma unidad de superficie”, definición bastante clara sobre el tema.

GREGORY (IN KING, 1980) define uso múltiple como el uso consciente y deliberado del terreno para la producción concurrente de más de un bien o servicio, que aplicado a los bosques resultaría en “el uso consciente y deliberado de los bosques”, considerando las múltiples funciones y productos que se pueden obtener del mismo. Dentro de este contexto, el uso múltiple sería algo diferente a la Agrosilvicultura, pues no implica necesariamente la existencia de animales o cosechas sobre la misma unidad de superficie, sino que es más bien la utilización o aprovechamiento de todos o algunos de los componentes del ecosistema forestal, así como la potencialidad de las externalidades o beneficios no tangibles - conservación del suelo, lucha con-

tra la erosión, paisaje, biodiversidad, beneficios hidrológico-forestales, etc.-. En un artículo de NAIR (1991), este incluye un apartado, significativamente titulado “Agroforestry as an approach to multiple use of forests in the tropics”. De cualquier forma, la Agroselvicultura recoge la filosofía del uso múltiple en el sentido de la obtención de varios productos o beneficios.

Actualmente, como definiciones más amplias y útiles de Agroselvicultura podemos citar la que se refiere a “un nombre colectivo para sistemas y tecnologías de uso de la tierra en los cuales especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.) se emplean, de forma deliberada sobre la misma unidad de terreno, con cosechas agrícolas y animales, en cualquier forma de ordenación espacial o secuencia temporal. En los sistemas agroforestales se producen tanto interacciones ecológicas como económicas entre los diferentes componentes” (LUNDGREN & RAIN TREE, 1982 IN NAIR, 1994). Recientemente, en *DICTIONARY OF FORESTRY* (HELMS, 1998) se recoge la siguiente definición: “Un sistema de uso de la tierra, que implica la introducción, mantenimiento o mezcla deliberada de árboles u otras plantas leñosas perennes con cosechas y sistemas de producción animal, al objeto de beneficiarse de las interacciones económicas y ecológicas entre los componentes”, basada, probablemente, en la de Lundgren and Reintree.

Estas dos definiciones cuentan con el aval de importantes organismos y asociaciones, alguna de ámbito internacional, además de cubrir varios de los aspectos más característicos de los sistemas agroforestales.

Antes de finalizar este apartado, convendría definir algunos conceptos relacionados con la Agroselvicultura. Las palabras “sistema” y “práctica” han sido frecuentemente usadas como sinónimos en múltiples trabajos en lengua inglesa. Un *sistema agroforestal* es un ejemplo concreto y localizado de una práctica, caracterizado por su medio ambiente, las especies integrantes y su ordenación, gestión y función socioeconómica. Una práctica agroforestal significa una determinada ordenación de los componentes en el espacio y en el tiempo (NAIR, 1994). Aunque han sido descritos varios miles de sistemas agro-

forestales, estos se pueden agrupar en sólo 20 prácticas agroforestales diferentes. Cualquiera de estas prácticas llega a ser un nuevo sistema agroforestal cuando se desarrolla para una determinada área local, llegando a representar un tipo definido de utilización del suelo en esa área (NAIR, 1990). Por ejemplo el empleo de vacas en masas de *Pinus pinaster* o el de ovejas y cerdos en encinares de *Quercus ilex*, puede ser considerado la misma práctica, pero corresponder a distintos sistemas.

Estos dos términos han sido con frecuencia utilizados incorrectamente en la bibliografía, incluso mezclados, pero consideramos que debe potenciarse su correcto empleo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Aunque las diferentes definiciones encontradas, algunas incluidas en este artículo, tienen sus fallos y aciertos, de ellas pueden extraerse varios puntos que indican las principales características de estos sistemas (ANONYMUS, 1982; NAIR, 1983, 1991, 1994; MACDICKEN & VERGARA, 1990; GUITTON, 1994):

- Estos sistemas de empleo del suelo implican la utilización deliberada de árboles con cosechas y/o animales sobre la misma unidad de terreno: este carácter falla si ese uso no es mantenido y favorecido. KING (1980) señala este factor de “conciso y deliberado” para referirse al uso múltiple.
- La combinación puede adoptar cualquier forma de ordenación espacial o temporal.
- Debe haber interacciones significativas (positivas o negativas) entre los componentes leñosos y no leñosos (plantas o animales) del ecosistema y estas interacciones pueden ser tanto ecológicas como socioeconómicas. Un sistema agroforestal es siempre más complejo que cualquier sistema agrícola o forestal por separado y las relaciones que se establecen son más complejas y, en general, han sido casi siempre ignoradas por la agricultura moderna.

- La integración de árboles en un sistema agrícola puede resultar en un empleo más eficiente de los recursos, tales como la luz, agua, nutrientes, espacio, etc., que en un monocultivo, tanto agrícola como forestal.
- Un sistema agroforestal debe ser estable y sostenible en el tiempo.
- En un sistema agroforestal, los productos y externalidades a obtener son dos o más, dependiendo de la diversidad de componentes.
- El ciclo de un sistema agroforestal es siempre superior a un año.
- Un sistema agroforestal tiene por objetivo el reducir riesgos e incrementar la producción y productividad total. Aunque de acuerdo con la literatura agroforestal, se deberían esperar incrementos en la producción y productividad total, lo cierto es que se han establecido pocas comparaciones entre sistemas agroforestales y monocultivos para alcanzar esta conclusión (SÁNCHEZ, 1995).
- Finalmente, la aceptación de un sistema agroforestal por parte de los granjeros, agricultores y forestales susceptibles de aplicarlo. Esto va desde el empleo de especies autóctonas como a tener en consideración los valores socioculturales de las poblaciones, entre otros aspectos.

Este conjunto de características aparecen en la mayor parte de los sistemas agroforestales y forman la base para la evaluación de los mismos. La aplicabilidad o la posibilidad de comprobar algunas de estas características es a veces difícil, como ocurre en el caso de sostenibilidad o incremento de los beneficios para los propietarios (NAIR, 1994).

Existen ciertas características socioeconómicas que hacen de la Agroselvicultura una práctica bastante diferente de otros usos del suelo. Estas son el tamaño de las explotaciones y el nivel de aportes externos (energéticos, nutritivos, monetarios, tecnológicos, etc.) que requieren estos sistemas. Normalmente, las explotaciones forestales se extienden sobre grandes superficies de terreno, creciendo a turnos largos y de ellas se espera

extraer un número muy limitado de productos, aunque generalmente en gran cantidad. La gestión de estos bosques se realiza de una forma centralizada, con unos objetivos de gestión encaminados a cubrir las necesidades regionales o nacionales. En los sistemas agroforestales se puede llegar a producir una gran diversidad de productos, con diferentes periodos de producción, que deben ser obtenidos por pequeños propietarios, siendo la gestión directamente llevada por empresas locales, que deben armonizar la producción óptima y sostenible de bienes y servicios con el objetivo final de cubrir las necesidades de las poblaciones locales (WIERSUM, 1981).

Originalmente, la Agroselvicultura se propuso como un medio de utilización del suelo en terrenos frágiles y poco productivos, con un alto riesgo de degradación medioambiental, en poblaciones con bajo nivel de vida y escasas posibilidades de mejora tecnológica, que pudiera ser fácilmente utilizado por las poblaciones locales para cubrir sus necesidades; estas condiciones se daban principalmente en los países subdesarrollados y en vías de desarrollo (KING, 1980; MACDICKEN & VERGARA, 1990; NAIR, 1994). Fruto de ello fue la gran cantidad de información (artículos, informes, libros, etc.) que vio la luz durante los años 60 y 70. Ahora bien, estos terrenos no son los únicos donde se pueden aplicar las técnicas y sistemas agroforestales. En primer lugar, en esos mismos países en vías de desarrollo existen sistemas agroforestales en terrenos con suelos fértiles y de alta productividad, como los jardines caseros, plantaciones de coco, cacao, anacardo, caucho, etc., integrados por cosechas herbáceas, aunque normalmente ocupando una escasa superficie. Por otro lado, en diversos países desarrollados (U.S.A., Australia, Francia, Nueva Zelanda, Gran Bretaña, Canadá, España, etc.) se han aplicado sistemas sobre terrenos de fertilidad media o alta, cubriendo superficies importantes y con aportes energéticos medios o altos, como el caso de pastoreo en pinares, cultivos de maíz y chopo, nogal y soja, frutales y pasto, etc. Entre unos y otros hay ejemplos como la dehesa y los *montados* en la Península Ibérica, sistema Taungya, Silvopiscicultura, etc., en algunos casos con cientos de años de existencia, y cuyas condiciones son intermedias entre las ante-

riores (GOLD & HANNOVER, 1987; NAIR, 1989; BYINGTON, 1990; NAIR, 1994; GUITTON, 1994; SAN MIGUEL, 1994; GORDON *et al.*, 1997; etc.).

Otra de las características de los sistemas agroforestales es la capacidad de regularizar los ingresos económicos, al combinar los ingresos a largo plazo de la explotación forestal con los de corto plazo de la producción agrícola y ganadera (MACDICKEN & VERGARA, 1990). Esta combinación permitiría incrementar el beneficio económico y la posibilidad de disponer de liquidez para el caso de un fallo en uno de los componentes. También permite una mejor distribución del trabajo, sobre todo si se buscan combinaciones cuyas demandas correspondan a distintos periodos del año. Este hecho tiene más importancia en ambientes rurales, muchas veces ligados a modelos económicos con una alta estacionalidad en la demanda de empleo, dando lugar a largos periodos con una oferta de trabajo reducida a un mínimo.

COMPETENCIA Y COMPLEJIDAD

Los fundamentos de la Agroselvicultura están siendo en la actualidad intensamente estudiados por múltiples instituciones en todo el Mundo. Dos aspectos claves separan los sistemas agroforestales de los sistemas agrícolas y forestales: competencia y complejidad (SÁNCHEZ, 1995).

Competencia

La existencia de dos o más elementos cercanos unos a otros, produce interacciones que pueden llevar a la competencia por los recursos, aunque ésta no tiene porqué presuponer que uno de ellos deba reducir su producción o productividad con respecto al otro. En el caso de un elemento animal y otro vegetal, los efectos de competencia derivan hacia la compartición de la biomasa productiva, en el caso de que el componente animal sea vegetariano, mientras que en el caso de dos componentes vegetales, la competencia podría ser por los nutrientes, luz, agua, espacio, etc. A este respecto hay 3 tipos de efectos interactivos entre los componentes del sistema (SINCLAIR, 1988; CAMPOS PALACÍN, 1992; MUSCHLER, 1994). El primero es el complementario (Fig. 1), donde un incremento de la producción por parte de uno de los componentes lleva parejo el aumento en la producción del otro. Un segundo tipo es el suplementario, donde la producción de un componente se mantiene estable, mientras que la del otro aumenta, es decir, la producción de uno no afecta al otro. Finalmente, en el tipo competitivo el aumento en la producción de un componente provoca una reducción en la producción del otro componente. Un ejemplo del tipo complementario serían la producción de setas bajo arbolado o el efecto de los cortavientos en zonas llanas y despejadas, con nieve y periodos de sequía (BYINGTON, 1990; ZAMORA-MARTÍNEZ & PASCUAL, 1995; SILVA-PANDO *et al.*,

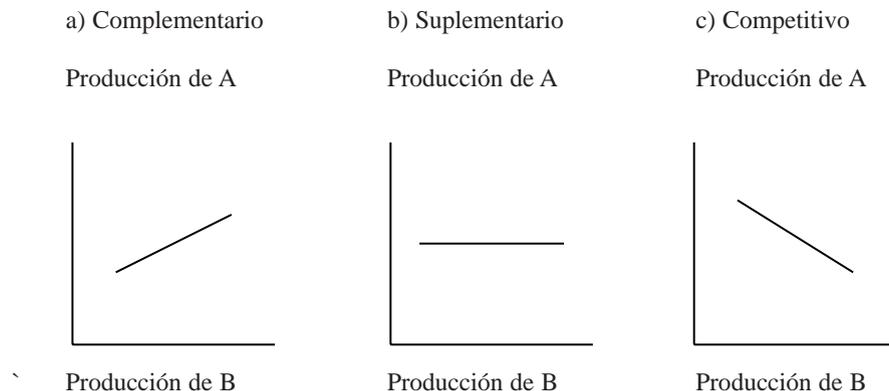


Figura 1. Efectos interactivos en un sistema de 2 componentes.

1998), mientras que para el caso suplementario tenemos el pastoreo bajo arbolado en los primeros años (ANDERSON & MOORE, 1987; BYINGTON, 1990; SIBBALD & SINCLAIR, 1990). De todas formas, el tipo más frecuente es el competitivo, donde se pueden encontrar la mayoría de los ejemplos de sistemas agroforestales.

Las interacciones entre los componentes deben ser consideradas, en base a su resultado neto, como positivas (benéficos o que aumentan la producción) o negativos (perjudiciales o que disminuyen la producción) (MUSCHLER, 1994). Este autor describe las principales interacciones entre los componentes leñosos o arbóreo (T), siempre presente en los sistemas agroforestales, y los componentes animal (A) o vegetal o cosechas agrícolas (C), dando lugar a las interacciones árbol-animal (TAI) o a las árbol-vegetal (TCI) (Tabla 1).

Cuando KING (1980) define las características de los árboles para ser empleados en sistemas agroforestales, se deduce la marcada importancia de las interacciones entre los componentes y la búsqueda de arquitecturas arbóreas (aéreas y subterráneas) que disminuyan las interacciones entre los componentes o que reduzcan la "competencia". Por ejemplo, la baja relación diámetro de copa/diámetro de tronco y una ramificación poco densa que permitan el paso del agua y luz, o un sistema radical profundo para que no compita con las raíces superficiales de las cosechas, son ejemplo de ello. Pero también se buscan efectos positivos como la fijación de nitrógeno,

la producción de abundante hojarasca, exudados y restos de raíces o la reducción de la amplitud térmica dentro del ecosistema (KING, 1980; NAIR, 1983). Pero a su vez hay que tener en cuenta el efecto del componente herbáceo sobre el arbolado (MEAD *et al.*, 1993), etc.

Las interacciones entre los componentes varían de acuerdo a las condiciones ambientales o como señala ONG (1996), la relativa importancia de cada efecto sin duda depende tanto del tipo de sistema agroforestal como de la localización del mismo. Como ejemplo tenemos la disminución de la producción de pasto bajo arbolado en las zonas boreales, templadas y tropicales donde no existen especiales problemas de limitación de agua (ANDERSON & MOORE, 1987; SIBBALD & SINCLAIR, 1990; SILVA-PANDO *et al.*, 1999), mientras que en zonas con bajas precipitaciones y por consiguiente con varios meses de sequía, la producción y la calidad del pasto bajo arbolado es mayor que fuera de ellos (FROST *et al.*, 1991).

ONG (1996) señala varios métodos para cuantificar las interacciones en mezclas (p.e., LER o valor equivalente de la tierra, RCC o coeficiente relativo de concurrencia, RYT o producción relativa total, interacciones entre parcelas y otros).

El objetivo de la Agrosilvicultura es lograr manejar la interacciones citadas, entre el componente arbóreo y los componentes agrícolas o animales con los ambientales, de forma que se consiga un balance positivo de todo el sistema para beneficio del campesino o propietario. Por

	En las TCI	En las TAI
Positivas	<ul style="list-style-type: none"> - árboles de sombra (reducción del stress) - contribución de biomasa - conservación del agua - conservación del suelo - aportes de nutrientes (N₂, Ca, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - sombra - deposición de residuos - transporte de semillas
Negativas	<ul style="list-style-type: none"> - competencia por la luz - competencia por los nutrientes - competencia por el agua - competencia por el espacio - alelopatía 	<ul style="list-style-type: none"> - fitotoxinas - daño por ramoneo - roturas por animales - compactación del suelo - huésped de enfermedades/plagas

Tabla 1. *Los principales efectos positivos y negativos al nivel de la interfaz árbol-cosecha agrícola (TCI) y de la interfaz árbol-animal (TAI) (Basado en MUSCHLER, 1994 y datos propios)*

otro lado, el entendimiento de las interacciones y de su origen, donde y como ocurren nos indicará las posibles vías para la mejora del sistema y para desarrollos futuros, con las consiguientes pautas de gestión.

De cualquier forma, a la hora de establecer el balance entre los distintos componentes, la cuantificación de algunos de ellos, sobre todo las externalidades, es muy difícil, por lo que conviene ser muy cauto a la hora de definir ese balance final.

Complejidad

La complejidad de los sistemas agroforestales no viene dada solo por la diversidad de componentes. Las relaciones biofísicas son muy complejas y sobre todo cambiantes en el tiempo, como ocurre en una masa joven al madurar, los árboles se hacen más grandes y la incidencia sobre el componente herbáceo o animal es mayor. También tenemos el efecto de la distribución espacial de los componentes (HUXLEY, 1983; NAIR, 1994), pudiendo tomar la forma de superficies continuas, filas más o menos separadas, golpes o pequeños rodales de árboles o cualquier otra forma de ordenación geométrica. Otro aspecto como el factor de escala, pues no es igual una explotación agroforestal pequeña que una de varias decenas de hectáreas, con varios sistemas agroforestales aplicados a la vez, multiplicidad de productos y servicios y diversidad de instituciones implicadas; la puesta en marcha y funcionamiento de un sistema de este tipo puede implicar desde instituciones de carácter local como ONGs locales o ayuntamientos hasta instituciones de ámbito internacional, como ocurre con el Banco Mundial (NAIR, 1994). En este punto debemos incluir las fuerzas del mercado, que favorecerán la producción de unos determinados productos frente a otros y, por supuesto, el propietario que buscará aquellos de una mayor rentabilidad económica, salvo en los casos de sistemas de subsistencia y los diversos tipos de centros, agrícolas, forestales medioambientales, etc. que buscarán y estudiarán nuevas combinaciones y sistemas (SÁNCHEZ, 1995).

Al hablar de multiplicidad de productos y servicios, hay que tener presente que muchos de los servicios pueden ser de baja o nula cuantificación económica, por lo menos en el momento actual, pero pueden suponer grandes beneficios a medio y largo plazo. Como señala SÁNCHEZ (1995) en sus hipótesis biofísicas, la Agroselvicultura puede controlar la erosión, habiéndose demostrado en algunos casos. Pero ese control no ocurre inmediatamente sino que requiere un tiempo, por lo que supone un servicio claro de difícil cuantificación y requerirá un espacio de tiempo mayor para su reconocimiento.

Otro foco de complejidad es la existencia de las funciones productivas y protectoras que como ya hemos visto se mezclan. A su vez relacionar las variables e interacciones anteriores con los factores socioeconómicos llevará a lo que en frase de SÁNCHEZ (1995) es “construir complejidad sobre complejidad”.

Finalmente la metodología de la investigación es una nueva fuente de complejidad, pues los tipos de diseños han de ser bien fundamentados y desarrollados para conocer todas las interacciones, pues la simplificación en exceso puede ocultar éstas y llevar a falsas interpretaciones. Un ejemplo lo tenemos en la incidencia del sistema de raíces de los diferentes componentes en algunos ensayos realizados. NAIR (1994) presenta una guía sobre la investigación en centros de investigación y directamente en ensayos prácticos.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

La diversidad de sistemas agroforestales esconde una serie de puntos o aspectos comunes que permiten su agrupación, en función del criterio de clasificación que adoptemos. De acuerdo a su estructura, función, componentes, productos, geografía, climatología, disposición espacial, economía, etc., los diferentes sistemas y prácticas agroforestales se pueden clasificar desde múltiples puntos de vista (NAIR, 1994).

Cualquier sistema debe de cumplir los siguientes puntos (NAIR, 1990, 1994):

- Incluir un modo lógico de agrupar los factores fundamentales de los que dependerá la producción del sistema.
- Indicar como se gestiona el sistema (señalando las posibilidades para intervenir en la gestión que mejoren la eficacia del sistema).
- Ofrecer flexibilidad a la hora de reagrupar la información.
- Ser fácil de entender y manejar (práctico).

Como señala NAIR (1990), diversos intentos previos fueron más un ejercicio de desarrollo del concepto de Agrosilvicultura, que una ayuda para evaluar y analizar los sistemas agroforestales existentes. Actualmente ya se han dado pasos para lograr una clasificación de los mismos, lo que permitirá un marco para el análisis y la síntesis de información sobre los sistemas existentes y el desarrollo de otros sistemas nuevos y prometedores.

De los investigadores agroforestales, P.K.R. Nair ha sido el que más se ha dedicado a la elaboración de una clasificación. En la tabla 2 se presenta un resumen de los criterios usados (WIER-SUM, 1981; NAIR, 1985; 1989; 1990), de los cuales la naturaleza de los componentes ha sido el más empleado, dando lugar a la Agrosilvicultura *s.s.*, Silvopascicultura, Agrosilvopascicultura, Aquosilvicultura, Apisilvicultura, Agrosilvopiscicultura y otros. A partir de ese punto, la aplicación de criterios como ordenación espacial y temporal de los componentes, distribución biogeográfica, nivel de aportes tecnológicos, relaciones coste beneficio o tipo de función darán lugar a una mayor diferenciación y complejidad.

Cada uno de los criterios señalados tiene sus ventajas y limitaciones, por lo que la clasificación en Agrosilvicultura debe estar orientada al propósito de la misma. Si tenemos en cuenta la ordenación espacial y temporal como criterio para categorizar los sistemas, los otros criterios se utilizarían para un posterior agrupamiento (NAIR, 1994).

De acuerdo a ello, NAIR (1989; 1994) ha establecido 18 mayores prácticas agroforestales en las cuales pueden ser incluidos el conjunto de sistemas agroforestales conocidos. La primera base de clasificación de las mismas es la agrupación de los

componentes (cosechas, animales u otros), dando los 4 principales tipos: Sistemas Agrosilvícolas, Agropastorales, Agrosilvopastorales y otros, y a partir de ahí se situarán cada una de esas 18 prácticas, ampliando a partir de ese momento el edificio clasificatorio con los criterios señalados.

CONCLUSIONES

Consideramos la palabra Agrosilvicultura como la más apropiada para definir la Ciencia que engloba los sistemas a agroforestales.

La Agrosilvicultura es el empleo deliberado de árboles y cosechas y/o animales sobre la misma unidad de terreno en cualquier forma de ordenación espacial o temporal.

La resultante de las interacciones entre los componentes pueden ser positiva o negativa, pero el balance final de un sistema agroforestal va a depender del conjunto de interacciones. El conocimiento de estas interacciones y su funcionamiento nos van a permitir mejorar el balance y crear nuevas prácticas o sistemas.

Los sistemas agroforestales son muy complejos, debido a la diversidad de componentes, variación en el tiempo, productos a obtener, escala de los sistemas y de entidades y organismos implicados.

La clasificación de los sistemas agroforestales está aún en sus primeras bases, aunque se pueden considerar como criterios básicos la naturaleza de los componentes, ordenación espacial y temporal y distribución biogeográfica.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con cargo a los proyectos INIA: SC96-32 y PD99-002.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, G.W. & MOORE, R.W.; 1987. Productivity in the first seven years of a Pinus

Tabla 2. Principales enfoques para una clasificación de los sistemas agroforestales

Clasificación de los Sistemas basada en su estructura y función		Función (papel y/o producciones de los componentes, especialmente los leñosos)	Agrupación de Sistemas de acuerdo a su extensión y gestión	
Estructura (Naturaleza y ordenación de los componentes especialmente los leñosos)	Ordenación de los componentes		Adaptabilidad Agroecológica y Medioambiental	Nivel Socioeconómico y de Gestión
Naturaleza de los componentes				
Agrosilvícola (cosechas agrícolas y árboles, incluyendo arbustos/árboles)	En <i>el espacio</i> (espacial) * Mezclas densas (p.e.: casa-jardín) * Mezclas laxas (p.e.: la mayoría de los sistemas de árboles sobre pastizales) * Por fajas (el ancho de la faja debe ser mayor que un árbol) * Límites (árboles en los límites de grupos/campos)	<i>Función productiva</i> Alimento Ramón Leña Otras maderas Otros productos <i>Función protectora</i> Cortavientos Conservación de suelo Conservación de la humedad Mejora del suelo Sombra (Para cosechas, animales y el hombre)	<i>Sistemas en/por</i> Tierras bajas tropicales húmedas Tierras altas tropicales húmedas (p.e.: Alturas mayores de los 1.200 m.s.n.m., Malaysia) Tierras bajas tropicales subhúmedas (p.e.: zona de sabana de África, cerrado de Suramérica)	<i>Basada en el nivel del aporte tecnológico</i> Bajos aportes (marginal) Aportes medios Altos aportes <i>Basado en la relación coste/beneficio</i> Comercial Intermedio Subsistencia
Silvopastoral (pastos/animales y árboles)				
Agrosilvopastoral (cosechas agrícolas, pasto/animales y árboles)				
Otros (grupos de árboles multiproducto, apicultura con árboles, acuicultura con árboles, etc.)	En <i>el tiempo</i> (temporal) Coincidente Concomitante Superpuesto Secuencial (separado) Interpolado		Tierras bajas tropicales subhúmedas (p.e.: Kenia, Etiopía) Zonas templadas (p.e.: Europa, Norteamérica, China)	

(de Nair, 1985)

- radiata-annual pasture agroforest in Western Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 27: 231-238.
- ANONYMUS; 1982. What is AGROFORESTRY?. *Agroforestry Systems* 1: 7-12.
- BENE, J.G., H.W. BEALL & A. COTE; 1977. *Trees, food and people: land management in the tropics*. IDRC. Ottawa.
- BYINGTON, E.K.; 1990. Agroforestry in the temperate Zone. In: K.G. MacDicken & N.T. Vergara (eds.); *Agroforestry: Classification and Management*: 228-289. John Wiley & Sons. New York.
- CAMPOS PALACÍN, P.; 1992. *Beneficios comerciales y ambientales de los sistemas agroforestales*. Seminario Internacional sobre los Aprovechamientos del castaño: Una Economía Biológica. Salas (Fotocopiado).
- DÍEZ DÍEZ, J.L.; 1984. Los pastos en Galicia. Sistemas y utilización por las diferentes especies ganaderas. In: D. Carballeira Tella (ed.); *Pastos y forrajes en alimentación animal*: 67-102. Sociedad Ibérica de Nutrición Animal. Lugo.
- FROST, W.E., McDUGALD, N.K. & DEMMENT, M.W.; 1991. Blue Oak Canopy Effect on Seasonal Forage Production and Quality. *USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep.* PSW-126: 307-311.
- GHOLZ, H.L.; 1987. Introduction. In: H.L. Gholz (ed.); *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials*: 1-6, Martinus Nijhoff Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- GOLD, M.A. & HANNOVER, J.W.; 1987. Agroforestry systems for the temperate zone. *Agroforestry Systems* 5: 109-121.
- GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M. (ed.); 1992. *El Libro de las Dehesas Salmantinas*. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Salamanca.
- GORDON, A.M., NEWMAN, S.M. & WILLIAMS, P.A.; 1997. Temperate Agroforestry: An Overview. In: A.M. Gordon & S.M. Newman (eds.); *Temperate Agroforestry Systems*: 1-8. CAB International. Cambridge.
- GUITTON, J.-L. ; 1994. L'Agroforesterie?. *Rev. For. Fr.* XLVI(nº sp.): 11-16.
- HELMS, J.H. (ed.); 1998. *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters-CAB Publishing. Bethesda.
- HUXLEY, P.A.; 1983. Comments on Agroforestry Classifications: With special reference to plant aspects. In: P.A. Huxley (ed.); *Plant Reserach and Agroforestry*: 161-171. ICRAF, Kenia.
- KING, K.F.S.; 1980. Multiple-Use Research. In: W.A. Doolittle (ed.); *IUFRO/MAB Conference: Research on Multiple Use of Forests Resources*: 1-9. U.S.D.A. Forest Service, GTR WO-25. Flagstaff.
- KING, K.F.S.; 1989. 1. The History of Agroforestry. In: P.K.R. Nair (ed.); *Agroforestry Systems in the Tropics*: 3-11. Kluwer Academic Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- LAMB, R.; 1993. More than wood. *Forestry Topics Report* 4: 6-52. FAO Forestry Department.
- MACDICKEN, K.G. & VERGARA, N.T. (Eds); 1990. *Agroforestry: Classification and Management*. John Wileys & Sons. New York.
- MEAD, D.J., LUCAS, R.J. & MASON, E.G.; 1993. Studying interactions between pastures and Pinus radiata in Canterbury's subhumid temperate environment-the first two years. *N.Z. Forestry* 26-31.
- MONTOYA, J.M.; 1987. Aspectos particulares de la selvicultura Mediterránea. *Montes* 15: 16-27.
- MUÑOZ, G.; 1995. Gerardo Budowski: Promotor de la Agroforestería. *Agroforestería en las Américas* 2 (7): 6-9.
- MUSCHLER, R.G.; 1994. Componente interacciones. In: P.K.R. Nair; *Introduction to Agroforestry*: 243-258. Kluwer Academic Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- NAIR, P.K.R.; 1983. Multiple Land-Use and agroforestry. *Better Crops for Food: Ciba Foundation Symposium* 97: 101-115.

- NAIR, P.K.R.; 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 3: 97-128.
- NAIR, P.K.R. (ed.); 1989. *Agroforestry Systems in the Tropic*. Kluwer Academic Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- NAIR, P.K.R.; 1990. Classification of Agroforestry Systems. In: K.G. MacDicken & N.T. Vergara (eds.); *Agroforestry: Classification and Management*: 31-57. John Wiley & Sons. New York.
- NAIR, P.K.R.; 1991. State-of-the-art of agroforestry systems. *For. Ecol. Manag.* 45: 5-29.
- NAIR, P.K.R.; 1994. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- ONG, C.K.; 1996. A Framework for Quantifying the Various Effects of Tree-Crop Interactions. In: C.K. Ong & P.A. Huxley (Eds.). *Tree-crop Interactions: A Physiological Approach*. CAB International, University Press, Cambridge.
- RIGUEIRO, A.; 1985. La utilización del ganado en el monte arbolado gallego, un paso hacia el uso integral del monte. En: R. Vélez Muñoz y J.A. Vega Hidalgo (eds.); *Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales*: 61-83. M.A.P.A.-I.N.I.A. Madrid.
- SAN MIGUEL AYANZ, S.; 1994. *La Dehesa Española. Origen, tipología, características y gestión*. E.T.S. Ingenieros de Montes de Madrid-Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid.
- SÁNCHEZ, P.A.; 1995. Science of agroforestry. *Agroforestry Systems* 30: 5-55.
- SAYER, J.A.; (1996). Foreword. In: M. Ruiz Pérez & J.E.M. Arnold (eds.); *Current Issues in Non-timber Forest Products research*, pp vii-viii. CIFOR-ODA. Indonesia.
- SIBBALD, A.R. & SINCLAIR, F.L.; 1990. A review of Agroforestry Research in Progress in the UK. *Agroforestry Abstracts* 3(4): 149-164.
- SILVA-PANDO, F.J.; 1988. Aprovechamientos Silvopastorales; *Actas Curs d'Estiu d'Estudis Pirinencs*: 1-21. Seo de Urgel.
- SILVA-PANDO, F.J. & M.P. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ; 1992. Agroforestry helps to prevent forest fires. *Agroforestry Today* 4(4): 7-9.
- SILVA-PANDO, F.J., GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, M.P., RIGUEIRO RODRÍGUEZ, A., ROZADOS LORENZO, M.J. & PRUNELL, A.; 1998. Grazing livestock under pinewood and eucalyptus forests in Northwest Spain. *Agroforestry Forum* 9(1): 36-43.
- SINCLAIR, F.L.; 1988. An Economic Characterization of Agroforestry. In: F.L. Sinclair et al. (eds.); *Economic Evaluation and Management of Agroforestry: A Novel Problem?*: 5-17. Departement of Forestry and Natural Resources. Edinburgh.
- WIERSUM, K.F.; 1981. Outline of the agroforestry concept. In: K.F. Wiersum (ed.); *Viewpoints on Agroforestry*: 1-23. Hinkeloord, Agricultural University Wageningen. Wageningen.
- ZAMORA-MARTÍNEZ, M.C. & NIETO DE PASCUAL-POLA, C.; 1995. Natural production of wild edible mushrooms in the southwestern rural territory of Mexico City, Mexico. *For. Ecol. Manag.* 72: 13-20.