



CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CIENCIAS AGROPECUARIAS DEL JAPÓN

Proyecto JIRCAS - Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global
basado en la Forestación y Reforestación en el Paraguay

MANUAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE

AGROFORESTERÍA - SILVOPASTORIL - AGROSILVOPASTORIL



Justo López Portillo

San Lorenzo - Paraguay
2010



Centro Internacional de Investigación de las Ciencias Agropecuarias
del Japón

**“Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global” basado
en la Forestación y Reforestación en el Paraguay**

Proyecto JIRCAS

MANUAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA
EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE

AGROFORESTERÍA - SILVOPASTORIL - AGROSILVOPASTORIL

Año 2010



Proyecto JIRCAS
Centro Internacional de Investigación de las Ciencias Agropecuarias
del Japón

**“Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global” basado
en la Forestación y Reforestación - MDL**

Serie “Guías y Manuales”

Manual de Sistemas Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible

Elaboración: Justo López Portillo

Contribuciones: **Equipo JIRCAS**
Eiji Matsubara (Director)
Kenichiro Kimura (Experto)
Tomio Hanano (Asesor)

Equipo Local
Justo López Portillo
Elvio Morínigo A.
Jorge Ogasawara
Roberto López Irala

Edición: 500 ejemplares
Derechos reservados

Fecha: Febrero, 2010. San Lorenzo, Paraguay

Para más Información:

Oficina Proyecto JIRCAS
Ruta Mcal. Estigarribia Km. 10,5. San Lorenzo
Dirección de Educación Agraria / MAG
Tel: (+595 21) 585.691 / 2 Int. 124
Web: www.jircasparaguay.org.
e-mail: proyecto@jircasparaguay.org

**Ministerio de Agricultura y
Ganadería**
Pdte. Franco 475, Asunción
Tel: (+595 21) 441.340 / 442.141
Web: www.mag.gov.py

Gobernación de Paraguari
Gral. Morínigo y Asunción
Ciudad de Paraguari
Tel: (+595 531) 32.979 y (+595 531) 32.211

Facultad de Ciencias Agrarias / UNA
Campus Universitario – San Lorenzo
Tel: (+595 21) 585.606 / 09 / 11
Web: www.agr.una.py

Proyecto JIRCAS 2007 / 2010
“Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global”
Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el Paraguay
basado en la Forestación y Reforestación

Toda reproducción total o parcial del presente material se hará citando la fuente

PRESENTACIÓN

El principal interés de los pequeños productores, es la producción de alimentos y generar ingresos para mantener la familia, por los que destinan gran parte de su finca a establecer cultivos anuales y aprovechar las praderas naturales para alimentar ganado. Sin embargo este sistema tradicional de producción, ha ocasionado una grave degradación del suelo, como resultado se tiene la baja productividad y la constante migración a la ciudad de los productores.

Para revertir esta crítica situación, se plantea los sistemas agroforestales como una excelente oportunidad para los agricultores, para mejorar la seguridad alimentaria y el ingreso de la familia, produciendo en armonía con el ambiente se puede lograr un desarrollo rural más sostenible. La mayor motivación de los productores para adoptar los sistemas agroforestales, es porque responde al mismo tiempo, a sus necesidades económicas, sociales y ambientales.

Por otra parte, los Gases de Efecto Invernadero como CO₂ y otros, están ocasionando el aumento gradual de la temperatura en el mundo, lo que causará graves impactos al medio ambiente global. Como urgentes medidas para subsanar esta situación, se debe lograr las metas de reducción por parte de los países firmantes del Anexo I del Protocolo de Kyoto, incorporado el Mecanismo de Desarrollo limpio (MDL) con reforestación, como una medida efectiva.

El Centro Internacional de Investigación de Ciencias Agropecuarias del Japón (JIRCAS), está implementando en Paraguay el Proyecto denominado “Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global basado en Forestación y Reforestación, en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio (2006 a 2010). La implementación de este estudio es a través de un Convenio Interinstitucional entre JIRCAS con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Forestal Nacional (INFONA), la Secretaría del Ambiente (SEAM), la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNA y la Gobernación del IX Dpto. de Paraguari.

El propósito del estudio es la formulación y ejecución de Proyecto MDL con Reforestación en el Paraguay, para desarrollar metodología que impulse el Desarrollo Rural Sostenible, así como la verificación de la misma en los Distritos de Acahay y de San Roque González de Santa Cruz. Como resultados concretos quedaran: (1) Guías Metodológicas; y (2) Manuales Técnicos.

El presente Manual de Sistemas Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible, responde al segundo resultado, describe las experiencias adquiridas con la puesta en marcha del Proyecto JIRCAS y las consultas realizadas. Con este material se brindan las orientaciones técnicas y prácticas para la implementación de sistemas productivos en Agroforestería, Silvopastoril y Agrosilvopastoril, integrando y conservando los recursos de la finca campesina.

Ing. Agr. EIJI MATSUBARA
Director Proyecto JIRCAS
Febrero de 2010

MANUAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES SUSTENTABLES

Agroforestería, Silvopastoril, Agrosilvopastoril y otros

INDICE

Capítulo 1 – Consideraciones de los Sistemas Agroforestales	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Concepto e importancia de Sistemas Agroforestales	2
1.3. Importancia de los Sistemas Agroforestales	5
1.4. Objetivos de los Sistemas Agroforestales	6
1.5. Clasificación de los Sistemas Agroforestales	7
1.6. Planificación Integral de la Finca para Sistemas Agroforestales	9
1.7. Beneficios de los Sistemas Agroforestales	11
Capítulo 2 – Sistema de Producción en Agroforestería	14
2.1. Concepto del Sistema de Producción en Agroforestería	14
2.2. Características del Sistema de Producción en Agroforestería	15
2.3. Procedimientos para establecer un Sistema de Agroforestería	16
2.4. Características de las especies para el arreglo agroforestal	19
2.5. Beneficios que brinda el Sistema de producción en Agroforestería	21
Capítulo 3 – Sistema de Producción Silvopastoril	24
3.1. Antecedentes	24
3.2. Que es un Sistema de Producción Silvopastoril	25
3.3. Importancia del Sistema de Producción Silvopastoril	26
3.4. Forma de establecimiento del bosque con la pastura	29
3.5. Establecimiento de especies forrajeras en el Sistema Silvopastoril	31
3.6. Beneficios que ofrecen el Sistema Silvopastoril	34
3.7. Consideraciones para el adecuado manejo del Sistema Silvopastoril	37
Capítulo 4 – Sistema de Producción Agrosilvopastoril	38
4.1. Importancia del Sistema Agrosilvopastoril	38
4.2. Componente de un Sistema de Producción Agrosilvopastoril	39
4.3. Diseño y ordenamiento del un Sistema Agrosilvopastoril	41
4.4. Sistema Integrado de Producción Agrosilvopastoril	42
4.5. Características de especies forestales para Sistema Agrosilvopastoril	45
4.6. Ventajas y limitaciones del Sistema de Agrosilvopastoril	49
Capítulo 5 – Otro Modelo Agroforestal: Cortinas rompe vientos	52
5.1. Que son las cortinas rompe vientos	52
5.2. Importancia de la utilización de las cortinas rompe vientos	52
5.3. Diseño y manejo de las cortinas rompe vientos	53
5.4. Características de las cortinas rompe vientos	54
5.5. Forma de implementación de las cortinas rompe vientos	55
5.6. Beneficios que ofrecen las cortinas rompe vientos	60
Bibliografía Consultada	62

Manual de Sistemas Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible

Agroforestería, Silvopastoril y Agrosilvopastoril

Capítulo 1 – Consideraciones de los sistemas agroforestales

1.1. Antecedentes

El Centro Internacional de Investigación de Ciencias Agropecuarias del Japón (JIRCAS), dependiente del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Japón, en cooperación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Forestal Nacional (INFONA), la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNA, la Secretaría del Ambiente (SEAM) y la Gobernación del Noveno Departamento de Paraguari, a través de un Convenio Interinstitucional (2006 al 2010), viene implementando el **“Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global basado en el Mecanismo de Desarrollo Limpio con Forestación y Reforestación (F/R MDL)”**, conocido como Proyecto JIRCAS. Las actividades de reforestación se están realizando en los Distritos de San Roque González y Acahay del noveno Departamento de Paraguari.

La superficie total reforestada durante los años 2007 y 2008 en el marco de proyecto MDL son de 215 hectáreas, distribuidas en 240 parcelas que corresponden a 167 pequeños productores. Las especies forestales utilizadas para este Estudio de Validación corresponden a *Eucaliptus grandis* y *E. Camaldulensis* con 142 hectáreas y la *Grevillea robusta* con 73 hectáreas. Es el Primer Proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio que ha sido aprobado en Paraguay, y es uno de los primeros en el mundo con Reforestación en Pequeña Escala, otorgado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, quedando registrado como Proyecto N° 2694, con una reducción anual estimada de 1.523 Toneladas de CO₂.

Con las experiencias adquiridas a través del Proyecto JIRCAS, en muchas parcelas se ha realizado la reforestación implementando Sistemas de Producción en Agroforestería, Silvopastoril y Agrosilvopastoril, y a través de las numerosas consultas realizadas, con referencia los Modelos Agroforestales Sostenibles de diferentes países, surge la iniciativa de elaborar el presente Manual de Sistemas Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible.

Este manual trata de brindar las orientaciones generales, relacionadas a la implementación de nuevos sistemas productivos, donde se incorpora el componente forestal en la finca campesina, constituyéndose en el punto de partida para realizar la reforestación a nivel de los productores. Con este material se trata de brindar las informaciones básicas de los sistemas agroforestales, esperando contribuir de manera sencilla pero efectiva,

como una guía general, para la implementación de modelos productivos más sostenibles.

Además de los beneficios económicos y sociales de los sistemas agroforestales, se está contribuyendo con la parte ambiental, como una medida efectiva contra el calentamiento global, reduciendo los Gases de Efecto Invernadero con la Captura de CO₂, a través del crecimiento del árbol.

En el Paraguay por una creencia errónea de los productores del sector rural, tanto grandes como pequeños agricultores, han considerado una incompatibilidad entre el componente forestal, árbol o bosque, y el uso agropecuario. Este concepto se ha instalado principalmente, cuando surgió la idea de ampliar la frontera agrícola, para lograr mayor producción de los diferentes rubros, habilitando nuevas superficies a expensa de la cobertura boscosa de gran parte del territorio nacional.

Para los agricultores, los árboles han representado un competidor, creyendo que las especies forestales reducen o reemplazan a los cultivos agrícolas o las pasturas. Cambiar esta percepción, del uso tradicional de la tierra y el manejo de los recursos naturales en las comunidades campesinas, es un interesante desafío, que requiere de un proceso de educación y convencimiento con métodos demostrativos y un trabajo participativo de las comunidades. A través de las experiencias obtenidas del Proyecto JIRCAS y con la elaboración del presente manual, se espera contribuir de manera significativa con un desarrollo más sostenido, especialmente de los pequeños productores.

1.2. Concepto de los Sistemas Agroforestales

Así como se ha encontrado cierto antagonismo entre los agricultores en cuanto al uso forestal y el agropecuario, también se ha identificado que en muchas partes del mundo, han existido técnicas ancestrales de uso y manejo de los suelos, donde se combinan la producción forestal y los cultivos agrícolas o la producción animal, las cuales han sido implementadas con mucho éxito para satisfacer numerosas necesidades relacionadas a la seguridad alimentaria y la generación de ingresos. Estos sistemas de uso combinados, se ha denominados sistemas agroforestales.

Con el nuevo enfoque de sistemas agroforestales, se puede lograr un desarrollo más sostenible. Se están estudiando modelos forestales alternativos, destinado a los pequeños productores agropecuarios, para que enfrenten sus necesidades en forma compatible con su identidad cultural y su sistema de vida, con la conservación de los recursos naturales y tratando que las familias de agricultores permanezcan en el campo y así evitar la migración a la ciudad, como elemento central del desarrollo rural, e introduciendo el árbol en su finca bajo un concepto distinto a las plantaciones forestales tradicionales, basado en un nuevo modelo

agroforestal, también llamado sistema de producción agroforestal sustentable.

El modelo agroforestal como ciencia se refiere a: **“Sistemas y tecnologías de uso del suelo y recursos naturales en los cuales las especies leñosas (árboles, arbustos, etc.) se utilizan deliberadamente bajo un sistema de manejo integral con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal”**.

El concepto agroforestal debe reflejar y poner de manifiesto los enfoques, principios y directrices de las personas, organizaciones y entidades que trabajan en agroforestería, en aspectos tan importantes, principalmente para la región tropical del mundo, como son el fortalecimiento de la identidad cultural y los saberes tradicionales, tenencia de la tierra, fortalecimiento de sistemas de producción novedosos acordes con las culturas, estabilidad del sistema de producción, autoabastecimiento y comercialización de diversos bienes materiales, procesos educativos y de investigación, conservación de la biodiversidad nativa silvestre y domesticada, conservación de suelo y agua, impacto tecnológico de las innovaciones en la naturaleza, calidad de vida de las familias y comunidades rurales y urbanas, relaciones de comercialización de productos y servicios, etc.

La mayoría de los técnicos que trabajan con temas relacionados al uso y manejo de los recursos naturales, siempre quieren integrar el componente arbóreo dentro de las fincas. Pero son los productores los que finalmente las que deben tomar la decisión. Aquí es donde tenemos que tener mucho cuidado, porque los agricultores tienen que internalizar esa idea, ya que ellos actúan de acuerdo con su experiencia, haciendo las cosas, lo cual es diferente a la lógica que manejan los técnicos. Por ejemplo, la experiencia de un productor que manejaba su sistema agroforestal en forma empírica; para él es más importante una especie maderable que otro cultivo tradicional, ya que le puede generar mayores ingresos.

El productor a veces deja que en su chacra se produzca la regeneración natural por 10 a 20 años, porque sabe que tiene una reserva importante de recurso en esa parcela y poco a poco puede ir cuidando su sistema de cultivos tradicionales con especies nativas maderables (Yvyra Pyta, Peterevy, Cedro, Lapacho, etc.), sin ayuda de técnicos, modelos, ni espaciamientos fijos. El agricultor se convenció así mismo y probablemente pensando en el futuro de su familia, a fin de tener una mejor vida en el futuro, con este modelo de producción.

Esta forma de establecer un modelo agroforestal bastante sencillo por algunos productores, pueden servir como factor multiplicador a sus vecinos quienes también adoptan en sus fincas manejos similares. Sin embargo, cuando se le presentan proyectos preparados desde el escritorio que son pura teoría, que el campesino no entiende ni conoce, probablemente tendrán resultados poco favorables.

Por lo tanto, para un adecuado proceso de desarrollo de los Sistema Agroforestales en las fincas de los agricultores, se deben buscar primero las comunidades que acepten incorporar estos tipos de sistemas. Posteriormente, se debe estudiar el tipo de productor (población meta). Si los productores tienen suficientes recursos naturales, hay muchas posibilidades de desarrollar diversas alternativas.

En la zona donde se ha consolidado un sistema de producción tradicional, como el Departamento de Paraguarí, se trabaja con pequeños productores de escasos recursos, con el modelo tradicional se presenta muchas dificultades para implementar los Sistemas Agroforestales.

Principalmente, porque los suelos de sus fincas son de muy baja fertilidad, por lo tanto la productividad de los cultivos también es muy baja, que prácticamente no le alcanza para cubrir sus necesidades básicas y la mayoría no poseen título de propiedad. Estos factores hacen que no sean sujetos de créditos y el campesino pierde credibilidad en los nuevos programas que se desea implementar. Además en nuestro país, poco se ha estimulado la utilización de los créditos para reforestar incluyendo los Sistemas Agroforestales.



Foto: Sistema Agroforestal de la Parcela Demostrativa del Proyecto JIRCAS, San Roque González de Santacruz, Paraguarí.

1.3. Importancia de los Sistema Agroforestales

La característica principal de los Sistemas Agroforestales es su capacidad de optimizar la producción de la finca (unidad predial) a través de una explotación diversificada, en que los árboles cumplen un rol fundamental. Este rol se ve reflejado en que los árboles pueden proveer muchos productos tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas entre otras. Por otra parte, los árboles son las que proveen importantes aportes para la conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, barrera viva, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de maleza.

En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre los componentes el cual conduce a mejoras netas en uno o más rango de características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y no-comerciales. Como ciencia, es multidisciplinaria y a menudo involucra, o debe involucrar, la participación de los agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación.

Los sistemas agroforestales están orientados a desarrollar 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 mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos, que finalmente acarrea como consecuencia, el mejoramiento del nivel de vida de la población rural.

Los sistemas agroforestales ofrecen una importante herramienta complementaria, para la conservación de los recursos naturales y deberían tomarse en cuenta en los esfuerzos para una conservación del amplio paisaje, que protege a los fragmentos forestales restantes y promueve el mantenimiento de la cubierta arbórea en las explotaciones agrícolas, tanto en las zonas que rodean a las áreas protegidas, como son los parques nacionales y áreas de amortiguamientos.

Los sistemas agroforestales constituyen modelos de producción sostenible y eficiente para la utilización de la tierra, con el propósito fundamental de diversificar y optimizar la producción, al mismo tiempo de respetar los principios básicos de la sostenibilidad.

Si bien son varias las definiciones de Sistemas Agroforestales, todas ellas se orientan a un manejo integrado y sostenible de todos los recursos productivos que existen en una finca o unidad predial de producción.

1.4. Objetivos de los Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales, orientados a desarrollar actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, incluso donde los recursos naturales se encuentran degradados, mediante una gestión, alterando al mínimo las condiciones naturales, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Los objetivos de un Sistema Agroforestal pueden ser diferentes para cada situación y región del mundo, pero los beneficios logrados con estos objetivos son ampliamente reconocidos, entre las cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Mejor protección y mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Lograr más de un tipo de cosecha o producto para los productores, lo cual les asegura una mayor estabilidad y retornos económicos más sostenidos a mediano y largo plazo.
- Obtener subproductos, tales como leñas, postes, miel y otros, que mejore la calidad de vida de los productores.
- Aumentar la eficiencia biológica del sistema, que ayudará a un incremento de la productividad no solo para un granjero, sino para toda la comunidad o región.
- Evitar la agricultura migratoria, permitiendo mayor arraigo de los productores, con planes de producción a largo plazo.
- Aumentar la fertilidad del suelo, mejorando los niveles de materia orgánica y la fijación de nitrógeno atmosférico con las leguminosas.
- Lograr la conservación del suelo, reduciendo la erosión con una cobertura más permanente del suelo.
- Reciclar los nutrientes provenientes de los cultivos, especies forestales y producción pecuaria.
- Mejorar las condiciones del medio ambiente, respetando el concepto de producción sostenible.

En síntesis, el enfoque del sistema agroforestal es promover la agricultura sostenible, impulsando el cambio en las bases sociales, capaces de generar impactos favorables en el aspecto social, económico y ambiental, mejorando los sistemas productivos y al incremento de ingresos económicos de la población rural.

1.5. Clasificación de los Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales han sido clasificados de diferentes maneras, teniendo en cuenta 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 sociales, económicas y ambientales.

Aquí se presenta una clasificación basada en el tipo de componentes y la asociación (espacial, temporal) que existe entre los componentes. Esta clasificación es descriptiva; al nombrar cada sistema, además de los componentes, se obtiene una idea de su fisonomía y sus principales funciones y objetivos.

Los tres principales componentes de los sistemas agroforestales, constituyen las plantas leñosas perennes (árboles), los cultivos agrícolas y animales (pasturas), hace posible la definición de las tres principales categorías, las cuales se basan en la naturaleza y la presencia de estos componentes, de esta manera se tiene establecida la siguiente clasificación:

- 1) **Sistema de Producción en Agroforestería:** Consisten en alternar los árboles y los cultivos agrícolas de temporada, tanto las anuales como las perennes.
- 2) **Sistema de Producción Silvopastoril:** Consisten en alternar los árboles y los pastizales para sostener la producción ganadera.
- 3) **Sistema agrosilvopastoril:** Consisten en alternar los árboles, los cultivos de temporada y los pastizales para sostener la producción agrícola y la ganadera.

La descripción detallada de cada sistema de producción, serán presentadas en los próximos capítulos de este manual, por lo tanto lo que corresponde en este momento en una interpretación más acabada de la forma como se establecen los sistemas agroforestales. Además es de suma importancia, comprender el significado de un sistema productivo, lo que implica la interacción de varios componentes de manera ordenada para lograr resultado más significativo.

El enfoque de sistemas es una herramienta que permite el estudio de situaciones reales de una manera práctica. Los sistemas físicos en contraste con los sistemas abstractos o conceptuales, son acumulaciones no aleatorias de materia y energía organizadas en espacio y tiempo, que tienen límites, subsistemas y componentes interactivos.

Pero si se integran de manera ordenada y sistemática los componentes de que intervienen en la producción combinada, se establece un nuevo sistema de producción que denominamos sistemas agroforestales, cuya

denominación está en función de los componentes que los conforman y donde se integran todos los factores.

A los efectos de una mejor comprensión se plantea una representación gráfica, para tratar de establecer una comparación entre la producción convencional, que es el sistema que normalmente implementan los productores, es decir es el sistema de producción tradicional, a este sistema pueden incorporar otros reglones de producción, a las que se denomina una producción combinada o asociada, normalmente se utiliza el término de cultivo asociado, cuando se establecen las interacciones entre los diferentes componentes, se establecen los sistemas productivos.

Representación Gráfica de los Sistemas Agroforestales: En el siguiente esquema se trata de ilustrar los diferentes componentes y como se integran para dar origen a cada uno de los sistemas agroforestales:

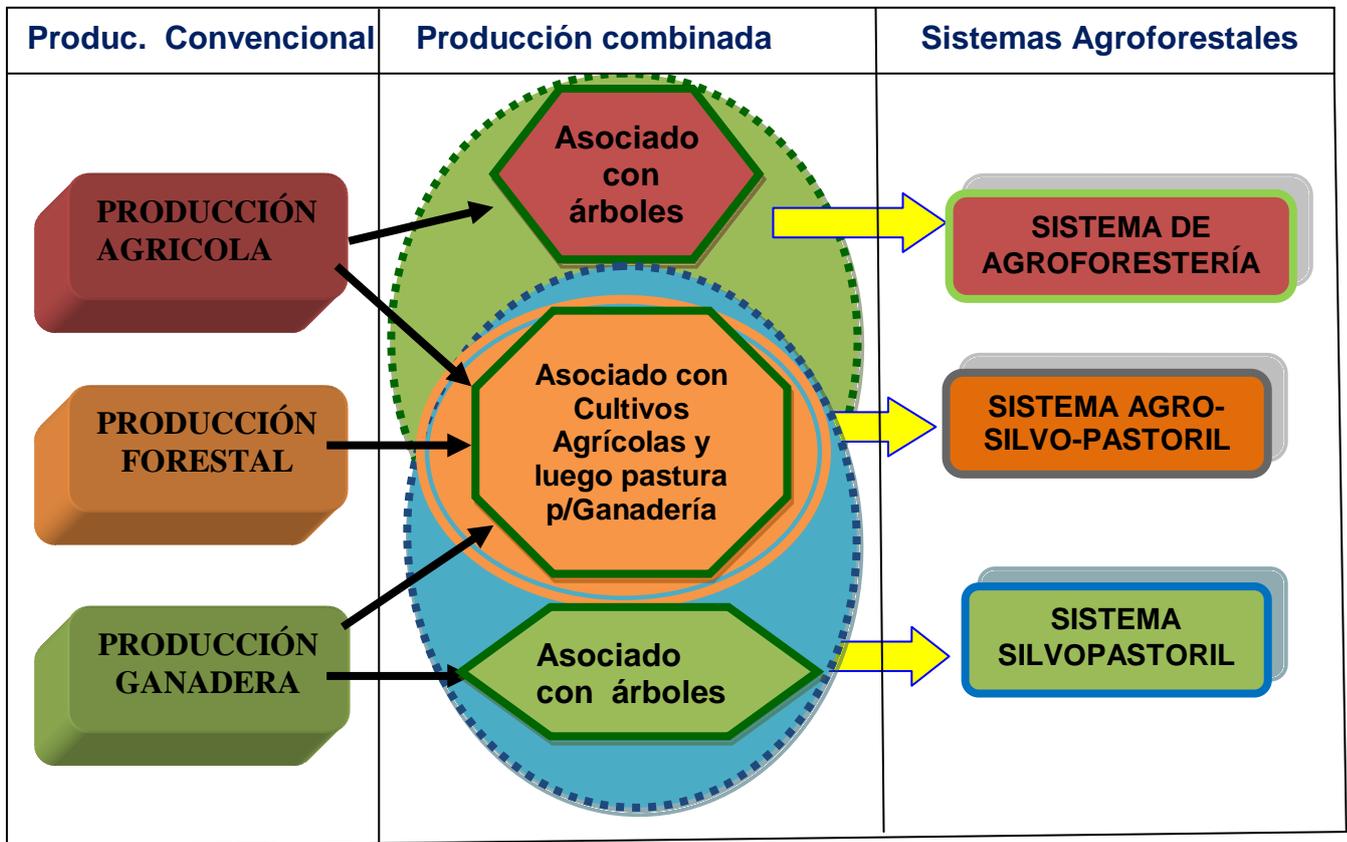


Figura: Para ilustrar el proceso de formación de los Sistemas Agroforestales, elaboración propia, basada en concepto publicado por SAGRAPA de México.

La consideración de estos factores permitirá escoger cual será la especie forestal a utilizar, el tipo de ganado a criar, el cultivo agrícola y pastura a sembrar y el ordenamiento dentro de la finca, otorgando la posibilidad al productor de establecer uno o más sistemas agroforestales de manera apropiada, sostenida y rentable.

La agroforestería como ciencia, involucra tres disciplinas básicas: la silvicultura, la agronomía y la ganadería. La idea es combinar los diferentes componentes para alcanzar un sistema de manejo que toma en cuenta los requerimientos de cada componente, mientras asegura una producción óptima y sostenida.

Se considera como un manejo sostenible de la tierra que incrementa su rendimiento integral, combina la producción de cultivos (anuales o perennes) y plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de superficie. La sostenibilidad de un sistema de producción corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades siempre en aumento de la humanidad sin afectar, y de ser posibles mejorar, el principal recurso de la base productiva (el suelo), del que depende el sistema.

La aplicación de uno o más de estos sistemas agroforestales en las fincas de los productores dependerá de las siguientes condiciones:

- La superficie disponible y ubicación de la parcela en la finca
- Condiciones agroclimáticas favorables para establecer el sistema
- Capacidad y potencialidad productiva de los suelos con medidas establecidas para evitar la erosión.
- Necesidades de alimentación y de recursos económicas del productor y su familia
- Demanda del mercado para producir y vender los productos de renta
- Necesidad de mejoramiento, recuperación y conservación de los hábitats naturales (suelo, agua, aire, plantas, animales, etc.)

1.6. Planificación Integral de la Finca para Sistemas Agroforestales.

La planificación integral de la finca es el primer paso esencial para establecer un sistema agroforestal y consiste en combinar en una misma finca o unidad predial, de acuerdo a la aptitud de uso de la tierra, es decir de acuerdo a su capacidad productiva, para los ámbitos forestal, agrícola y ganadero.

Se debe planificar la utilización del terreno de acuerdo a su potencialidad productivo, estableciendo sistemas forestales, agrícolas o ganaderos en forma individual o combinados en modelos agroforestales, para obtener el mejor resultado y rendimiento en forma sustentable.

Los diferentes recursos productivos que componen este sistema de producción integrado (forestal, agrícola, ganadero, o agroforestal), deben ser establecidos adecuadamente dentro de la finca. Esto implica ubicarlos considerando la topografía del terreno (pendiente y relieve), seleccionar las especies arbóreas o arbustivas, cultivos y tipo de ganado de acuerdo a las

condiciones de clima y suelo de cada localidad y, tomar en cuenta la disponibilidad de agua, la capacidad de uso del suelo y, las necesidades del agricultor y sus intereses comerciales.



Figura: Plan Integral de la Finca de un productor de la localidad de Acahay, realizado en el marco del Proyecto J- Green, Año 2006.

A continuación se señalan algunos aspectos básicos que se debe considerar en el momento realizar la planificación integral de la finca, teniendo en cuenta los posibles usos productivos que pueden tener cada parcela:

- 1) **Para cultivo agrícola:** La parcela para usos de cultivos agrícolas, estará condicionado a suelos con aptitud para producción agrícola o agroforestería, y su elección dependerá de la calidad del suelo y su estado actual, disponibilidad de agua y condiciones climáticas. Es necesario contar además con información (a través de análisis de suelo) del nivel de fertilidad, profundidad y estructura del suelo.
- 2) **Para producción ganadera:** El uso para la ganadería está condicionado por la disponibilidad y calidad de forraje, y por las condiciones climáticas de la zona. Debe analizarse la calidad de la pradera existente, ver la posibilidad de mejoramiento de la pradera natural o implementación de una pradera cultivada con mejores rendimientos, disponibilidad de agua y tipo de ganado. En un manejo silvopastoril, se debe armonizar con una adecuada combinación y manejo del componente forestal.
- 3) **Para plantación forestal:** La parcela a ser destinada a la reforestación, se debe planificar con especies de rápido crecimiento, como Pino y Eucalipto,

Grevillea, etc., que permiten un retorno en el mediano plazo y las especies nativas como Lapacho, Cedro, Peterevy, Yvyra Pyta, son para largo plazo y sirven para diversos productos. Especies nobles como Trébol, Toona, Kiri, y otras, son buenas alternativas, requieren suelos de buena calidad y disponibilidad de agua. En zonas semiáridas y lugares bajo o praderas naturales pueden considerarse diferentes especies de eucalipto. Para implementar un Sistema Agroforestal, se debe elegir correctamente la especie arbórea que se puede combinar con facilidad con la producción ganadera o con el cultivo agrícola.

- 4) **Los bosque nativos:** En muchos predios de los agricultores, existen todavía áreas con bosque nativo, las que pueden otorgar retornos en el mediano y largo plazo, gracias a la diversidad de productos que se pueden obtener de su manejo (madera, leña, ramas, frutos, nueces, flores, hongos, etc.). Además, puede usarse para turismo, protección de suelos y cursos de agua, conservación de la biodiversidad y belleza escénica. Para ello, los bosques deben manejarse con las técnicas silvícolas apropiadas, con una correcta planificación y ordenamiento forestal.
- 5) **La protección de cursos de agua:** Árboles y arbustos son fundamentales en la protección de las riberas, en la estabilidad y calidad de las aguas, y protección de suelos. La vegetación influye en el ciclo del agua, regulando la variación de temperaturas en los cauces, reduciendo su escurrimiento y aumentando su infiltración. Esto permite filtrar sedimentos y compuestos químicos disminuyendo impactos en los cauces, sirve de protección y de hábitat para la fauna en general y mejora las características físicas, químicas y biológicas del agua.

1.7. Beneficios de los Sistemas Agroforestales

La aplicación de Modelos Agroforestales en predios agropecuarios contribuye para la producción sustentable y, como consecuencia, el mejoramiento del nivel de vida de la población rural campesina, a fin de alcanzar los objetivos ecológicos, económicos y sociales.

Los diferentes sistemas de producción agroforestal presentan grandes expectativas entre los agricultores, como una alternativa de uso de la tierra para los diferentes agro-ecosistemas, por los beneficios agregados que generan estos sistemas en lo social, en los servicios ecológicos y en las funciones productivas, como consecuencia del manejo e interacción entre árboles, suelo, pastos y animales.

En lo social, los sistemas agroforestales resaltan la disminución de los riesgos de producción debido a la diversificación de las especies por unidad de superficie; la generación de mayor empleo permanente, la seguridad alimentaria y la disminución de costos unitarios de producción, entre otros.

Mientras que en lo productivo, se destaca la diferenciación productiva en calidad (orgánicos), el aprovechamiento del reciclaje de nutrientes y por tanto la disminución de insumos de origen sintético; manejo del estrés ocasionado por las altas temperaturas para los animales y estrés de sequía en los cultivos por modificación del microclima, producción de madera, leña, forraje, frutos, postes para cercas y control de plagas y enfermedades.

Existen una serie de beneficios adicionales que se generan con el uso de modelos agroforestales, y que van en favor del medioambiente, como son la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales.

Entre los beneficios que ofrece el árbol en el sistema agroforestal se puede mencionar los siguientes:

- **Producción de madera:** Permite mejorar sustancialmente la economía familiar campesina, con los productos que pueden ser destinada para su venta y/o para autoconsumo, como en la construcción de viviendas, muebles, artesanía, etc.
- **Protección del suelo:** Disminuye los efectos erosivos por reducción de la velocidad del viento, disminución del impacto de las gotas de lluvia en el suelo, y estabilidad del terreno mediante las raíces de los árboles, entre otros.
- **Fuente de energía:** La leña y carbón para la cocción de alimentos y calefacción, es un recurso imprescindible en la mayoría de los hogares campesinos paraguayos. Además, es fundamental para los secaderos de Yerba Mate, secaderos de granos y principalmente para las olerías en la fabricación de ladrillos.
- **Recuperación de suelo:** Los árboles mejora el estado nutricional del suelo, además de reciclado de nutrientes gracias a las raíces y la materia orgánica producida por las hojas y ramas, el mejoramiento de la estructura y retención del suelo, etc.
- **Retención de agua:** Producto de la densidad de las copas y de las características específicas de las hojas, y por el aumento de la materia orgánica en el suelo.

A pesar de que existen numerosos beneficios que se obtienen con la implementación de los sistemas agroforestales, sin embargo pueden también presentarse algunas desventajas como las que se presentan a continuación:

- Puede disminuir la producción de los cultivos principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.

- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.

Con relación a los beneficios ambientales, se puede destacar que los sistemas agroforestales no solo contribuyen en los procesos de retención y absorción de dióxido de carbono, sino que también influyen de forma positiva en la dinámica de almacenamiento del metano y el óxido nítrico.

Por ejemplo, aquellos sistemas agrosilvopastoriles con especies forrajeras arbóreas o arbustivas de alto nivel nutritivo, contribuyen a reducir las emisiones de metano provenientes de la fermentación de los rumiantes, en razón a que los animales con consumos de alimentos de bajas propiedades nutritivas liberan proporcionalmente más gas que aquellos con dietas con la misma cantidad de alimento, pero con mayores calidades nutritivas.

En cuanto al Microclima, el aumento en la cobertura arbórea, bajo diferentes arreglos, genera beneficios ambientales que contribuyen a recuperar las características y capacidad productiva de los ecosistemas originales y disminuyen los efectos nocivos del clima sobre el comportamiento animal y rendimiento de los cultivos a través de la creación de microclimas en las áreas de influencia de la cobertura arbórea.

La reducción en la velocidad del viento, por efecto de las barreras rompe vientos, disminuye hasta en 20% la tasa de evapotranspiración en el suelo y la cobertura vegetal, mitigando los efectos del estrés de sequía en los cultivos.

La zona de protección de las barreras vivas cubre una distancia hasta de 30 veces la altura del árbol. La disminución en la tasa de evaporación, permite reducir el efecto del estrés de sequía, en las praderas durante el período seco.

Capítulo 2 – Sistema de Producción en Agroforestería

2.1. Concepto de Sistema de Producción en Agroforestería

Los países en vía de desarrollo como el Paraguay, que trata de lograr la seguridad alimentaria y generar ingresos a través de la expansión agrícola, como ha ocurrido en décadas anteriores, han favorecido la deforestación y la degradación del suelo. El principal desafío para la mayor parte de las poblaciones campesina, es cómo diseñar ambientes agrícolas para resolver el conflicto entre medios de subsistencia y ambiente, y mantener los beneficios que aportan los ecosistemas forestales, como reserva de agua, control de la erosión, conservación de la biodiversidad y rehabilitación de los suelos.

Ecológicamente, los sistemas agrícolas necesitan ser orientados de tal manera que puedan durar mucho más que solo unos pocos años. Los sistemas de producción en agroforestería contribuyen de manera significativa para lograr un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, por lo que es importante considerar los aspectos biológicos de la producción.

Hablando económicamente, la implementación de sistemas de producción como la agroforestería, pueden proveer entradas de muchas fuentes alternativas de ingresos y a la vez proveer materiales y alimentos a ser usados por los agricultores para la subsistencia. Los sistemas productivos con altos niveles de biodiversidad también proveen mejores servicios ecológicos, aumentando las funciones como el control de plagas y la polinización, con altos rendimientos económicos. En resumen, los sistemas agroforestales como la agroforestería es una forma ecológicamente sostenible de desarrollar los cultivos, además proveen fuentes de ingresos y recursos a los agricultores, a la vez de proteger a la biodiversidad.

La agroforestería se puede considerar como una inter-disciplina, también una tradición e innovación productiva y de conservación de la naturaleza, desarrollada por culturas agroforestales en tierras tropicales, donde existen formas de manejo y aprovechamiento de sistemas agroforestales en las fincas para obtener una producción duradera, con predominio y desarrollo de conocimientos tradicionales y novedosos, fortalecimiento de la identidad cultural, interacciones ecológicas del sistema, diversificación del paisaje, aprovechamiento adecuado de recursos naturales, privilegio del trabajo humano, uso de tecnologías de bajo impacto ambiental y relaciones sociales y económicas de bienestar.

La agroforestería debería ser un componente clave del enfoque, donde la integración de los árboles a los ambientes agrícolas a escala masiva crearía un sumidero de carbono eficaz, a la vez aseguraría una producción sostenible de alimentos, y así mismo ayudaría a adaptar el cambio climático en otras formas.

La agroforestería involucra una re-conceptualización de las prácticas productivas, una manera de gestionar los sistemas de producción, que en lugar de maximizar una salida única y privilegiar un estilo de producción homogéneo como el monocultivo, se busca la diversificación productiva e integrada, con resultados a corto, mediano y largo plazo.

2.2. Características del Sistema de Producción en Agroforestería

La característica principal de la agroforestería es su capacidad de optimizar el uso de todos los espacios en el predio, a través de una explotación ordenada, permitiendo el flujo de productos y recursos de manera sostenible. Un Sistema de Producción en Agroforestería, está conformado por varios elementos o componentes que interactúan entre sí, con la intervención de otros factores propios de cada ecosistema, manteniendo una cierta estabilidad y balance entre sí, conocido como equilibrio natural.

La complejidad y dinamismo de este sistema agroforestal, genera un alto flujo de productos y recursos para beneficio del hombre y el medio ambiente, ayudando a superar los principales problemas identificados en la agricultura convencional, tales como: monocultivo, baja fertilidad, erosión, malezas, plagas y enfermedades.

En la agroforestería se utiliza varios estratos, aprovechando mejor todos los espacios y aumentando la eficiencia biológica del sistema. Los beneficios de un sistema agroforestal son diversos, dependiendo de cada situación y de cada ubicación en particular, los principales son:

- El uso sostenible del suelo
- Las cosechas variadas y en diversas épocas.
- Garantía de una mayor estabilidad social y económica.
- Los retornos son en el corto, mediano y largo plazo.

La agroforestería no es una creación de los técnicos, sino una práctica desarrollada por los mismos productores. Los agricultores testigos del agotamiento de las especies forestales comerciales, del deterioro de la fertilidad de los suelos, desaparición o disminución de la fauna para la caza y paulatina escasez de leña, se han visto obligados a buscar alternativas para disminuir las consecuencias de la deforestación. Por esta razón muchos productores, dejan algunas parcelas de sus fincas para la regeneración natural de las especies forestales nativas.

Esto ha determinado el establecimiento de formas primarias de sistemas agroforestales como huertos de frutales nativos y naturalizados, cercos vivos, árboles aislados y bosquecillos en potreros, de tal forma de armonizar con la conservación de los suelos y recursos forestales.

La presencia de árboles provee a los sistemas agroforestales algunas características que favorecen a la productividad y la sostenibilidad, logrando efectos sobre el ciclo de nutrientes, estratificación en el uso de recursos, efectos sobre el microclima, influencia sobre el control de erosión y sobre las poblaciones de plagas entre otros.



Foto: Finca de un productor con un sistema sencillo de producción en agroforestería, en la localidad de Acahay, Departamento de Paraguari.

2.3. Procedimientos para establecer un Sistema en Agroforestería

Existen varias formas de ordenar los componentes de una producción en sistema de agroforestería, a fin de combinar de manera eficiente las especies forestales con los cultivos agrícolas dentro del predio, siendo las más comunes los árboles en fajas o cultivos intercalados entre los árboles. Se recomienda diseñar el sistema de acuerdo a las características del terreno y las condiciones climáticas del lugar. Además se debe realizar un manejo adecuado de los árboles, con raleo y podas frecuentes, para así obtener madera de buena calidad y permitir un buen desarrollo de los cultivos durante los primeros años de la plantación forestal.

Es importante señalar que, mientras más densa es el componente forestal menos tiempo podremos mantener una producción agrícola entre los árboles, principalmente por falta de luz y espacio; por ello es necesario manejar (podar y raleo) adecuadamente los árboles. La densidad inicial de plantación en estos sistemas puede variar entre 500 a 900 árboles por ha, con una densidad final estimada de 200 a 250 árboles por ha, dependiendo de la especie forestal que se utiliza.

La combinación de los árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas en la misma finca, estableciendo los cultivos agrícolas en fajas entre las hileras de árboles se le denomina también cultivo en callejones, generalmente esta práctica se utiliza como una alternativa, para el uso de los espacios de terreno que quedan entre las hileras de los árboles, durante los primeros años del establecimiento de la plantación forestal, durante el otoño-invierno como en primavera-verano.

Para establecer un sistema de producción en agroforestería es importante considerar algunos puntos como las que se señalan a continuación:

- **Diseño y Densidad:** Los espacios entre los árboles deben ser amplios para establecer cómodamente los cultivos, pudiendo variar por ejemplo entre 3 a 15 metros, dependiendo de la especie forestal y de los cultivos agrícolas a sembrar. Existen variadas formas de ordenar los componentes del sistema, que son los árboles y los cultivos agrícolas dentro del predio, siendo la más utilizada la combinación de cultivo agrícola o frutal intercalado entre los árboles.

La densidad inicial de plantación de los árboles puede variar entre 280 a 1.100 árboles por ha, con una densidad final estimada de 150-250 árboles por ha, dependiendo de la especie forestal a utilizar, manejados con podas y raleo para obtener productos maderables de alta calidad.



Foto: Agroforestería con *Grevillea robusta*, densidad de 5 m e/hileras y 4 m e/plantas (500 plantas/ha). Proyecto JIRCAS, San Roque González.

- **Especies Forestales:** Las especies de árboles más usados en nuestro país para este tipo de sistema podemos mencionar entre las exóticas el Paraíso gigante, Grevillea robusta, Oveña, Toona, etc. y entre las especies nativas se puede mencionar el Yvyra Pyta, Peterevy, Cedro, Yvyra Yu, etc.
- **Cultivos Agrícolas:** En el sistema de agroforestería se pueden plantar los diferentes cultivos tradicionales como Maíz, Poroto, Mandioca, Arveja, Maní, Tártago, etc. Aprovechando la media sombra se puede mejorar la producción de los frutales como Piña, Banana, Melón, Sandía, etc., también estas parcelas se pueden destinar para la producción de hortalizas.
- **Manejo del sistema:** Con un buen manejo y los cuidados necesarios, de estos sistemas se pueden obtener productos maderables de alta calidad a largo plazo, mientras se obtienen ingresos a corto plazo derivado de los cultivos agrícolas como hortalizas en general, legumbres y otros productos no maderables como frutas, miel de abeja, etc.
- **Productos:** El sistema de producción en agroforestería debe estar diseñado para obtener un ingreso a corto plazo derivado de la agricultura. Las plantaciones forestales para la producción de madera de mayor valor que las tradicionalmente utilizadas, además los árboles se benefician de los cuidados que se realiza al cultivo agrícola.



Foto: Agroforestería con especie nativa (Yvyra Pyta), Proyecto JIRCAS, San Roque González, Dpto. de Paraguari.

2.4. Características de las especies para el arreglo agroforestal

Como iniciativa, para que el sistema de producción en agroforestería pueda ser replicable, no debe ser abordada bajo el enfoque del desarrollo de una receta o conjunto de normas o procedimientos, sino por el contrario, debe partir de la necesidad de valorar las condiciones locales, la conciencia ambiental, las limitaciones socioeconómicas y la planificación integral de la finca, como elementos determinantes para la selección de las especies y las técnicas a ser adoptadas.

Los sistemas agroforestales que se proponen debe responder a las necesidades y las que tienen mayor aceptación por parte de los agricultores, por lo tanto el arreglo para establecer el sistema debe incluir los cultivos agrícolas y la especies forestales de mayor interés por parte de los productores.



Foto: Agroforestería con cultivo de Banana y *Grevillea robusta*, con curvas de nivel y abono verde, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

La asociación específica de componentes agroforestales con disposiciones detalladas de especies, acomodo en el espacio temporal y manejo agroforestal particular, debe responder a una tecnología agroforestal local. Cada tecnología agroforestal incluye distintas prácticas agroforestales, por ejemplo, el huerto familiar es una tecnología agroforestal con arreglo y manejo específico que configura una particularidad agroforestal de una región. Se debe optimizar y racionalizar todos los elementos que

conforman el sistema establecido entre los árboles asociados con los cultivos agrícolas.

Características de los cultivos agrícolas para la agroforestería:

- Desarrollo moderado del cultivo durante el primer año, que después de establecida la especie forestal, tales como: maní, poroto, mandioca, canavalia, lupino.
- Los cultivos no deben ser especies trepadoras, mientras la especie forestal este aún pequeña, como poroto gigante (Kumanda guazú), poroto manteca trepadora, mucuna ceniza, etc.
- En los suelos pobres, preferentemente deben cultivarse las leguminosas como poroto, arveja, lupino, canavalia, por que son fijadoras del nitrógeno atmosférico.
- Se debe cultivar los rubros tradicionales, bien conocido y de fácil manejo por los agricultores.
- Con preferencia debe ser los cultivos que más contribuyen con la seguridad alimentaria y el ingreso económico de la familia.
- Se debe evitar los cultivos hospederos de plagas y enfermedades, que eventualmente pueden atacar también a las especies forestales.

Características de las especies forestales para asociar con cultivos:

- En lo posible se deben establecer especies forestales exóticas de rápido crecimiento y cuya madera son de alto valor económico, como el Paraíso Gigante, Grevillea, Toona, Ovidia, etc.
- Cuando se establecen sistema de agroforestería con especies arbóreas nativas, deben ser la que mejor se desarrollan en la zona y conocidas por los productores, como Yvyra Pyta, Peterevy, Cedro, Yvyra Yu.
- No establecer el sistema con especies que no permiten una buena asociación con los cultivos como: Lapacho, Curupay kuru, etc., tampoco las especies de poca altura y que rápidamente cierran las copas, o las especies muy frondosas como el Inga, Timbo, etc.
- El tronco del árbol bien formado, aún plantando en espacios amplios y en lo posible fácil de podar o que tenga derrame natural.

En algunas situaciones particulares, los cultivos perennes se asocian con los árboles, como el caso del cultivo de Café, la Yerba Mate, etc. que son cultivos que necesitan alrededor de 25 % de sombra para poder lograr un mejor desarrollo y productividad. Entre las especies forestales que mejor se adaptan al sistema de agroforestería, se puede considerar, la Grevillea, el Cedro, Yvyra Pyta, Peterevy Toona, Leucaena, entre otros.



Foto: Sistema de producción con Agroforestería y recuperación de suelo con abono verde de invierno, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

2.5. Beneficios que brinda el Sistema de producción en Agroforestería.

El sistema de producción en Agroforestería es una nueva alternativa de producción dentro de la finca, donde los productores se sienten incentivados a desarrollar este sistema mixto de producción, por brindarles numerosos beneficios como ya se ha mencionado anteriormente y que pueden resumir de las siguientes maneras.

1) Beneficios económico:

- En el corto plazo, aumento de los productos agrícolas con la diversificación de la producción, que permite lograr la seguridad alimentaria y mayor ingreso con los rubros de renta.
- Obtención de ingresos a mediano plazo, con productos madereros y no madereros a través de podas (leña), raleo (poste), y mejor producción cultivos perenes o semi-perennes como piña, banana, yerba mate.
- Obtención de ingresos a largo plazo con la producción de la madera de buena calidad y alto valor económico, de los bosques manejados, obteniendo maderas finas, blandas y duras para el desarrollo industrial (madera para carpintería, laminados, construcciones etc.).

- Obtención de productos forestales no madereros como: miel de abeja, forraje, frutas nativas, productos medicinales, etc.
- Desarrollo de la capacidad gerencial de los productores que apunten a la conducción y administración de sus propias fincas bajo el nuevo enfoque agroforestal y la planificación integral.
- Valorización de la finca a largo plazo, por el establecimiento de especies forestales de gran valor comercial.

2) Beneficios para la recuperación y conservación de suelo:

- Proceso de recuperación y conservación de los terrenos degradados a través del manejo y control de la erosión y la mejora de las propiedades físicas del suelo.
- Recuperación de la fertilidad del suelo, aumentando el contenido de materia orgánica, mediante la descomposición e incorporación de hojarasca y restos de ramas y raíces.
- Aporte de nitrógeno al suelo, a través de la fijación biológica por las leguminosas arbóreas y arbustivas, como Yvyra Pyta, Leucaena, Kumanda yvyra-i, etc.
- Facilita la diversificación productiva y sostenible, tan anhelada para las fincas campesinas, planificando un sistema de producción a corto, mediano y largo plazo.

3) Beneficios para el desarrollo sostenible:

- La incorporación de los recursos genéticos silvestres y mejorados al desarrollo rural, basada en las plantaciones de especies forestales nativas y exóticas.
- Revalorización de la tecnología local o tradicional, y la adecuación de las tecnologías desarrolladas en realidades similares a la finca campesina.
- El fomento del espíritu de autogestión, para lograr su propio desarrollo de los productores agroforestales, tomando como fundamento la organización de base y la pequeña empresa familiar campesina.
- Mayor arraigo de los productores a su finca, con la incorporación de especies forestales y frutales que permite la producción a mediano y largo plazo.

4) Beneficios ambientales y sociales:

- Paisaje estéticamente más agradable, aumento de la vida silvestre y fomento del ecoturismo.

- Protección y recuperación de las cuencas hídricas, facilitando los planes de desarrollo de micros cuencas.
- Aporte de sombra a los cultivos que necesitan cierta protección contra el excesivo calor y las heladas como el café y la yerba mate.
- Favorece la implementación de un sistema educativo que impulsa una producción sostenida, en armonía con el manejo y la conservación de los recursos naturales.

Las acciones que impulsan los sistemas de producción en agroforestería, deben ser permanentes y se deben expandir especialmente en las zonas de amortiguamiento, cercanas a las áreas protegidas. Los agricultores necesitan incentivos económicos para implementar la agroforestería. La creación de sistemas agroforestales por medio de la restauración de hábitats agrícolas degradados, es una forma de evitar el problema de la conversión de los bosques y a la vez mantener y promover la recuperación de la biodiversidad.



Foto: Agroforestería establecida con especies forestales nativas, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

Capítulo 3 – Sistema de Producción Silvopastoril

3.1 Antecedentes

Las presiones económicas y sociales para intensificar la producción agropecuaria, con el propósito de obtener ganancias inmediatas, trae como consecuencia el manejo inadecuado de los recursos naturales, generando una mayor demanda por el uso de los mismos. Esta situación ocasiona la degradación del suelo y la disminución de la capacidad productiva, originada por la deforestación y el uso inapropiado de los recursos. Además con el incremento de los precios de ciertos productos agropecuarios en el mercado internacional, como por ejemplo la carne, estimulan la apertura de nuevas fronteras, a menudo no aptas, para la producción de estos bienes.

La producción ganadera que se ha desarrollado en las nuevas zonas de nuestro país, ha surgido después de la tala y quema de los bosques, teniendo como resultando un ecosistema con escasa cobertura arbórea, con suelos desprotegidos y a menudo carentes de diversidad, al privilegiarse únicamente las pasturas. Esto ha permitido, que las áreas de pastoreo se vuelvan especialmente susceptibles a procesos erosivos, más aún cuando se encuentran en zonas frágiles como los suelos arenosos. Al mismo tiempo, la producción ganadera en forma convencional, implica generalmente una alta dependencia de insumos externos, incrementando los costos de producción y ocasionando muchas veces graves problemas ambientales.

En los últimos años, en muchas regiones del mundo se adoptan sistemas productivos que buscan combinar las altas producciones con la sustentabilidad de los ecosistemas. Estas premisas, adquieren aún mayor relevancia en aquellas zonas con problemas de degradación ambiental, como consecuencia de prácticas agropecuarias irracionales, que van inexorablemente acompañadas de disminución progresiva de rendimientos y rentabilidad.

En este sentido, en la búsqueda de sistemas de producción ganaderos más sustentables tanto ecológica como económicamente, ha surgido el sistema de producción silvopastoril, que además de ser socialmente aceptables y que se puede adoptar fácilmente, constituye una excelente alternativa a corto, mediano y largo plazo, para cumplir con los criterios socioeconómicos de la producción sostenible.

Si consideramos que existen grandes áreas de nuestro territorio con elevada potencialidad para la producción ganadera y al mismo tiempo, estas áreas son lugares que presentan aptitudes muy favorables para la producción forestal, normalmente surge el planteamiento de obtener mayor aprovechamiento del potencial productivo, la cual debe ser formulada de

una manera sostenible, y una de las alternativas más viable es a través del establecimiento del Sistema de Producción Silvopastoril.

3.2 Que es un Sistema de Producción Silvopastoril

El Sistema de Producción Silvopastoril se encuentra dentro de los denominados sistemas agroforestales, cuya definición indica que es un manejo de suelos sostenible, el cual incrementa el potencial del mismo, combinando la producción de animales y árboles forestales en forma simultánea o secuenciada en el tiempo, sobre la misma parcela de tierra, donde se aplican las prácticas de manejo sostenible y rentable.

La mayoría de los autores consideran al respecto, que en la asociación deliberada de plantas leñosas como los árboles con la pasturas y los animales debe haber una interacción ecológica y económica positiva. Este sistema productivo posee dos componentes primarios:

- 1) **Arbóreo** (por eso “silvo” que significa bosque, independientemente de cómo se haya generado).
- 2) **Herbáceo o forrajero** que es la base de sustentación (por ello “pastoril”) de la producción secundaria en la finca que es la ganadera.

El sistema silvopastoril, es el que permite que todos los componentes de la unidad productiva (árboles forestales, pasturas y animales de producción), se ubiquen bajo un esquema de manejo racional e integral, que tienda a mejorar a mediano o largo plazo, la productividad, la sustentabilidad y la rentabilidad de la explotación; todo ello teniendo en cuenta, las diferentes condiciones y tiempos de producción de los diversos componentes.

El manejo de un sistema silvopastoril, implica conocimientos técnicos y requiere de la combinación de numerosas variables que afectan a cada uno de los componentes, sin olvidar el adecuado manejo de los recursos como el suelo y el agua. Se producen así una serie de interacciones, que condicionan la productividad de cada componente y del conjunto del sistema.

En la producción silvopastoril, con la asociación árbol-pasto, bajo el enfoque de un sistema productivo sustentable, presenta interacciones positivas que se mencionan a continuación:

- Los árboles en especial las Leguminosas aportan Nitrógeno (N) al suelo, que mejora el desarrollo de las pasturas.
- Los árboles bombean nutrientes desde los horizontes más profundos del suelo, facilitando la disponibilidad de estos a nivel superficial, para ser asimilados por los pastos.

- El efecto de sombreado de los árboles, reduce la posibilidad de germinación de semillas de leñosas arbustivas, que son gran competencia por espacio, luz y nutrientes, de las pasturas.



Foto: Sistema de Producción Silvopastoril con excelente resultado, Colonia Fram, Departamento de Itapúa, Año 2009.

3.3 Importancia del Sistema de Producción Silvopastoril.

La implementación de sistemas silvopastoriles, es una alternativa viable que permite mejorar la calidad de los suelos mediante la asociaciones de pastos, arbustos y árboles que contribuyen a la recuperación de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, creando un microclima favorable para la explotación de gramíneas y leguminosas; esto se reflejará en un mejor aporte de alimento de buena calidad, especialmente durante las épocas de sequía, mejorando la productividad del sistema ganadero en el marco de la relación suelo – planta – animal – ambiente.

Los sistemas silvopastoriles ofrecen servicios ambientales como la recuperación y mejoramiento de suelos, los ciclos locales de agua y nutrientes, donde se destacan la fijación del nitrógeno, la movilización del fósforo, el mantenimiento, conservación, recuperación de la diversidad

biológica y captura de CO₂, que se considera una contribución a fenómenos globales de interés internacional. Además de los beneficios ambientales, favorecen la economía y generan oportunidades para mejorar las relaciones sociales de producción y de desarrollo rural, ya que elevan las respuestas productivas y reproductivas de las explotaciones ganaderas.

La interacción de las micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno contribuyen a restituir el equilibrio biológico del suelo, tiene efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las especies, mejora la nutrición de la planta y reduce el uso de fertilizantes de síntesis química de elevado costo, razón por la cual los biofertilizantes constituyen en herramienta de sostenibilidad dentro de los sistemas silvopastoriles.

Los sistemas silvopastoriles, constituye una alternativa adecuada para aumentar y mantener la producción a largo plazo, de acuerdo al estado de los terrenos, porque pueden contribuir a mejorar la utilización de los recursos naturales, debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que pueden cumplir. Desde el punto de vista biológico, la presencia de árboles favorecen los sistemas de producción en aspectos tales como el mantenimiento del ciclo de nutrientes y el aumento en la diversidad de especies.

El ciclo de nutrientes entre la vegetación y el suelo contribuye a mantener la productividad, al aumentar el número de especies que pueden coexistir con diversos requerimientos nutricionales, las especies que exploran diferentes estratos del suelo (especialmente en zonas secas), lo que permite un mayor uso de los recursos disponibles. Además, debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas con diferentes requerimientos de luz; así mismo, los árboles protegen al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan a las zonas tropicales húmedas.

Cuando se implementa un sistema de producción silvopastoril se tienen numerosas ventajas tales como:

- El suelo está más protegido y se mantiene la humedad, lo que produce forraje verde durante más tiempo.
- El ganado está mejor protegido de las inclemencias del tiempo y, mejoran las pariciones y aumenta la producción de carne y/o leche.
- Con la incorporación permanente de estiércol de los animales, se estimula el crecimiento de los árboles.
- Con un buen manejo del sistema silvopastoril, se puede reducir los costos de poda y raleo de los árboles.
- Con el pastoreo permanente quedan pocos residuos para la combustión, por lo tanto disminuyen los riesgos de incendios.

- El sistema de plantación árbol – pasto bien manejado dentro de la finca, tiene la apariencia de un parque y abre la posibilidad de uso recreativo.
- Estableciendo un sistema silvopastoril, se tiene la garantía de tener un ingreso adicional en el futuro.



Foto: Sistema Silvopastoril en suelo de pradera con *Eucalyptus camaldulensis*, Parcela Demostrativa Proyecto JIRCAS, San Roque González, Paraguarí.

Muchas veces se ha realizado intentos de desarrollar sistemas silvopastoriles, pero muy pocos prosperaron o no fueron viables por distintas razones, principalmente por el “modelo productivo de monocultivo” no pudo imponerse. Sin embargo actualmente está comenzando a difundirse con mayor rapidez, copiando de alguna manera los sistemas establecidos en la Provincia de Misiones, Argentina y principalmente ya se cuentan con mayor asesoramiento técnico.

En la pequeña finca campesina, el sistema silvopastoril puede constituirse en un importante modelo productivo, que permite mejorar la producción y el ingreso de la familia, en el marco del desarrollo sostenible.

3.4 Forma de establecimiento del bosque con la pastura

Para establecer un sistema de producción silvopastoril se debe contar con los conocimientos básicos para la producción pecuaria, como así también para la producción forestal, mirando hacia el futuro; los sistemas de producción ganadero, se enmarquen dentro del proceso de desarrollo sustentable. Este desarrollo se logrará satisfaciendo las necesidades de la presente generación, al mismo tiempo las futuras generaciones podrán satisfacer sus propias necesidades.

Con el enfoque de desarrollo sostenible, el establecimiento de un sistema de producción silvopastoril, permite mejorar la conservación de la tierra, el agua y los recursos genéticos del reino animal y vegetal, disminuyendo la degradación del medio ambiente, además técnicamente es un modelo apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable. Pero para el efecto, es de suma importancia adquirir los conocimientos básicos, que permita a técnicos y productores, conocer y diseñar algunas alternativas silvopastoriles congruentes con un manejo sostenible.

Se debe tratar de disminuir los efectos adversos que normalmente se generan a partir de una inadecuada planificación de los sistemas de producción, como ocurre con la explotación agrícola tradicional. Por lo tanto, se debe planificar la producción preservando los recursos naturales que constituyen el soporte de la base productiva, como el agua, el suelo y la vegetación.

Al mismo tiempo, se debe considerar que el principal objetivo de los productores es obtener los mayores beneficios, por lo tanto, siempre estarán buscando la posibilidad de incrementar sus ingresos y/o disminuir los costos de producción.

Cabe mencionar algunas consideraciones generales, que se deben tener en cuenta para establecer un Sistema de Producción Silvopastoril:

- Selección apropiada de las especies forrajeras para los pastizales, los árboles para la madera y las razas de ganados, que deben tener una adecuada complementación en el sistema productivo silvopastoril. La mayoría de las combinaciones de las diferentes especies que se han utilizadas hasta ahora, en su mayor parte ha sido producto del azar.
- Utilización de un espaciamiento adecuado, que tome en consideración las diferencias de sitio que existen dentro de un mismo pastizal; varias áreas pequeñas de reforestación pura en potreros, pueden ser más efectivas que combinaciones sumamente variadas en grandes áreas.
- El uso de las tierras implementando el sistema bosque-pastizal, debería realizarse con el fin de garantizar la explotación más práctica a largo plazo, del potencial productivo de los pastizales marginales.

Para el establecimiento de un sistema de producción silvopastoril, se debe buscar el modelo acorde a los recursos productivos disponibles y a la capacidad técnica y económica del productor. Por lo tanto se debe planificar y diseñar el sistema de manera congruente a la situación y proyectar un adecuado manejo para lograr buen resultado.

A través del tiempo han surgido varios tipos de sistemas silvopastoriles, que a continuación se describen las más habituales:

- 1) **Sistema de pastoreo en bosques naturales:** Estos son los sistemas silvopastoriles más antiguos y se han practicado desde hace mucho tiempo en Europa y en América desde la época de la colonia. Por otro lado, el pastoreo en las tierras con bosques ha contribuido en forma notable a la producción bovina y ovina en numerosos países. Es un sistema bastante tradicional y con poca planificación e inversión.
- 2) **Sistema silvopastoril en plantaciones forestales comerciales:** De manera creciente se está considerando la integración de un componente ganadero en las plantaciones forestales de gran valor comercial por dos motivos: (1) para proporcionar ingresos durante el tiempo en que los árboles crecen; y (2) para la reducción de riesgos de incendios forestales, manteniendo corta la pastura. Este sistema es más utilizado por los medianos y grandes productores, por que requieren de mayor inversión y buena planificación para el establecimiento del sistema y el manejo.
- 3) **Sistema Silvopastoril en suelo de pradera:** Existe un potencial enorme de producción ganadera, basada en los recursos forrajeros que crecen en las plantaciones forestales establecido en praderas de campos naturales. Las plantaciones de especies forestales exóticas de rápido crecimiento como el eucalipto camaldulensis, es una práctica que esta aumentando principalmente en el suelo bajo de campos naturales. También se pueden mejorar la pastura, incorporando nuevas especies de mayor rendimiento que las especies nativas.
- 4) **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 como la Leucaena) 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 existen varios estratos de plantas en los 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 la zona tropical.
- 5) **Pastoreo en plantaciones de frutales:** En algunas zonas es tradicional el pastoreo en las plantaciones de los frutales, especialmente para control de las malezas y reducir el peligro de incendios. En las zonas tropicales el mayor interés ha sido la integración de caballos y ovinos en los huertos de

cítricos, ya que controlan los agresivos pastos tropicales, sin dañar los troncos o el follaje de los frutales.

- 6) **Sistemas integrados mixtos o multipropósito:** 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. Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta de bovinos basada en residuo de cosecha; la dieta basada en algún producto rico en energía de las dietas de pequeños rumiantes.
- 7) **Sistemas especializados para la producción intensiva:** Estos sistemas de basan en la producción intensiva de forrajes de alto valor nutritivo en combinación con leguminosas para reducir los aportes externos de abonos o fertilizantes nitrogenados. Estos forrajes de alta calidad pueden reemplazar completamente los concentrados a base de cereales y tortas de oleaginosas, sin la reducción de la calidad ni la cantidad de leche, y por tanto permiten niveles muy altos de intensificación sin la dependencia de insumos externos.

3.5 Establecimiento de especies forrajeras en el Sistema Silvopastoril.

Para lograr una buena combinación entre la producción de pasturas y el desarrollo de los árboles, es importante realizar una adecuada planificación, que permita establecer y manejar el sistema silvopastoril, tanto para la producción forestal como la ganadera, a fin de obtener los mejores resultados. Las combinaciones de árboles y/o arbustos con pastos y animales se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diferentes opciones del sistema de producción de pastura, entre los cuales se puede mencionar las siguientes opciones:

- 1) El sistema silvopastoril se puede empezar con una elevada plantación de especies forestales, entre 1.100 a 1.600 árboles / ha. y luego realizar el raleo en varias oportunidades (dos a tres veces) hasta disponer de la cantidad ideal de árboles por superficie, que permite un buen desarrollo de la pastura.
- 2) Comenzar el sistema silvopastoril con una baja densidad de árboles, plantando alrededor de 400 a 500 árboles / ha. en la que se puede ya establecer la pastura sin inconveniente, después de varios años se puede realizar el raleo dejando entre 200 a 250 árboles / ha. que quedan para el corte final.
- 3) Realizar las plantaciones de los árboles, formando varios bosques aislados, con una buena densidad, en los espacios que quedan se establece la pastura, que se desarrolla normalmente.
- 4) Establecer la producción silvopastoril utilizando especies de rápido crecimiento, como la Grevillea, Eucalipto, estableciendo la pastura

durante el primer y segundo año, de esta manera los animales puedan ingresar al potrero lo más pronto posible (a los dos a tres años).

Para un buen manejo de la pastura, una vez que ingresen los animales, conviene separar en potreros y realizar las rotaciones de manera ordenada y sistemática a fin de permitir la buena recuperación de la pastura. La utilización del alambrado eléctrico es muy práctica y puede resultar más económico para realizar la separación de potreros.

Entre la especies forrajeras utilizada para el sistema silvopastoril, se destaca la utilización del pasto Jesuita Gigante (*Axonopus catarinensis* Valls), de reciente descubrimiento presenta características que lo hacen promisorio para la región. Esta especie fue descubierta en 1986 por técnicos de EPAGRI (Brasil). La misma se originó del cruzamiento natural entre el Pasto Misionero (*Axonopus jesuiticus*) y el Pasto Chato (*A. scoparius*) en el Alto Valle de Itajaí (Brasil). En la Estación Experimental Agropecuario de Cerro Azul del INTA, en Misiones, Argentina, fue introducida en 1996, evaluando el comportamiento de este pasto en jardines de introducción y en ensayos agronómicos.

Actualmente se la está multiplicando con vistas a futuros estudios y difusión a los productores. En la Parcela Demostrativa del Proyecto JIRCAS, en San Roque González, se ha observado buen desarrollo y se está multiplicando y distribuyendo a los pequeños productores que participan del Proyecto MDL con reforestación

Descripción del pasto Jesuita Gigante (*Axonopus catarinensis*)

- ♣ Gramínea perenne de verano
- ♣ Hábito de crecimiento estolonífero
- ♣ No produce semillas viables
- ♣ Alta resistencia al frío
- ♣ Alta resistencia al pisoteo animal
- ♣ Alta palatabilidad
- ♣ Alta tolerancia a la sombra
- ♣ Buena capacidad de competencia con malezas una vez implantada
- ♣ Buena tolerancia al exceso de humedad del suelo
- ♣ Producción de Materia Seca en Misiones Argentina, hasta 17 t/ha.
- ♣ Contenido en proteínas: 13 %
- ♣ Digestibilidad de la materia seca: 65%

La multiplicación se realiza por mudas, a través de matas o estolones durante todo el año, preferentemente en primavera. Para la implantación se considera adecuado un espaciamiento de 1 a 3 m entre líneas y 1 m entre las plantas. Durante su período de establecimiento, la pastura se puede asociar con cultivos o directamente en parcelas recién reforestadas.

El periodo de implantación varía de seis a diez meses, dependiendo de la época del año, condiciones ambientales, fertilidad del suelo, espaciamiento de plantación y nivel de control de malezas.



Foto: Excelente desarrollo del pasto Jesuita Gigante, Parcela Demostrativa del Proyecto JIRCAS, San Roque González, Paraguari.

Los resultados preliminares obtenidos por el INTA Cerro Azul en Misiones, Argentina, revelan que el Jesuita Gigante se adapta tanto a sistemas ganaderos como foresto ganaderos debido a que presenta mayor tolerancia a la sombra que otras especies como Brizanta, Elefante Enano y Colonial.

Los resultados parciales obtenidos por EPAGRI (Brasil), revelan que el rendimiento animal en pastoreo sobre Jesuita Gigante con altos niveles de fertilización es excelente. Animales mejorado con cruzamiento, con un peso inicial de 161 kg fueron colocados en pastoreo con carga variable (4,3 a 5,4 animales por ha).

La evaluación del rendimiento animal utilizando el Jesuita Gigante, realizada el pesaje de los animales a los 12 meses de pastoreo, reveló un peso medio final de 435 kg, lo que representa una ganancia diaria de peso de 750 gramos por animal.

3.6 Beneficios que ofrece el Sistema de Producción Silvopastoril

La introducción de árboles y arbustos en los potreros tiene múltiples beneficios para los animales, entre los que se pueden mencionar:

1) Ventajas con relación a las temperaturas extremas

- La temperatura bajo los árboles en condiciones tropicales es de 2 a 3 °C por debajo de la de zonas abiertas, y en ocasiones puede ser hasta casi 10 °C menos. Esta reducción en la temperatura favorece la eliminación de calor por evaporación y reduce la carga calórica de los animales, con lo que se incrementa la productividad animal.
- La sombra también tiene implicaciones directas sobre el comportamiento, la reproducción y la sobrevivencia de los animales.
- El ganado por lo general pasa mayor tiempo pastoreando y realizando la rumia, por lo tanto si dispone de una sombra, logra un mayor consumo y mejor aprovechamiento de los alimentos.
- Los animales que cuentan con árboles para sombreadarse, disminuyen sus requerimientos de agua.
- En zonas más frías, las plantas leñosas perennes son importantes por la protección que ofrecen contra el viento y las heladas.

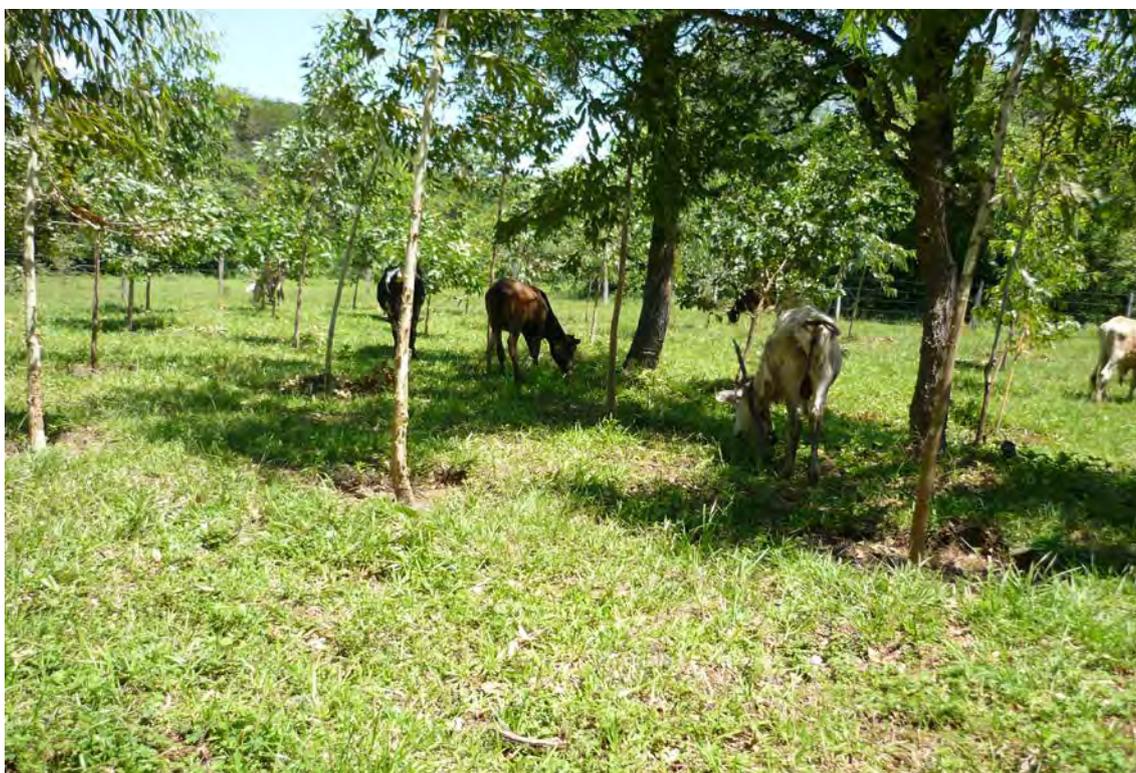


Foto: Ganado pastando en la sombra en época de intenso calor, Parcela Demostrativa del Proyecto JIRCAS, San Roque González, Paraguarí.

2) Ventajas con relación a las alimentación del ganado

- Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia, mejorando la ganancia de peso y producción de leche.
- Reducen el uso de alimentos concentrados ya que los árboles y arbustos forrajeros mejoran la calidad del alimento para el ganado y proveen alimento durante todo el año.

3) Ventajas con relación a la reproducción del ganado

- Reproducción más temprana, mayor fertilidad, regularidad en los ciclos de pariciones y alargamiento de la vida reproductiva.
- Reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes.

4) Ventajas con relación a la producción de pastura

- Propician un microclima ideal para la producción de pasturas de excelente calidad
- Además, las leguminosas fijan nitrógeno, lo que permite reemplazar los fertilizantes nitrogenados y reducir los costos de fertilización.

Proceso de fijación del Nitrógeno atmosférico en sistema silvopastoril

El nitrógeno molecular (N₂) atmosférico es la mayor reserva de nitrógeno del planeta. Aunque su cantidad es prácticamente ilimitada, no puede ser utilizado directamente por vegetales y animales. Sin embargo, existen en la naturaleza organismos capaces de convertir el nitrógeno de la atmósfera en formas químicas disponibles para otros organismos; tal es el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno que establecen relaciones simbióticas (*Rhizobium spp.*) y a simbióticas con plantas (*Azotobacter spp.*, *Azpergillum spp.*, entre otros).

La importancia de la fijación biológica del nitrógeno radica, en que todas las formas de vida requieren de nitrógeno para sintetizar proteínas y llevar a cabo diversas funciones bioquímicas; con frecuencia es el nutriente que más limita el crecimiento de plantas, animales y Microorganismos. El nitrógeno es un elemento esencial para el desarrollo normal de las plantas y, aunque representa el 78% de la atmósfera, no se encuentra disponible para las plantas, obligando a los productores a utilizar fertilizantes químicos de síntesis a base de compuestos nitrogenados que contribuyen a la contaminación ambiental e incrementan los costos de producción para proveer este elemento a las plantas.

El nitrógeno atmosférico (N₂) puede ser utilizado por las plantas siempre y cuando sea reducido a formas asimilables (amonio, nitrato) por éstas. Este proceso lo realizan bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*

en presencia de la enzima nitrogenasa cuando se asocian con plantas de la familia Leguminosa.

Específicamente, el *Rhizobium* es un género de bacterias simbióticas que forman unas estructuras en las raíces de las plantas llamadas “nódulos”, mediante los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo vuelven disponible para las plantas, sustituyendo la fertilización nitrogenada.

En general, se estima que la simbiosis leguminosa-bacteria tiene un potencial de fijación entre 52 y 320 kg/N/ha dependiendo de la planta y de las condiciones ambientales. La eficiencia de esta fijación está determinada por la bacteria (algunas cepas poseen mayor o menor capacidad para fijar nitrógeno), la planta leguminosa con la que se asocia y las condiciones ambientales (adaptación a condiciones adversas, prácticas culturales, genotipos de plantas y de la bacteria).

Para lograr los beneficios de la fijación de nitrógeno, se deben seleccionar cepas de la bacteria que presenten características óptimas de infectividad, efectividad, competitividad, persistencia y supervivencia que maximicen la fijación de nitrógeno. La *Leucaena*, crece muy bien en suelo degradado, fija el nitrógeno atmosférico, excelente forraje y sirve para leña.



Foto:. Plantación de *Leucaena*, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

3.7 Consideraciones para el adecuado manejo del sistema silvopastoril

Puede considerarse que de las experiencias realizadas en la última década surgen resultados donde se evidencian las ventajas de la implementación de sistemas silvopastoriles, sobre todo referidas a la mayor producción de las forrajeras y de su calidad con respecto a su crecimiento a cielo abierto, como también el incremento de la calidad superior de madera aserrada al desarrollarse pocos árboles de gran diámetro por hectárea y ciertas relaciones que permiten una aproximación a la regulación de la densidad para alcanzar los objetivos del manejo.

La disponibilidad de equipamientos y recursos humanos puede conducir al desarrollo de nuevos modelos silvopastoriles basados en procesos más avanzados. Para lograr un manejo adecuado del sistema silvopastoril, es importante recalcar los siguientes puntos:

- Cuando hay suficiente pasto, los animales no ramonean los árboles.
- En los primeros años de la plantación al no haber animal, los potreros se recuperan muy bien y hay abundante producción de pastos.
- Cuando las ramas y hojas de los árboles comienzan a dar sombra disminuye la producción forrajera, pero se estabiliza usando pastos que toleren la sombra y la acumulación de hojas.
- Con la protección de los árboles se adelanta el rebrote de las pasturas en la primavera.
- La producción de forraje se distribuye durante un período más largo en el año.
- Cuando hay poco pasto ó está muy seco, los animales ramonean los árboles, roen la corteza y producen daños, momento de retirarlos de la parcela.
- Teniendo pocos árboles, por ej. 200 árboles / ha. hay suficiente luz en el suelo como para que crezca el pasto, pero para que esos árboles den madera de buena calidad, hay que plantar una mayor cantidad inicial para poder elegir los mejores e ir raleando.
- Cuando los árboles se plantan muy espaciados, son más ramificados y con varios ejes, pero copudas se los puede ir conduciendo con la poda, hasta lograr un buen porte.

Capítulo 4 – Sistema de Producción Agrosilvopastoril

4.1. Importancia del Sistema Agrosilvopastoril

En la búsqueda de una agricultura sustentable, fundamentada en tecnologías no agresivas al medio ambiente, se destaca el desarrollo de sistema de producción agrosilvopastoril, como la alternativa más adecuada y sostenible, donde se combinan árboles, cultivos y animales, buscando lograr una imitación a los ecosistemas naturales. Mantener árboles, tanto en el campo agrícola, como en el pastoril, constituye una garantía de que el impacto de la explotación sobre la circulación de nutrientes será minimizado y, consecuentemente, se mantiene la fertilidad natural del suelo.

Desde el punto de vista ecológico, es relevante el hecho de que el animal desempeña un papel importante en la distribución de los nutrientes (estiércol y orina) en las áreas del sistema de producción. Sin embargo cuando los animales pasan la noche en establos o corrales, todo el estiércol debe ser recolectado en estercoleros y, posteriormente, distribuido en las parcelas agrícolas. A su vez, deben establecerse medidas para que la parcela agrícola sea utilizada como banco de proteínas, lo que reforzaría la idea de la distribución de los nutrientes. Por otro lado, es preciso enfatizar que el productor debe siempre adoptar técnicas conservacionistas de pastoreo intercalando con la producción agrícola.

Con relación al aspecto social, el ganado menor sobre todo los animales de la granja campesina (aves, cerdos, cabras, etc.), ha desempeñado un importante papel en la retención de la población rural a la tierra. Por ser una actividad de bajos riesgo e inversión, está al alcance de la mayoría de la población campesina, constituyéndose, además, una actividad de rápida circulación de capital y principalmente para la seguridad alimentaria.

Está demostrado que, el componente agrícola del sistema de producción debe integrar técnicas de cultivos asociados (policultivos), sistemas conservacionistas (labranza mínima, siembra directa etc.), y la continua utilización de especies de abonos verdes. Los cultivos diversificados y en muchos casos asociados, se justifican debido a que constituyen la mejor opción para los pequeños productores de la agricultura familiar, especialmente en las regiones de suelos degradados como el Departamento de Paraguarí, donde la incertidumbre y las variaciones climáticas constituyen elevados riesgos de pérdida de cosechas. Los cultivos tradicionales, además de constituirse en las mejores alternativas para la zona, deben sembrarse asociados con los abonos verdes, para recuperar la fertilidad del suelo

Con respecto a la parte forestal, se debe brindar especial atención a algunos aspectos peculiares de la región. La leña aún constituye una fuente importante de energía, porque es fundamental en la cocina, además para la olerías, secaderos de granos y de yerba mate, etc. Esta

situación hace que los pequeños agricultores dependa de este producto. Además, necesitan también postes y estacas para la confección de cercas para la huerta familiar, forraje, productos medicinales y fundamentalmente para la madera aserrada utilizada en las construcciones rurales y la fabricación de muebles.

4.2. Componente de un Sistema Agrosilvopastoril

La característica principal del Sistema de Producción Agrosilvopastoril es su capacidad de optimizar la producción de la finca, donde los árboles pueden proveer muchos productos para mejorar la economía de los productores. Por otra parte, los árboles son proveedores importantes de servicios como seguridad alimenticia, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad. Un aspecto importante es la recuperación de las tierras degradadas, como son las parcelas abandonadas por la escasa productividad y que puede ser incorporada nuevamente al sistema productivo, a través de un proceso de recuperación con sistema agroforestal como el sistema de producción agrosilvopastoril.



Foto: Finca del pequeño productor, aspecto característico de las parcelas degradadas y dejada en barbecho. San Roque González, Paraguari.

El sistema Agrosilvopastoril agrupa a un conjunto de técnicas de uso de la tierra que implica la combinación o asociación de un componente leñoso (forestal), con ganadería y/o cultivos en el mismo terreno.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los componentes.

- 1) El componente Forestal:** En un sistema de producción agrosilvopastoril, el principal componente de producción constituyen los árboles, por lo tanto la cantidad y disposición de los mismos, influyen sobre la eficiencia productiva de los demás componentes, razón por la cual el sistema debe estar muy bien planificado, respondiendo al objetivo del productor. En las plantaciones agroforestales, se deben plantar cantidades menores de árboles, para que tenga oportunidad el cultivo agrícola y/o forrajero, a fin de lograr un adecuado desarrollo de cada uno de los componentes del sistema.

La producción de los cultivos y forrajes se reducen enormemente cuando la cubierta de la copa de los árboles excede 35% del área. Es preferible sembrar menor cantidad de árboles en hileras o en grupos y mantener áreas sin árboles para el crecimiento del cultivo o del pasto.

Los árboles plantados en hileras regularmente, no se desarrollan bien si no captan suficiente luz solar, por tanto, generalmente se prefieren hileras sencillas, dobles y triples. Es más beneficioso sembrar en grupos y a bajas densidades ya que muchos árboles cuando crecen solitarios o tienen un crecimiento pobre son afectados por ráfagas de viento.

- 2) Componente Agrícola:** Es de suma importancia la selección de cultivos compatibles con las especies arbóreas escogida, los criterios dependerán de los objetivos del agricultor. Los criterios de selección de cultivos cuando la producción comercial es la producción forestal, la producción agrícola deben contribuir principalmente para la seguridad alimentaria y si son de renta puedan generar suficientes ingresos a los productores.
- 3) Componente de pastura:** Las especies forrajeras, especialmente las leguminosas, se siembran regularmente para proveer un alimento más nutritivo al ganado y convertir nitrógeno atmosférico en una forma orgánica y utilizable por las plantas y los animales. La competencia entre árboles y los pastos puede reducirse mediante la selección de especies de pastos que crezcan en diferentes épocas del año o que posean un sistema de raíces poco profundo comparado con los árboles. Por ejemplo, el pasto Jesuita y las leguminosas como los tréboles, pueden sembrarse entre los árboles. También en estas condiciones se destacan las especies de pastos nativos, que tienen un sistema radicular más profundo y un período de crecimiento más prolongado.
- 4) Componente ganadero:** Durante los primeros años de implementación del sistema agroforestal, pueden ser pastoreado por el ganado vacuno u ovejas, sin que les causen mucho daño a los árboles, siempre que haya suficiente forrajes en la parcela. El constante pisoteo y cuando los animales

se recuesten por los arbolitos, puede ocasionar problema, particularmente con ganado vacuno. Hay lugares en los que los arbolitos deben protegerse del ganado hasta que el tallo principal del arbolito a crecido fuera del alcance del ganado y ha desarrollado suficiente corteza, la probabilidad del daño por el ganado será mínimo y el sistema forestal podrá ser bien manejado con la implantación de una buena pastura.

4.3. Diseño y ordenamiento del un Sistema Agrosilvopastoril

Los diferentes recursos productivos que componen el sistema de producción integrado (forestal, agrícola, ganadero, o agroforestal), deben ser asignados adecuadamente dentro del predio. Esto implica ubicarlos considerando la topografía del terreno (pendiente o relieve), seleccionar las especies arbóreas, cultivos o pasturas y tipo de ganado, de acuerdo a las condiciones climáticas y al suelo de cada localidad, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua, la capacidad de uso del suelo y, las necesidades del agricultor y sus intereses económicos.

Para la sustentabilidad de la producción agrosilvopastoril se deben respetar las aptitudes naturales del suelo, en función de la topografía, estado nutricional y condiciones agroclimáticas. En algunos casos, los terrenos pueden tener aptitudes combinadas, como por ejemplo la agrosilvopastoril, donde un mismo terreno responde, tanto para el uso agrícola, como ganadero y también forestal, los que permiten obtener mayores beneficios, en términos de diversificación de productos, rendimiento, y sustentabilidad en el tiempo.

A continuación se señalan las aptitudes del suelo más frecuente, que se presentan en las fincas de los productores:

- **Aptitud Forestal o de Protección:** Corresponde generalmente a sectores de lomadas, de pendiente no excesiva, donde es posible establecer plantaciones forestales. Para tener éxito en la plantación lo recomendable es seleccionar la especie forestal que se adapte mejor a las condiciones del lugar, plantar en hileras en el sentido de las curvas de nivel, realizar una buena preparación del suelo, manejar y proteger adecuadamente el bosque establecido.
- **Aptitud Ganadera o Silvopastoril:** Corresponde a los lugares o parcelas donde predomina las praderas naturales, donde es posible dedicarlo a la cría y el engorde del ganado, manteniendo la pradera natural o mejorándola con siembra de especies forrajeras. En general, en este tipo de aptitud, permite asociar el ganado con especies arbóreas y/o arbustivas, logrando la utilización combinada de la ganadería con las especies forestales, a lo que denominamos el sistema de producción silvopastoril.
- **Aptitud Agrícola o Agroforestería:** Corresponde a suelos planos, o de poca pendiente, donde se pueden establecer todo tipo de cultivos

agrícolas, evitando la degradación del suelo. El productor normalmente debe realizar una rotación de cultivos y de potreros, de manera que no se produzca una degradación del suelo y la pérdida de la fertilidad. Además, se pueden combinar los de usos agrícolas con especies forestales, en forma de callejones, cortinas rompe vientos, cercos vivos y otros, lo que se denomina sistema agrosilvopastoril.

Como se ha mencionado, cualquier terreno tiene una aptitud productiva natural, existiendo parcelas para uso agrícola, ganadero, forestal, de protección y las que poseen las condiciones para realizar una combinación con diferentes usos, las que originan la producción en sistema agrosilvopastoril.

A través del ordenamiento dentro de la finca se facilita el cuidado y la recuperación de los sectores que pueden ser degradados con mayor facilidad. En este caso, dependiendo de la capacidad productiva del suelo y grado de erosión, se implementan medidas de conservación y recuperación de suelos, de acuerdo al grado de fragilidad, pendiente y pérdida de fertilidad que presenta cada parcela, construyéndose curvas de nivel, barrera viva, zanjas de infiltración o media luna y canales de desvío y conducción del agua.

El diseño y ordenamiento de la finca, debe estar basado en el sistema de producción predominante, considerando los recursos naturales que tienen mayor presión de uso y mayor susceptibilidad al deterioro. Por lo tanto, las estrategias agroforestales asociado al desarrollo del sistema agrícola y ganadero, deben contribuir a mejorar la productividad de la finca al mismo tiempo de recuperar áreas degradadas.

4.4. Sistema Integrado de de Producción Agrosilvopastoril

El sistema integrado de producción de una finca, consisten en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple y la ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles.

Un sistema de producción agrosilvopastoril, de acuerdo a la forma de su implementación y sus componentes se pueden clasificar en las siguientes:

- **Sistemas agroforestales secuenciales:** En ellos existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; es decir, que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo. Esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con intervención o manejo de barbechos y métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles.
- **Sistemas agroforestales simultáneos:** Consiste en la integración simultánea y continuas de los cultivos anuales o perennes, árboles

maderables, frutales o de uso múltiple y/o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles.

El método de establecer la plantación de árboles en la finca depende del interés del productor y el estado en que se encuentra la parcela. Si la parcela de cultivo o pastura se realiza un terreno recién habilitado donde hubo un bosque nativo, lo ideal es dejar algunos árboles de valor comercial que sirven, a la vez, como árboles semilleros.

Si se parte de un bosque secundario o de regeneración, lo ideal es que al momento de realizar la planificación se seleccionen los árboles de valor comercial que se van a dejar, para luego establecer el cultivo o la pastura.

Si se van a establecer un potrero nuevo con pastura, se debe aprovechar el tiempo de establecimiento del pasto para sembrar algunos árboles de rápido crecimiento y que puedan ofrecer posteriormente su sombra al ganado y la protección al suelo. En sistema de producción agrosilvopastoril secuenciado, el proceso se desarrolla en dos etapas y son las siguientes:

- 1) **Primera etapa:** Se inicia con la plantación de árboles y en las melgas se aprovecha para la producción agrícola estableciendo de esta manera un **sistema de agroforestería**, con la limpieza de los cultivos se favorece el desarrollo de los arbolitos.



Foto: Plantaciones de *Eucalyptus grandis* asociado con abonos verdes en el 1er. Año, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

- 2) **En la segunda etapa:** Que normalmente ocurre al 2do. o 3er. Año de haber iniciado con la plantación de los arbolitos, los cultivos agrícolas son reemplazados por pastos, para la alimentación del ganado, estableciendo de esta manera un **sistema de producción silvopastoril**, en esta etapa los árboles ya alcanzan suficiente desarrollo y no son afectado por los animales.



Foto: *Eucalyptus camaldulensis* de dos años con pastura en sistema silvopastoril, finca de Productor de Roque González, Proyecto JIRCAS.

En ambas etapas, tanto los árboles, como los cultivos, el pasto y los animales tienen la misma importancia y merecen todo el cuidado y la atención, por lo tanto se debe realizar un manejo adecuado y oportuno de cada uno de los componentes, lo cual será de gran importancia para lograr el éxito de la producción de cada componente.

Es importante proporcionar una adecuada orientación al productor sobre la manera de adaptar ciertas técnicas para el establecimiento de parcelas agrosilvopastoriles. La selección y combinación de las especies arbóreas, de los cultivos, especies forrajeras y tipos de ganados, dependen del objetivo de la producción y de las expectativas del productor.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para establecer parcelas agrosilvopastoriles son las siguientes:

- Las especies que se seleccionan para establecer cultivos en asociación deben ser compatibles, de fácil manejo, productivas y que tengan buena

demanda para el autoconsumo y la venta de los productos que de ellas se obtengan.

- La época de siembra de los cultivos o pasturas y la plantación de los árboles, es de suma importancia, es conveniente aprovechar los días menos calurosos y preferiblemente las épocas de mayor probabilidad de lluvias, para realizar la plantación de los arbolitos o la siembra de los cultivos y las pasturas.
- La densidad de siembra y las especies forestales que se seleccionan para los sistemas agrosilvopastoriles son de suma importancia, porque de la disposición y el arreglo que se establece para la asociación, depende la eficiencia y el éxito del sistema.
- Es importante considerar los conocimientos tradicionales y las innovaciones técnicas que le interesa y pueda desarrollar el productor, para implementar un sistema de producción bien planificado y eficiente.

4.5. Características de especies forestales para Sistema Agrosilvopastoril

Es importante conocer las características de las especies nativas de cada región y la adaptación de las especies exóticas, que intervienen en los programas de desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, restauración ecológica y reforestación. Se debe profundizar los conocimientos sobre la biología, la ecología, la propagación y el manejo de las especies disponibles, a fin de desarrollar técnicas eficientes de propagación, e incluso llegar a mejorar por selección sexual, clonal o ingeniería genética algunas de sus características más valiosas. Es importante también tomar en consideración la utilidad de las diferentes especies para los productores, ya que ello redundará en una mejor conservación de las zonas reforestadas.

Una manera en que podemos utilizar especies nativas o exóticas de forma combinada con la producción agropecuaria es mediante los sistemas agrosilvopastoriles, que pueden tener una estructura espacial muy variable dependiendo del tipo de ecosistema del que se trate y del propósito perseguido en su diseño. Se trata de combinaciones de cultivos de árboles con cultivos o pastizales, que varían en secuencia temporal, composición de especies, arreglo espacial y en las interacciones biológicas que se dan entre sus componentes. Si estos sistemas están bien diseñados, sus componentes leñosos pueden prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica, e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica en el suelo, fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y por la vegetación, reciclaje eficiente de nutrientes minerales, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies nativas, al mismo tiempo que se obtienen productos complementarios a los que origina el cultivo o el ganado que se produce en el sitio.

Las leguminosas juegan un papel primordial en los sistemas agrosilvopastoriles tropicales, por su capacidad para la fijación del nitrógeno molecular atmosférico en moléculas orgánicas; sin embargo, lo ideal es lograr una combinación de árboles cuya hojarasca tenga diferentes niveles de concentración de carbono y nitrógeno, ya que esto propicia una mejor calidad del humus que se forma y por lo tanto, con el tiempo, la mejora en la capacidad de intercambio catiónico en el suelo y la estructura de los conglomerados edáficos cuya forma tamaño y disposición determinan la erosividad y la fertilidad.

En nuestro país las principales especies forestales que mejor se adaptan y las más utilizadas para los sistemas agrosilvopastoriles, tanto nativas como exóticas se presentan a continuación.

- **Entre las principales Especies Nativas** se tienen las siguientes:

1) **Yvyra pyta** (*Peltophorum dubium*): Es una Leguminosa de rápido crecimiento, de fácil regeneración natural, que crece en toda la Región Oriental del Paraguay, se adapta muy bien a todo tipo de suelo, cuyo aprovechamiento es múltiple, como madera aserrada, leña, poste, carbón, etc. Como son árboles frondosos deben estar bien distanciados cuando se establece sistema agroforestal.



Foto: Sistema agroforestal con Yvyra pyta, San Roque González

2) **Cedro** (*Cedrela fícilis*): Pertenece a la familia Meliáceas, abundante en nuestros bosques nativos, pero que va desapareciendo por la gran demanda que tiene la madera de excelente calidad, se adapta bien para establecer en sistema de agroforestería en suelo alto. El principal problema que presenta es el ataque del barrenador del

brote terminal, ocasionado por *Hypsiphyla grandella*, insecto de muy difícil control, por eso se recomienda realizar plantaciones mixtas.



Foto: Sistema agroforestal con Cedro, Proyecto JIRCAS, San Roque González.

3) Peterevy (*Cordia trichotoma*): Conocida también con el nombre de Loro Negro, tiene madera de gran valor comercial, se desarrolla muy bien en suelo franco y arcilloso, resistente a sequías y heladas, de fácil multiplicación pero la semilla pierde muy pronto su poder germinativo, presenta buen comportamiento en sistema de agrosilvopastoril.

4) Yvyra ju (*Albizia hassleri*): Es una leguminosa que crece bastante rápido, predomina en parcelas de muchos años de uso de la zona central del país, se adapta muy bien para sistema de agroforestería y silvopastoril, se utiliza principalmente para leña.

5) Yvyra ro (*Pterogyne nitens*): Es una leguminosa con buena regeneración natural, predomina en la zona central del país, se puede aprovechar como madera, leña y poste.

- **Entre las principales Especies Exóticas o introducidas se tienen:**

1) Grevillea (*Grevillea robusta*): Originaria de Australia, de la Familia Proteaceae, es una especie muy bien adaptada a nuestro país, de rápido crecimiento que se puede utilizar en sistemas de agroforestería y silvopastoril, su madera sirve para muebles y

aberturas, las ramas se puede utilizar como leña. Se recomienda utilizar 500 plantas por ha (5 m x 4 m) para el sistema agroforestal.

- 2) **Paraíso gigante:** (*Melia azederach*): Es de la familia Meliaceae, de rápido crecimiento, su madera es de muy buen calidad se puede utilizar para muebles y laminados, las ramas como leña, de las hojas y frutas se puede preparar insecticida natural. Se adapta muy bien para sistema de agroforestería, pero no para silvopastoril. Esta especie tiene el problema por la aparición de la enfermedad denominada Fitoplasma, cuyo ataque severo produce amarillamiento y puede secar la planta.



Foto: Sistema agroforestal con Paraíso Gigante, Proyecto JIRCAS, San Roque González, Paraguarí.

- 3) **Leucaena** (*Leucaena leucocephala*): Es una Leguminosa muy cultivada en sistema agroforestal, muy rústica adaptándose a todo tipo de suelo, se utiliza para la recuperación de suelo degradado y principalmente como forraje para animales, siendo importante fuente de proteína. Las ramas y el tronco se puede utilizar como leña.
- 4) **Hovenia** (*Hovenia dulcis*): Originario del Japón, pertenece a la familia Rhamnaceae, se usa más como árbol para sombra, pero se puede utilizar para madera o leña, además es excelente especie melífera y sirve como forraje. Se adapta bastante bien para sistema de producción en agroforestería y silvopastoril.
- 5) **Toona o Cedro austaliano** (*Toona ciliata*): Pertenece a la familia Meliaceae, la madera de Toona tiene prácticamente las mismas

características tecnológicas y usos que el Cedro, presenta un crecimiento bastante rápido, pero requiere de los cuidados culturales durante la primera etapa de su desarrollo, además es bastante sensible a las heladas. En sistema agroforestal se puede establecer con 500 plantas por hectárea.

4.6. Ventajas y limitaciones del Sistema de Agrosilvopastoril.

Los sistemas agroforestales cumplen numerosas interacciones, de doble vía, entre sus componentes. Algunas de las posibles interacciones son las siguientes:

- El efecto de los árboles sobre los pastos y sobre los cultivos y estos a su vez sobre los árboles.
- El efecto de los árboles sobre los animales y los animales sobre los árboles.
- El efecto del árbol sobre el hombre y el hombre sobre el árbol, los cultivos y los animales.

Estas interacciones pueden ser positivas o negativas. Sin embargo, el propósito de implementar sistemas agroforestales, es satisfacer las necesidades básicas del hombre, mediante el aprovechamiento y optimización de todas las interacciones positivas. Los árboles son componentes básicos de los sistemas agroforestales; cumplen numerosas funciones, pero es el hombre quien finalmente decide, selecciona y maneja las especies que quiere mantener en la finca.

Existen ventajas ambientales y socio-económicas de los sistemas agroforestales sobre la agricultura tradicional de monocultivo, como las siguientes:

- Se logra una mejor utilización del espacio vertical y del período de cultivo, se imitan patrones ecológicos naturales, como son los bosques en cuanto a forma y estructura; se capta mejor la energía solar.
- Se modifica el micro-ambiente para un mejor bienestar del hombre y los animales.
- En el caso de agro-silvo-pasturas, la biomasa producida por los cultivos asociados y el forraje de algunas especies fijadoras de nitrógeno, se complementan en su contenido de nutrientes (energía, vitaminas y minerales) y pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin crear competencia por los productos de consumo humano.
- La diversidad de especies crea una estabilidad ecológica en las comunidades naturales del agro-ecosistema, disminuyendo las posibilidades de incidencia de plagas y enfermedades.

- Se favorece la fauna silvestre, que es una apropiada fuente de proteína.
- Los árboles constituyen un “capital en pie”, cuando se necesita dinero rápidamente.
- Se evita dependencia de un solo cultivo y se reducen los problemas asociados con lluvias irregulares, aparición de plagas, etc.
- Disminuyen los riesgos económicos para el agricultor, al diversificar la producción y el empleo de mano de obra familiar, con una mayor integración de los miembros de la familia al proceso productivo.

Factores que limitan la adopción de prácticas agrosilvopastoriles

Con las experiencias obtenidas del trabajo con comunidades de pequeños productores, en el proceso de modificación de ciertas prácticas de manejo de la finca, en la explotación y desarrollo de prácticas agroforestales se ha encontrado que, si bien muchos de los productores son conscientes del deterioro progresivo de los suelos, existen algunos factores sociales, económicos, culturales y ambientales que limitan la adopción de los mismos. Entre estos factores los más importantes son:

- **La tradición ganadera del productor.** El manejo extensivo de la ganadería es el trabajo que más conocen y mejor saben hacer, por lo tanto, la adopción de técnicas agrosilvopastoriles para el ganadero es más difícil, debido en gran parte a su desconocimiento. Los productores netamente ganaderos raramente le dedican tiempo a establecer sistema agroforestal en su finca, tanto para la agroforestería, como la silvopastoril.
- **Necesidad de ingresos a corto plazo.** La mayoría de productores procuran obtener resultados inmediatos, debido a que su mayor interés esta en la generación de productos que den sustento a la familia y produzca ingresos en el corto tiempo. Por esta razón, normalmente no incluyen en su sistema productivo el componente forestal, ni realizan una planificación para incorporar en sus fincas actividades productivas a mediano y largo plazo.
- **Disponibilidad de mano de obra.** La mayoría de las técnicas agrosilvopastoriles requieren de un manejo diferente para cada uno de los componentes establecidos. El periodo de uso y la cantidad de mano de obra generalmente costosa y escasa, son importantes en la decisión de adoptar o no las alternativas agrosilvopastoril.
- **Plan de ordenamiento de uso del suelo.** En la mayoría de las fincas, no es fácil realizar arreglos agrosilvopastoriles, debido a los costos que implica y a las diferentes condiciones naturales que las componen. Es necesario entonces, a través del tiempo, determinar y definir las áreas más propicias para cada componente, considerando factores como

calidad del suelo, topografía, uso anterior, facilidad de acceso y otras que se consideren importantes en el éxito de la unidad productiva.

- **Limitaciones de créditos y resultados a largo plazo.** Los principales resultados de la producción de los sistemas agrosilvopastoriles son a largo plazo, sin embargo, los recursos o créditos que se pueden obtener de los organismos financiadores son por lo general, a un máximo de 3 a 5 años. Esto limita la posibilidad de obtener financiamiento para establecer sistemas agroforestales.
- **Falta de apoyo e incentivo:** Una condición fundamental para el éxito en el proceso de utilización de arreglos agrosilvopastoriles es el acompañamiento con un plan de estímulos, capacitación, asistencia técnica y créditos adecuados para los productores que incorporen trabajos de reordenamiento del suelo y prácticas agrosilvopastoriles, encaminados al establecimiento de sistemas de producción que permita la conservación y recuperación de áreas degradadas.

Capítulo 5 – Otro Modelo Agroforestal - Cortinas rompe vientos

5.1. Qué son las cortinas rompe vientos

En la producción agropecuaria, el viento puede constituirse en un agente perjudicial, por sus efectos mecánicos directos sobre el suelo, la vegetación y los cultivos o bien modificando el microclima, incidiendo en la biología y la actividad de las plantas y los animales, por lo tanto incide en el rendimiento de la producción agrícola o ganadera. También los vientos fuertes y predominantes, pueden ocasionar graves problema de degradación de los suelos, especialmente arenosos, conocido generalmente como erosión eólica, como normalmente ocurre en el Chaco.

Una cortina rompe vientos es la alineación de una o más hileras de árboles o arbustos para formar una barrera lo suficientemente alta y densa que se constituya en un obstáculo al paso del viento y polvo. Las cortinas forestales rompe vientos también llamados cortavientos o de protección, son una de las alternativas que nos entregan los modelos o sistemas agroforestales, que pueden ser utilizados por los agricultores con fines productivos y para proteger el medio ambiente. Se definen como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio con fines de protección de cultivos, animales y del suelo contra el efecto del viento.

Las cortinas rompe vientos deben colocarse en dirección perpendicular al viento dominante y dispuestos de tal forma que obligue a éste a elevarse sobre sus copas, con lo cual disminuye su velocidad, ya que este se torna perjudicial cuando adquiere una velocidad mayor a los 2 m/segundo.

El establecimiento de una cortina forestal es proteger las áreas próximas a ésta, ya sea para disminuir la velocidad del viento, entregando protección a los cultivos, ganados, el suelo disminuyendo la erosión, además para la protección de las riberas de cursos de agua. Sin embargo, dependiendo de los intereses del propietario, la finalidad de la cortina puede además contribuir al embellecimiento del predio, evitar la dispersión del polvo de los caminos interiores o de acceso, aislar visualmente algunos sectores del predio como casas, galpones y otro tipo de infraestructura, y generar áreas para el desarrollo de la vida silvestre y aumento de la biodiversidad.

5.2. Importancia de la utilización de las cortinas rompe vientos

En la finca de los productores, cuando ocurre viento fuerte, los cultivos como maíz, mandioca, algodón, sésamo y otros se vuelcan al suelo registrándose mucha pérdida de los productos. Durante el invierno, cuando los vientos del sur circulan libremente en la parcela, causan la pérdida de la humedad del suelo, y cuando se produce heladas se quemar los cultivos y

pasturas. Con el fin de evitar los efectos negativos de los vientos, se instalan las cortinas rompe vientos.

La práctica de implementar un sistema de rompe vientos por los productores es a los efectos de reducir la velocidad del viento y lograr los siguientes objetivos:

- Evitar la pérdida de la fertilidad del suelo debido a erosión eólica,
- Reducir la acción mecánica del viento sobre los cultivos y los animales,
- Regular las condiciones micro-climáticas (p. ej., temperatura, humedad)
- Reducir la evapotranspiración en áreas cultivadas y
- Controlar el transporte de sólidos por el viento (reducir contaminación).



Foto: Cortinas rompe vientos implementado cerca de la Ruta N° 1, permite separar las parcelas. Finca de un productor de Ita, Departamento Central.

5.3. Diseño y manejo de las cortinas rompe vientos

El solo establecer una cortina rompe vientos no es suficiente para proteger adecuadamente el cultivo. Una cortina rompe vientos debe de ser diseñada para que las hileras de árboles y arbustos estén arreglados en diferentes estratos.

Para obtener el máximo provecho de este sistema agroforestal, se debe identificar antes de establecer la cortina, el sector que se desea proteger, la

dirección del viento predominante y planificar la disposición y la longitud que tendrá la cortina rompe vientos en ese lugar.

Varios aspectos se deben considerar para el diseño de una cortina, entre los principales destacan:

- Distanciamiento entre las plantas sobre la hilera y entre las hileras. El espaciamiento entre plantas en la hilera varía entre 1,5 a 2,5 metros, y entre hileras 2,0 a 3,0 metros, dependiendo de la densidad que se desee obtener para cortar el viento o, para proteger el suelo, cultivos o cursos de agua
- Especie(s) que forman la cortina, y el número de hileras.
- Se debe considerar la velocidad del viento, la pendiente, y lo que se desea proteger (cultivos, ganado, edificaciones, curso de aguas, y otros).

Los árboles son plantados y manejados como parte de la explotación agrícola o ganadera para mejorar la producción, proteger al ganado y controlar la erosión del suelo. Protegen una gran variedad de cultivos sensibles al viento como cereales, hortalizas, huertos frutales y viñedos. Además, mejoran la efectividad de la polinización y la aplicación de pesticidas. Ayudan a disminuir el estrés animal, el consumo de forraje y la tasa de mortandad.

5.4. Características de las cortinas rompe vientos

La zona protegida se expresa normalmente en múltiplos de su altura, pues, la velocidad del viento disminuye de 10 a 30 veces la altura de la barrera comparando la parte de donde sopla el viento con la parte protegida.

Al oponer una barrera a la libre circulación del viento, se producen turbulencias, que consisten en remolinos de grupos de moléculas de aire con componentes perpendiculares a la dirección del viento, tanto vertical como horizontal. Esta turbulencia es afectada por la densidad o porosidad de la barrera en forma directamente proporcional, y al elevarse por encima de la copa de los árboles, ofrece un mayor obstáculo al viento, aumentando la acción de la barrera.

Las cortinas rompe vientos para lograr una buena reducción de la velocidad del viento deben reunir las siguientes características:

- Permeabilidad
- Perfil
- Ancho
- Altura
- Orientación
- Longitud y continuidad

Permeabilidad: Está dada por su capacidad de interceptar mayor o menor proporción de viento libre. Para una misma velocidad de viento, e iguales perfiles, una barrera densa protege menor extensión de campo que una semidensa, aunque en la primera la velocidad del viento es menor. El actuar como una barrera impermeable no es deseable, ya que se producen turbulencias, que lejos de proteger los cultivos los perjudica y además son fuente de erosión. La cortina debe dejar pasar aproximadamente entre un 50 % del viento. De esa forma la efectividad de la protección es máxima.

Perfil: Es la forma que ofrece un corte transversal de la barrera. La forma de este perfil influye notablemente en el ancho de la zona protegida. La turbulencia producida por encima de la barrera es mayor, cuando el perfil es vertical que cuando es inclinado.

Ancho: Casi no tiene importancia en la reducción del viento. Las barreras angostas, con permeabilidad moderada son tan efectivas como las anchas. En la práctica, el ancho está dado por la superficie de terreno que se pueda destinar a la plantación y el número mínimo de hileras necesarias para lograr una buena permeabilidad.

Altura: La distancia de protección de una cortina rompe vientos es directamente proporcional a su altura e inversamente proporcional a la velocidad del viento. La protección se extiende aproximadamente unas 20 veces la altura, aunque como ya se dijo depende de la velocidad del viento y de la permeabilidad de la barrera, entre otros factores.

Orientación: Cuando se ubica en el terreno una barrera rompe vientos, ésta debe orientarse en forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes, de esta forma se obtiene el mayor efecto protector.

Longitud y su continuidad: La longitud no debe sobrepasar 24 veces la altura ni ser menor de 10 veces. En cuanto a la continuidad, es importante ya que no deben existir espacios por donde el viento forme túneles e incremente su velocidad.

5.5. Forma de implementación de la cortina rompe vientos

Cuando la zona a ser protegida es muy extensa, se debe formar un sistema de barreras, de tal forma estén distanciadas para que en ningún punto entre ellas, el viento recupere su velocidad. También se debe considerar especies arbóreas resistentes a los vientos, que la característica de la madera sea flexible, debe estar ecológicamente adaptada a la zona donde se van a utilizar, no existiendo en la zona plagas que perjudiquen su desarrollo. El crecimiento debe ser rápido, para poder cumplir con su función lo antes posible. El sistema radicular de la planta debe ser potente, para otorgarle un buen anclaje y por lo tanto resistencia al viento. La

floración no debe ser llamativa ya que de ser así puede interferir con los insectos polinizadores del cultivo protegido.

Para tener una buena protección, deben considerarse los tres niveles o estratos en que sopla el viento: alto, medio y bajo. Esto lleva a clasificar a las especies que componen una barrera rompe vientos en: principales (estrato alto), secundarias (estrato medio) y accesorias (estrato bajo), y de acuerdo a su ubicación, en exteriores, intermedias y centrales.

Para planificar una barrera rompe vientos con especies forestales, es fundamental el conocimiento de las características naturales, hábitos y forma de la copa de las especies a utilizar, así como la altura que presumiblemente habrán de alcanzar. Las especies seleccionadas deben ser de rápido crecimiento, para lograr una pronta protección. La copa debe ser de volumen reducido y el tallo flexible.

La utilización de barreras se hace más necesaria en las zonas de bajas precipitaciones y con vientos predominantes durante cierta época del año, como ocurre en el Chaco Central. Por lo tanto, se buscarán especies rústicas y que sean perennes. El número de hileras a utilizar varía de 1 a 5, lo suficiente para lograr la densidad requerida en todos los niveles. Para establecer la distancia entre plantas e hileras debe considerarse el desarrollo que alcanzarán, tratando que en el futuro las copas se superpongan.

Además de la plantación de la barrera, se deben tener en cuenta el mantenimiento posterior, reposición de las plantas que se secan, manejo y control de malezas, plagas y enfermedades.

- **Principales especies que se pueden utilizar para rompe vientos:** Existen numerosas especies arbóreas y arbustivas en nuestro medio, que pueden ser utilizados para establecer una barrera rompe viento, a modo de ejemplo y por la facilidad de su implementación se presentan las siguientes especies:

- 1) ***Leucaena leucocephala*:** La *Leucaena* es una leguminosa que prospera en todas la zona del país, se desarrolla muy bien con lluvias anuales que oscilan entre los 500 y 2000mm. Sin embargo, esta especie puede resistir largas sequías. Crece bastante rápido, en suelos con pH que van de 5 a 8, es decir ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, por lo tanto se adapta muy bien para la Región Oriental como la Occidental o Chaco. Se destaca por su calidad forrajera, con excelente fuente de proteínas, para la recuperación de suelos degradados, se puede utilizar para leña. También la *Leucaena* es recomendable para la construcción de barreras vivas, cultivos en callejones y otros sistemas agroforestales.



Foto: Leucaena plantada en hileras como rompe vientos, es aprovechada como forraje y leña. Finca de un productor, Departamento Central.

- 2) ***Grevillea robusta***: La *Grevillea* se ha introducido en el Paraguay para utilizarlas principalmente como cortinas rompe vientos y ornamental, por esta razón existen plantaciones de alrededor de 20 a 30 años, en diferentes zonas del país. Actualmente la *Grevillea* adquiere una utilización comercial, considerándolo como un árbol maderable y de media sombra en plantaciones de Cítricos, Yerba Mate y Café. Su madera es utilizada para la carpintería en general, especialmente para muebles. Además es un árbol melífero que crece bastante rápido en suelos profundos y bien drenados. Su sistema radicular es profundo y no compite mucho por nutrientes y humedad con los cultivos, que pueden ser plantados hasta el pie del árbol.

En el marco del Proyecto JIRCAS de MDL con reforestación, se ha seleccionado esta especie para establecer Sistema de Producción con Agroforestería, a nivel de los pequeños productores que participan de este proyecto. Sin embargo, también se debe destacar las bondades de la *Grevillea* para implementar barreras rompe vientos, como muchos productores están realizando, al establecer hileras simples o múltiples en la los linderos o cabecera de su chacra, inclusive alrededor de la casa, con resultados bastante satisfactorios.



Foto: Plantaciones de *Grevillea robusta*, sirve como rompe vientos, finca de un productor de la localidad de Yaguaron, Dpto. de Paraguarí.

- 3) ***Casuarina cunninghamiana***: Es un árbol que crece hasta los 20 metros de altura y 65 centímetro de diámetro de tallo; tiene ramas ascendentes numerosas, su copa es estrecha y de forma cónica.

Crece bien en suelos arenosos, aporta buena cantidad de nitrógeno al suelo. Es utilizada por los agricultores menonitas, para cortinas rompe vientos de una sola hilera. En otras partes del mundo se usa para la estabilización de dunas de arena. Su madera es utilizada para postes, leña, carbón y para la construcción.

- 4) **Kumanda yvyra-i o Gandul (*Cajanus cajan*)**: Especie leguminosa arbustiva, tolerante a altas temperaturas y a sequías, con excelente adaptación en nuestro país y fácil de establecer inclusive en suelos degradados. El primer año de implantación se puede asociar con cultivo anuales, se utiliza como abono verde y constituye un excelente alimento para consumo humano y animal.

En la recuperación de suelo permite la des-compactación, porque sus raíces rompe el pié de arado. Por su rápido crecimiento es competitiva para producir leña en épocas de escasez, después de 2 a 3 años. Además de su uso como abono verde es bastante utilizada en sistemas agroforestales como barreras vivas, especialmente para proteger a la huerta y los viveros de los fuertes vientos. El Kumanda yvyra-i se puede utilizar como estrato inferior de las cortinas rompe vientos y como

estratos superiores, se utilizan los árboles más frondosos, como la Grevillea, Yvyra pyta, etc.



Foto: Plantaciones de Kumanda yvyra-i en forma de rompe vientos, Parcela Demostrativa del Proyecto JIRCAS, San Roque González.

Actividades para establecer las cortinas rompe vientos: Las principales actividades son las siguientes:

- 1) **Preparación del sitio:** Una adecuada preparación del terreno donde se establecerá la cortina rompe vientos, es fundamental para la supervivencia y el buen desarrollo de los arbolitos. Con la buena preparación del suelo, se evita la competencia de las malezas y mejora la estructura del suelo, para que el sistema radicular de las plantas pueda profundizar y desarrollarse rápidamente.
- 2) **Control de malezas:** Se debe eliminar y controlar las malezas que pueden competir con las plantas de la cortina forestal. Es absolutamente esencial, ya que las malezas compiten con su sistema radicular en forma agresiva con las especies arbóreas y/o arbustivas establecidas. Se puede realizar en forma manual, mecánica o utilizando herbicidas de acuerdo al tipo de maleza a controlar y la capacidad del agricultor.

5.6. Beneficios que ofrecen las cortinas rompe vientos.

Establecer árboles de manera productiva no sólo significa establecer una plantación compacta en un arreglo silvopastoril o agroforestal, también es posible obtener madera comercial a partir de la plantación en forma de cortinas rompe vientos. Estas plantaciones con especies forestales, se establecen para dividir potreros o linderos, proteger fuentes de agua, suelos, cultivos o pastizales, además sirven para aislar el polvo, ruido o las luces producidas por los vehículos, proteger contra heladas o contribuir al mejoramiento del medio ambiente local.

La implementación las cortinas rompe vientos, constituyen una práctica que reporta excelentes beneficios económicos y ecológicos, por que incrementan la biodiversidad y contribuye con la producción sin agredir el paisaje.

- **Desde el punto de vista agrícola:** Los daños producidos por el viento se manifiestan sobre la producción agrícola, principalmente en fruticultura y la horticultura. Los beneficios de la implementación de esta técnica no solo se hace sentir en la reducción de los daños producidos por el viento sino que además generan un microclima propicio para el desarrollo vegetal. En forma resumida con las cortinas rompe vientos se tienen los siguientes beneficios:
 - Reduce la erosión eólica, en suelo plano y arenoso como el Chaco.
 - Disminuye la erosión hídrica del suelo y la pérdida de fertilidad.
 - Regula la temperatura del aire y suelo, favoreciendo a los cultivos.
 - Reduce la evapotranspiración, ocasionada por viento fuerte y seco.
 - Mejor la distribución de la humedad en el suelo.
 - Reduce los daños mecánicos y el marchitamiento de los cultivos;
 - Disminuye el ataque de algunas plagas contribuyendo al equilibrio biológico en áreas de cultivos agrícolas y los vecinos.
 - Genera otros productos como leña, postes, madera, frutos, que son necesarios para el autoconsumo y la comercialización.
 - Sirven para definir los límites formales de la tenencia de la tierra.
- **Desde el punto de vista ganadero:** En ausencia de las cortinas que ofrecen los árboles, los animales buscan cualquier protección contra el viento fuerte, refugiándose en las cárcavas, laderas o lomadas. En la llanura, cuando hay temporales de lluvia fría con fuertes vientos, los animales se amontonan y caminan a favor del viento, haciendo esfuerzos desesperados para mantener el calor. Si son detenidos por

una alambrada, se aprietan uno con otro pudiendo producirse heridas de consideración.

Las barreras tipo “montes de abrigo” son plantaciones cuya misión principal es la de proteger al ganado de los efectos del viento y que a su vez le brinden sombra. Pueden tener forma de U, con la parte abierta hacia el norte, y rodeando los potreros en tres costados. Otro sistema es de la “T” invertida (el pie de la T dirigido al norte), el cual ha demostrado ser el más eficaz. Deben estar constituidos por árboles con muchas ramas desde abajo, como Grevillea y eucaliptos en varias hileras. La extensión de los abrigos estará de acuerdo con el área, pero, se considera que cada animal debe disponer alrededor de 20 m² de terreno sombreado.

La utilización de las cortinas rompe vientos en la producción ganadera tienen los siguientes beneficios:

- Aumento de la calidad y cantidad de forraje.
- Mayor tranquilidad de los animales al pastorear, mejora la producción.
- Mejora el metabolismo al crear un microclima más favorable.
- Evita pérdidas de calor del animal ante los fríos intensos.
- Reduce pérdida por largos recorridos o el vagabundeo de los animales.
- **Beneficios ambientales:** Con la implementación de las cortinas rompe vientos, además de los beneficios obtenidos desde el punto de vista agrícola y ganadero, se tienen también los beneficios desde el punto de vista ambiental, que se puede resumir en los siguiente:
 - Otorgar protección a cursos de agua, y aumentar la biodiversidad.
 - Aumentar la rentabilidad del predio, al ser consideradas como una mejora ambiental y productiva.
 - Modifican positivamente el microclima del área, reduciendo la temperatura y aumentando la humedad del aire y del suelo.
 - Embellece el paisaje de la región.
 - Permite proteger contra los fuertes vientos y temporales a los galpones, corrales, casas y otras infraestructuras.
- **Algunas restricciones para implementar cortinas rompe vientos:** A pesar de las numerosas ventajas que ofrece las cortinas rompe vientos,

existen una resistencia natural de parte de algunos propietarios de terrenos a invertir en cortinas, por las siguientes razones:

- Los productores consideran que existen pocos beneficios económicos que se obtienen durante los primeros años.
- La pérdida de terreno agrícola por el área que ocupan los árboles, es también un punto que amerita reflexión, especialmente los pequeños productores.
- La competencia de la cortina por agua, luz y nutrimentos con los cultivos principales, es tema de discusión permanente. Por lo que es importante realizar una buena selección de la especie forestal.
- En los cultivos extensivos, dificulta el uso de las maquinarias agrícolas, principalmente la fumigación aérea, por el obstáculo que presenta la altura de los árboles.

6. Bibliografía consultada

- 1) Ávila, G. G. 2006. Barreras Rompe Vientos. Proyecto Comunidades y Cuenca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 5 p.
- 2) Fassola, H.; Keller A. 2002. El Sistema Silvopastoril y la Nueva Generación Empresaria. INTA, Montecarlo. Informe Técnico. Misiones, Argentina. 240 a 244 p.
- 3) Hernández, M. C. y Andrade, H. J. 2005. Sistema Silvopastoriles. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. COPOICA, Regional Diez, Colombia. 12 p.
- 4) Instituto Forestal, Red Agroforestal Nacional. 2004. Sistema Productivo Integrado para una Agricultura Sustentable. Cartilla Agroforestal N° 1. Concepción, Chile. 7 p.
- 5) Instituto Forestal, Red Agroforestal Nacional. 2004. Sistema Silvopastoriles, una opción productiva para el Agricultor. Cartilla Agroforestal N° 2. Concepción, Chile. 6 p.
- 6) Instituto Forestal, Red Agroforestal Nacional. 2005. Sistemas Agrosilvícolas, el árbol en beneficios de los cultivos agrícola. Cartilla Agroforestal N° 3. Concepción, Chile. 6 p.
- 7) Instituto Forestal, Red Agroforestal Nacional. 2005. Ordenamiento Predial y Agroforestería. Cartilla Agroforestal N° 6. Concepción, Chile. 8 p.

- 8) INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA. 2001. Sistemas Agroforestales. Informe Técnico de Agroforestería. Lima, Perú. 3p.
 - 9) López, G. 2005. Sistemas Agroforestales. Ficha Técnica N°8. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Puebla, México. 7 p.
 - 10) Lugano, L. 1997. Sistema de Producción Silvopastoril. Gacetilla del Proyecto Forestal de Desarrollo, INTA. Rio Negro, Argentina. 3p.
 - 11) MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2002. Aprovechamiento y Manejo de Recurso Bosque, Sistemas Agroforestales. Mocoa, Colombia. 15 p.
 - 12) Navia, J. F.; Restrepo, J. M.; Villada, D. E. 2003. Agroforestería: Opción Tecnológica para el Manejo de los Suelos. Manual de Capacitación. FIDAR, CIAT. Santiago de Cali, Colombia. 31 p.
 - 13) Polla, M. A. 2000. Experiencias en Sistemas Productivos Agroforestales y Silvopastoriles en Uruguay. MGAP, División Forestal. Montevideo, Uruguay. 22 p.
 - 14) Proyecto JALDA. 2003. Conservación de Bosques y su Tecnología. Manual de Técnicas. J-GREEN. Sucre, Bolivia. 120 a 209 p.
 - 15) Proyecto Manejo Sostenible de Recurso Naturales. 2007. Manual de Agroforestería. MAG-GTZ, Asunción, Paraguay. 45 p.
 - 16) Sánchez, M. D. 2007. Sistemas agroforestales sostenible para la producción animal en Latinoamérica. FAO, Roma, Italia. 9 p.
 - 17) Sotomayor, A.; García, E.; González, M.; Lucero, A.; Vargas, V.; Villarroel, A.; Barrales, L.; Soto, H.; Moya, I. 2008. Modelos Agroforestales. Sistema Productivo Integrado para una agricultura sustentable. INFOR-INDAP. Chile. 80 p.
-