



Diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos

*Para la zona semiárida
de Cochabamba*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Cooperación Suiza en Bolivia

Elaborado por: Mauricio Azero Alcocer y Germán Vargas Aguilar

Sobre la base de conocimientos de: Alicia Rojas, Rosendo Bustamante, Maura Sánchez, Alfredo Escalera, Andrés Herrera, Isidro Peñarrieta, Germán Vargas, Noemi Stadler-Kaulich

Asistentes de investigación: Cindy Herbas, Andrea Arce, Melissa Gutiérrez, Mayra Terán, Jorge Saavedra, Nicole Drew, Gustavo Botello, Damariz Muñoz, Fernanda Soto y Diego Vigabriel

Fotografías: Mauricio Azero Alcocer, Germán Vargas Aguilar. Foto de portada, sistema agroforestal de Indalecio Vallejos

Diseño y Diagramación: Talleres Gráficos “Kipus”

Cítese como: “Azero Alcocer, Mauricio y Germán Vargas Aguilar. 2018. *Diseño e implementación de Sistemas Agroforestales Dinámicos. Experiencias de la zona seca de Cochabamba, Bolivia*”

Esta publicación fue realizada gracias al Proyecto de Investigación Aplicada en Adaptación al Cambio Climático (PIA-ACC), de la Cooperación Suiza en Bolivia (COSUDE). Es parte del proyecto “*Diseño de un modelo y una metodología para la implementación de sistemas agroforestales a partir de procesos participativos: 10 estudios de caso en comunidades de Sacaba, Tarata, Tapacarí y Vinto*”

Impreso en Talleres Gráficos “Kipus” Telfs.: 4731074 - 4582716. Cochabamba
Printed in Bolivia

Introducción

La presente cartilla pretende brindar los conceptos básicos para diseñar e implementar sistemas agroforestales dinámicos, en la zona semiárida de Cochabamba, bajo condiciones de riego auxiliar.

El **diseño** de un sistema agroforestal dinámico se refiere a la planificación, es decir, es la etapa previa a la plantación. Allí se deciden aspectos cruciales del sistema, tales como las especies a plantar (principalmente en el componente arbóreo), las distancias entre ellas, la distribución de las plantas en la parcela, etc. Es un proceso determinante, dado que aquí se define el tipo de parcela agroforestal que se quiere cultivar ¡en las siguientes décadas!. Por otro lado, está la **implementación** de la parcela, donde también se requiere tomar decisiones importantes, que asegurarán el prendimiento de los árboles. Éstos se constituyen en la inversión más importante de un sistema agroforestal, razón por la cual la implementación debe ser realizada con mucho esmero.

Esta cartilla recupera la experiencia recogida en el proyecto *“Diseño de un modelo y una metodología para la implementación de sistemas agroforestales a partir de procesos participativos: 10 estudios de caso en comunidades de Sacaba, Tarata, Tapacarí y Vinto”*, financiado por la Cooperación Suiza en Bolivia COSUDE a partir de la iniciativa PIA-ACC (Proyecto de Investigación Aplicada en Adaptación al Cambio Climático).

En este proyecto se realizó la evaluación detallada de 10 sistemas agroforestales en sus aspectos sociales, económicos y ecológicos. Se realizó un amplio levantamiento de información en campo y distintas encuestas a las familias. Toda esta evaluación permitió extraer conclusiones de diferentes aspectos y momentos de los sistemas agroforestales. En la presente cartilla, se reflejan las observaciones referidas a los momentos de diseño e implementación y sus consecuencias en el sistema productivo.

La cartilla es parte de un conjunto de 6 documentos, escritos con el objetivo de brindar información a técnicos interesados en la temática.

Contenido

¿Qué es un sistema agroforestal dinámico? 3

Diseño de un sistema agroforestal dinámico

Elementos del diseño de sistemas agroforestales 6

1. Elección del sitio 7
2. Tipos de sistemas agroforestales dinámicos 9
3. Productos de los sistemas agroforestales dinámicos 11
4. Cuidados en la implementación de un SAFD en un terreno con pendiente 12
5. Árboles más adecuados para utilizarse en un SAFD 14
6. Mapa de las especies 17

Implementación de un SAFD

Elementos a tener en cuenta en la implementación 20

1. Cercado de la parcela 21
 2. Época más adecuada para la plantación de un SAFD 22
 3. Distancias y densidades de plantación de árboles 23
 4. Plantación en sí: perforación de hoyos y preparación de la tierra 25
 5. Riego post plantación 26
 6. Monitoreo y refallo 27
- Referencias 30



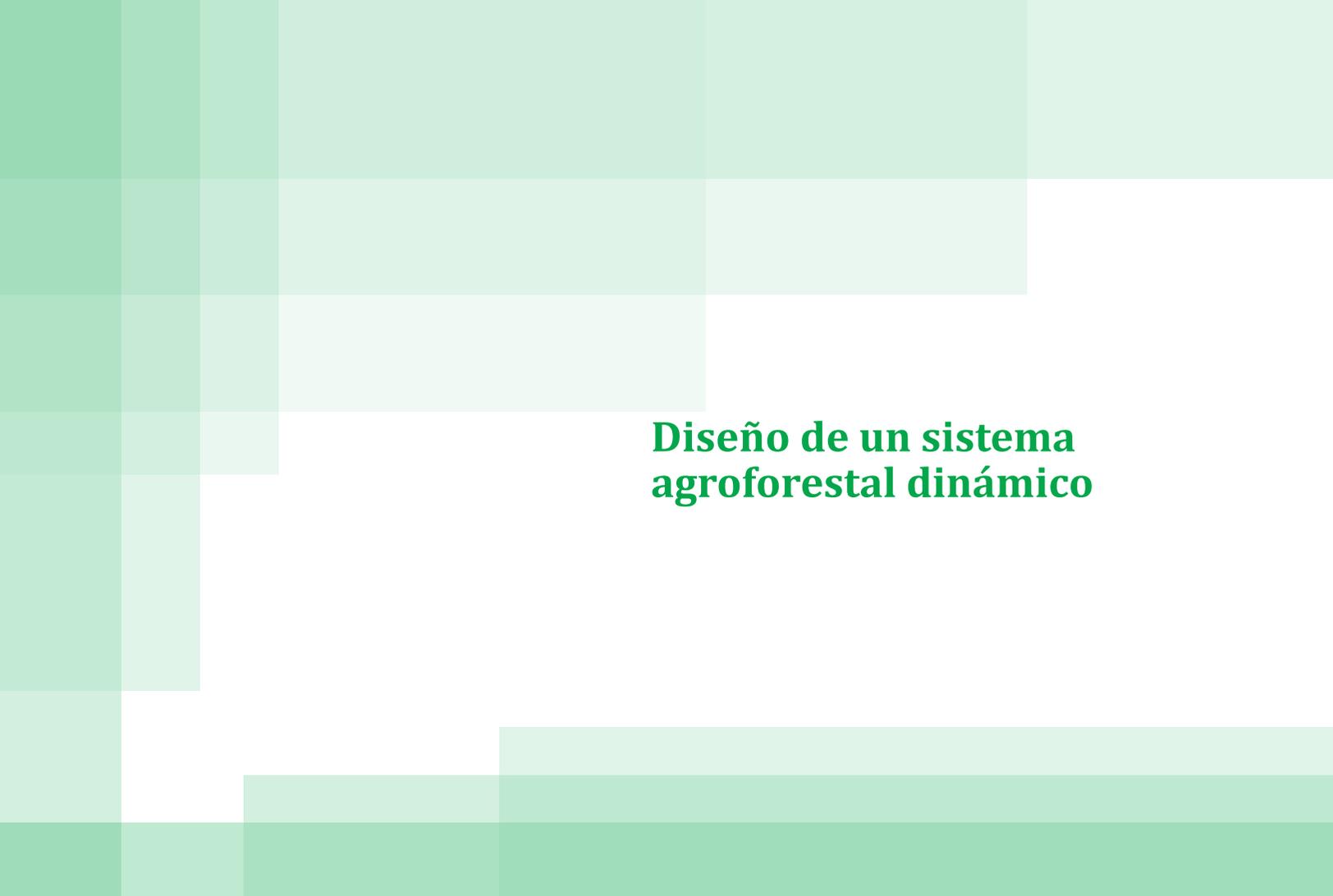
¿Qué es un sistema agroforestal dinámico?

Un sistema agroforestal es un sistema productivo que incluye un componente leñoso –integrado por árboles y arbustos– y un componente agrícola, integrado por uno o más cultivos, dispuestos generalmente en callejones.

El carácter de “dinámico” está dado porque el sistema es altamente cambiante en el tiempo, como resultado de que incluye especies anuales y perennes. La parcela agroforestal sigue un proceso de sucesión ecológica, acompañado y controlado. Su aspecto, tanto como su producción van variando con los años. En los primeros años, el componente agrícola es el que más aporta en términos de producción. A medida que los árboles se desarrollan, los productos provenientes de los mismos van cobrando importancia, hasta que finalmente algunas especies, las caracterizadas como *primarias*, prevalecen sobre las demás.

En este sentido, el sistema agroforestal dinámico se caracteriza por:

1. Incluir una elevada diversidad vegetal, compuesta por especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. La copa de estas plantas está además distribuida en varios estratos.
2. Incluir especies de distinta posición en la sucesión ecológica: pioneras (ciclo de vida menor a 1 año), secundarias I (hasta 2 años), secundarias II (hasta 20), secundarias III (hasta 100) y primarias (ciclo mayor a 100 años).
3. Estas especies están plantadas en una elevada densidad, de manera que se maximice la utilización del espacio (horizontal y vertical) y las interacciones entre especies.
4. Incluir especies productivas y especies acompañantes, cuya relación en términos de productos y de biomasa va cambiando en el tiempo.
5. El sistema es manejado a través de la poda: el crecimiento de las especies acompañantes se controla para favorecer las condiciones a las productivas, y mantener un estado juvenil.



Diseño de un sistema agroforestal dinámico



Elementos del diseño de sistemas agroforestales

1. ¿Cómo elegir el sitio para implementar un sistema agroforestal dinámico?
2. ¿Qué tipos de sistemas agroforestales se puede implantar?
3. ¿Qué productos es posible obtener de los sistemas agroforestales dinámicos?
4. ¿Qué cuidados es necesario tener para implementar un sistema agroforestal dinámico en un terreno con pendiente?
5. ¿Qué árboles son adecuados para utilizarse en un sistema agroforestal dinámico?
6. ¿Qué es un mapa de especies?

1. Elección del sitio

Cualquier sitio donde puede crecer un árbol es apto para la plantación de un sistema agroforestal. Lógicamente, si el sitio tiene suelos de mayor fertilidad y además posee disponibilidad de agua de riego, tendrá un mayor potencial de productividad –y rentabilidad–.

PerounSAFDestambiénunatécnicaderecuperación de suelos degradados, aún en condiciones de seco. Para cumplir con esta función será crucial la selección de especies, las cuales deberán tener altas características de rusticidad. En estas condiciones, la selección de especies será mucho más limitada y su productividad será menor.

No obstante lo anterior, la recomendación técnica siempre es que para aprovechar el potencial de un sistema agroforestal, es importante asignarle los mejores terrenos, así como asegurar la disponibilidad de agua de riego auxiliar. Esto permite incluir en el sistema una amplia variedad de especies productivas, incluyendo frutales de alto valor, tales como manzanos, durazneros, vides, chirimoyos u otros.



Otro aspecto recomendable es que la parcela seleccionada para implantar un SAFD se encuentre ubicada próxima con la casa, a fin de que resulte más fácil el manejo y el cuidado de los árboles. Se debe tener en cuenta que el SAFD es un sistema de producción intensivo, que demanda una permanente supervisión y atención de parte del agricultor.



2. Tipos de sistemas agroforestales

Existen diversos tipos de sistemas agroforestales, desde los más simples, que combinan hileras de árboles de una sola especie en medio de un monocultivo, hasta sistemas muy biodiversos, que combinan varias especies leñosas con varios cultivos en la misma parcela.

Los sistemas agroforestales dinámicos, son sistemas altamente biodiversos, que incluyen especies **productivas** (frutales, forrajeras, forestales, medicinales y otros) y especies **acompañantes** (especies nativas, árboles leguminosos y otros). Ambos grupos conviven en una relación no competitiva. Estudios realizados en 10 distintos SAFD de la zona semiárida de Cochabamba referidos a las relaciones entre árboles, mostraron que las únicas relaciones de competencia ocurrieron entre dos árboles productivos de la misma especie, en este caso, manzanos, cuando se encuentran a distancias muy próximas (hasta 1,5 m). Por otro lado, en las parcelas estudiadas, las relaciones entre árbol productivo y árbol acompañante, sin importar

la especie, fueron siempre neutras, es decir, ni de facilitación ni de competencia (Saavedra, 2018). En este estudio se incluyeron árboles productivos frutales (manzano, duraznero, vid, damasco, membrillo, tumbo, pacay, tuna, cedrón y níspero) y árboles y arbustos acompañantes diversos (jacarandá, tagasaste, gandul, olmo, tipa, oreja de mono, acacia floribunda, pino, ligustro, sauce, romero, retama, chacatea, molle, thola y aliso).

Como se trata de un sistema productivo, la atención y el cuidado se centran especialmente en algunas especies productivas, de valor mayor. Por esta razón, para que las especies acompañantes no compitan por la luz con las especies productivas, son podadas fuertemente cada año. De esta manera, no solamente se resguarda la competencia, sino que la poda aporta materia orgánica abundante al suelo, mejorando sus condiciones. Este hecho también fue verificado en el estudio, donde consistentemente los sistemas agroforestales mostraron un contenido de materia orgánica edáfica significativamente superior al de los terrenos convencionales de la vecindad (Arce y Azero, 2018).

En cuanto a la disposición de los árboles, el tipo de sistema más frecuente en la zona semiárida es el SAF en callejones, donde hileras (generalmente de una sola fila de árboles) se intercalan con franjas de cultivo, de entre 3 y 6 metros. Las franjas mayores a 3 metros permiten realizar agricultura aun cuando los árboles están en su máximo desarrollo. Sin embargo, una disposición de franjas anchas encarecerá eventualmente el uso de mallas antigranizo y antipájaros.



3. Productos de los sistemas agroforestales dinámicos

Los sistemas agroforestales dinámicos deben producir continuamente distintos productos:

- Por un lado, en los callejones, los cultivos tradicionales de la zona:
 - papa,
 - maíz,
 - verduras,
 - etc.
- Por otro lado, los productos provenientes del componente leñoso, que pueden ser:
 - frutas (manzana, durazno, uva, etc.),
 - forraje para el ganado (tipa, tagasaste, ceticio, etc.),
 - plantas medicinales (cedrón, thola, etc.),
 - madera (cedro, pino, jacarandá, etc.),
 - flores (retama),
 - miel,
 - etc.



4. Cuidados en la implementación de un SAFD en un terreno con pendiente

Los sistemas agroforestales en callejones se implementan siempre perpendiculares a la pendiente, de manera que aporten a la retención de la escorrentía y al control de la erosión.

Si la parcela tiene una inclinación mayor a 5 %, es importante implementar alguna práctica adicional de control de erosión hídrica. Esta puede consistir en surcos en contorno o barreras vivas de pastos, además de las barreras de árboles o arbustos, cuando la pendiente no supera 10%.

Para pendientes mayores a 10%, es casi ineludible la construcción de terrazas antes de plantar los árboles. Las mismas se pueden construir con rocas, piedras, troncos o ramas, tepes, o simplemente tierra fuertemente apisonada.





En todos los casos es fundamental también la cobertura del suelo con plantas vivas o rastrojos, ;de manera que nunca el suelo se encuentre desprotegido!

5. Árboles más adecuados para utilizarse en un SAFD

Entre las **especies productivas**, para asegurar una adecuada rentabilidad del sistema productivo, es importante incluir alguna(s) especie(s) de alto valor, capaz de comercializarse en condiciones favorables. En la zona semiárida de Cochabamba, generalmente las especies en torno a las cuales se construye un sistema agroforestal dinámico son los manzanos (especialmente en el valle bajo y central) y/o durazneros (especialmente en el valle alto).

En esta zona de Cochabamba existen dos tipos de SAFD, en función a su enfoque principal. (1) Aquellos que tienen un enfoque fuerte hacia la comercialización, basados en frutales como los mencionados. En el diseño de estos SAFD se sacrifica algo la diversidad en pro de favorecer la producción y facilitar la comercialización del producto principal. (2) Los que están destinados esencialmente al consumo familiar, que son mucho más diversos en especies productivas, tanto provenientes de los árboles frutales como de los cultivos agrícolas. Estos sistemas destinan a la venta

los excedentes de la producción. Con seguridad de forma no casual, estos últimos sistemas son llevados adelante especialmente por agricultoras mujeres, en tanto que los primeros son llevados a cabo principalmente por hombres.

Además de manzanos y durazneros, otros frutales adaptados a la zona que podrían tener un potencial para la producción en SAFD son el palto, el chirimoyo, el nogal, el olivo, la tuna, el peral, el membrillero, el ciruelo, el damasco y la vid, entre otros.

Entre los **acompañantes** deben haber al menos dos grupos de especies. Las especies fijadoras de Nitrógeno (leguminosas como la tipa, el tagasaste y las acacias, y otras como el aliso, que aunque no son leguminosas, igualmente realizan simbiosis con bacterias fijadoras de N de vida libre), las cuales tienen un rol insustituible por su capacidad de aportar ese nutriente. Las especies productoras de biomasa, como el molle y la chacatea. Ciertas leguminosas son a la vez productoras de biomasa y de Nitrógeno, como el tagasaste, varias acacias y el ceticio. Entre las especies productoras de biomasa,

existen también las que producen hojas y tallos de rápida descomposición, como la tipa, el tagasaste y el ceticio, que tienen la función de proveer nutrientes rápidamente y promover la actividad biológica edáfica. Y por otro lado están las especies que generan rastrojos de lenta descomposición, como las acacias. El aporte de estas últimas es tener un mayor poder húmico (generan más humus) y proveer una cobertura de residuos superficiales, que al permanecer intactos en la superficie por más tiempo, logran proteger al suelo más efectivamente de la evaporación y de los extremos de temperatura.

En el diseño de un SAFD merecen especial atención las especies nativas. Las mismas son poco exigentes en condiciones de fertilidad del suelo y en condiciones climáticas, con lo que tienen una ventaja primordial como acompañantes. Algunas acompañantes nativas que destacan por su crecimiento rápido y voluminoso en la zona seca de Cochabamba son la tipa, aliso, chacatea, thola, ceibo y molle, entre otros. Es recomendable que sean elegidas de aquellas que corresponden a su piso ecológico natural.





Por otro lado las especies nativas tienen la función de control biológico, dado que albergan una variedad de fauna, que pueden aportar en el control de las plagas de los frutales. Dentro del control biológico, también hay especies repelentes (como la ruda) y especies que sirven de trampa.

Aparte de las especies acompañantes nativas, se utilizan en la zona seca de Cochabamba una serie de otras especies exóticas, que se han adaptado a la zona. Algunas de ellas tienen un desempeño destacable, tal como el tagasaste y el ceticio, dos leguminosas, que también pueden utilizarse como forraje. Otras exóticas que destacan por su crecimiento y rusticidad son diferentes acacias y la retama, que además pueden utilizarse para apicultura por su abundante floración.

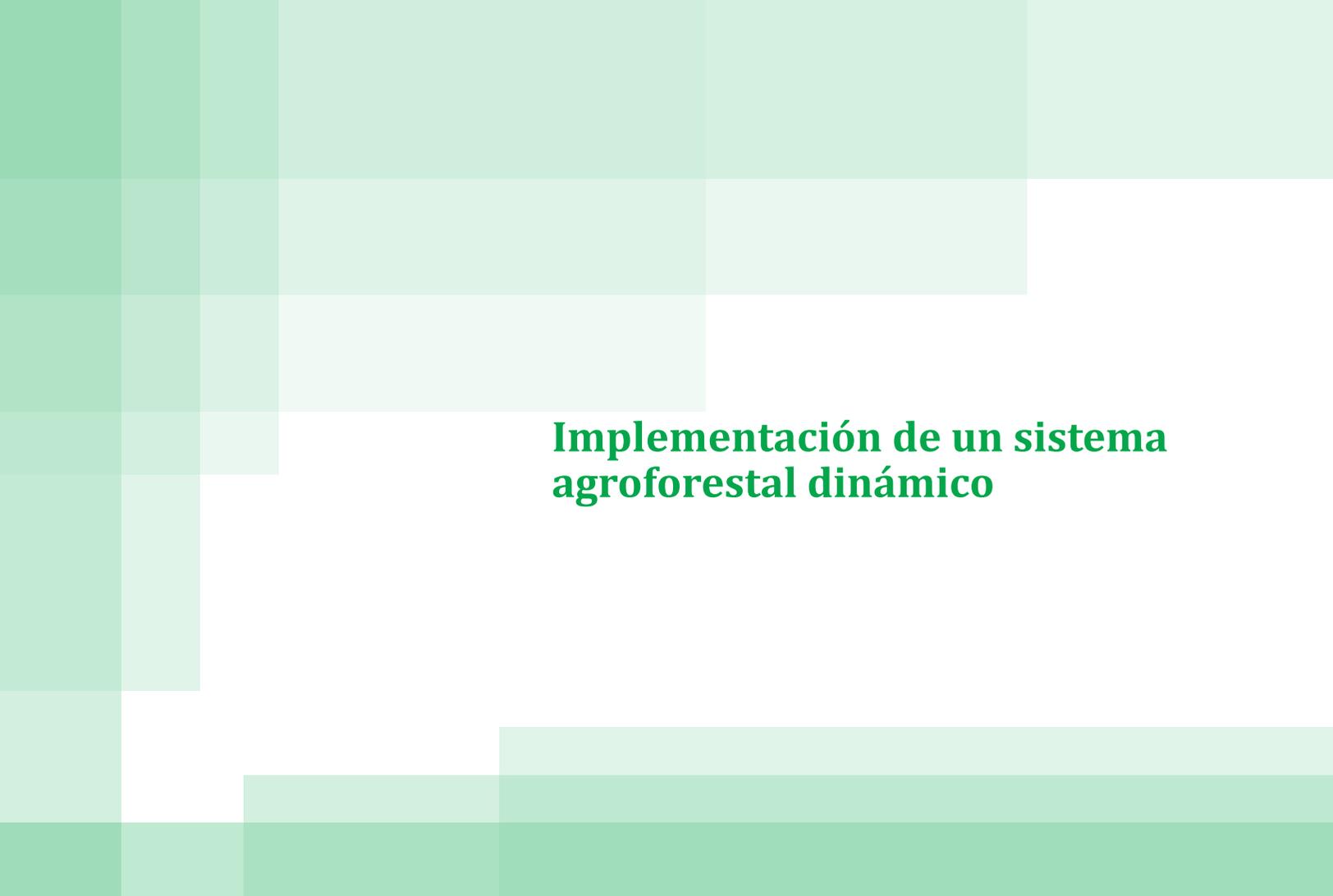
6. Mapa de las especies

Es importante que el diseño del sistema sea realizado de manera participativa entre los productores y técnicos con experiencia en SAFD.

En un mapa de la parcela dibujado en un papelógrafo, se puede plasmar las expectativas del agricultor en cuanto a árboles productivos, junto con las sugerencias técnicas de los acompañantes más adecuados.

Este mapa será el insumo principal en el momento de la plantación del sistema.





Implementación de un sistema agroforestal dinámico

Elementos a tener en cuenta en la implementación

1. ¿Es necesario el cercado de la parcela?
2. ¿Cuál es la época más adecuada para la plantación de un SAFD?
3. ¿Qué distancias y densidades de plantación de árboles son apropiadas?
4. ¿Qué cuidados específicos tener durante la plantación?
5. Luego de la plantación, ¿qué frecuencia de riego es necesaria?
6. ¿Qué aspectos es necesario monitorear?



1. Cercado de la parcela

El cercado de la parcela es un aspecto que realmente conviene considerar, dado que la presencia de animales herbívoros se convierte en un serio riesgo para la sobrevivencia de la plantación.

En la zona seca de Cochabamba, en especial, dado el déficit forrajero que se tiene en los meses secos, la parcela agroforestal se convierte en una fuente muy apetecible.

Es recomendable que el cercado sea permanente. El alambrado de púas es una buena opción para proteger del ganado. La malla de gallinero permite además la protección contra animales silvestres menores, tales como liebres y conejos.

Sin embargo, también es posible realizar una protección a partir de acuerdos entre miembros de la comunidad, que garantice la protección de las parcelas.





2. Época más adecuada para la plantación de un SAFD

La época óptima para la plantación es poco antes de la temporada de lluvias, a fin de que los árboles puedan aprovechar el período lluvioso para poder prender.

Durante las primeras semanas es virtualmente imprescindible disponer de riego auxiliar, para asegurar que las plantas tengan la humedad necesaria en el suelo. Esto dada la irregularidad de las lluvias en la zona semiárida.

La situación ideal es cuando el agricultor tiene un depósito de agua propio, que le permite disponer del recurso en el momento necesario.

3. Distancias y densidades de plantación de árboles

Las distancias entre árboles productivos deben seguir las recomendaciones técnicas habituales. Así por ejemplo, para el cultivo de manzanos, en la zona se suele utilizar distanciamientos de 2,5 a 3,0 m entre árboles de la misma hilera.

Los acompañantes se insertarán en el medio de los árboles productivos, sin afectar su distanciamiento. En el ejemplo, si los manzanos se encuentran a 3 m uno del otro, esa distancia se mantiene, pero tienen entre ellos 1, 2, ó 3 acompañantes.

De esta manera, la densidad de plantación es muy elevada en un SAFD. Esta condición es esencial dado que permite mejorar las condiciones para el crecimiento inicial de los manzanos en condiciones de clima desfavorable.





La mayor parte de los sistemas agroforestales dinámicos en la zona seca de Cochabamba dejan callejones para la práctica de cultivos agrícolas entre medio. Se trata de una estrategia importante, pues permite implementar cultivos que producirán ingresos en los primeros años, antes que los frutales comiencen a producir.

4. Plantación en sí: perforación de hoyos y preparación de la tierra

Un aspecto clave durante la plantación es excavar hoyos suficientemente grandes que aseguren las condiciones edáficas adecuadas para el desarrollo de las raíces.

Para las especies productivas, los hoyos deberían tener óptimamente dimensiones de al menos 60x60x60 cm.

Muchas veces, sin embargo, esto no es posible en condiciones de ladera en la zona seca. En ese caso, deberían tener la mayor profundidad posible.

El mejoramiento de la tierra con abonos orgánicos, tales como estiércoles madurados, compost, o abono de árboles, es importante para los árboles productivos. Es recomendable que la relación de abono/tierra sea de al menos 1/3. En el caso de suelos arcillosos, esta proporción puede aumentar, o añadirse también lama.

Las especies acompañantes, por su mayor rusticidad, no requieren de condiciones tan adecuadas como las mencionadas para las especies productivas.

Luego de la plantación es necesario cubrir el suelo de debajo del árbol con una gruesa capa de residuos, que protejan al suelo de la evaporación.



5. Riego post plantación

Luego de la plantación, es necesario asegurar el prendimiento de las plantas, a través del riego.

Las primeras tres semanas, dependiendo de las características del suelo y el clima, puede ser necesario regar 2 o 3 veces a la semana. Posteriormente la necesidad de riego irá disminuyendo hasta una vez por semana, en la época de crecimiento.

Las especies acompañantes deben ser rústicas respecto al agua. Es importante el riego en la etapa inicial, para asegurar el crecimiento de sus raíces, pero luego su requerimiento disminuye en gran medida.

¡En los años posteriores no debe ser necesario regar las especies acompañantes!





6. Monitoreo y refallo

En las semanas siguientes a la plantación de sistemas agroforestales dinámicos, es necesario detectar las plantas que no han prendido, para reemplazarlas lo antes posible.

También suele ser importante cuidar los plantines del ataque de plagas. En la zona, especialmente las hormigas cortadoras.

**¡El seguimiento de estas
recomendaciones permitirá tener
un sistema agroforestal dinámico
adecuadamente concebido e instalado!**



Referencias

Saavedra, Jorge. 2018. Relaciones planta-planta entre árbol productor y árboles acompañantes en sistemas agroforestales dinámicos de bioma estacionalmente seco, Cochabamba. En: Azero A, M (Ed.), 2018. Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en Cochabamba, Bolivia. Talleres Gráficos Kipus, Cochabamba, Bolivia.

Arce y Azero, 2018. Evaluación de la calidad del suelo en sistemas agroforestales dinámicos vs sistemas convencionales, en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. En: Azero A, M (Ed), 2018. Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en Cochabamba, Bolivia. Talleres Gráficos Kipus, Cochabamba, Bolivia.



МАТЕОС - МАТЕОС,
N.º 1
МАТЕОС
Elvira Rosta Guevara
12TH - 18TH.



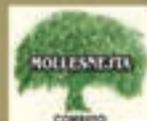
Institución ejecutora del proyecto:



En el marco de:



Instituciones aliadas del proyecto:



Los conocimientos generados en las acciones de investigación, resultado del proyecto PIAACC, apoyado por la Cooperación Suiza en Bolivia, se constituyen en un bien público de acceso libre y gratuito. Todos/as los generadores de conocimiento deben ser debidamente reconocidos/as en su nivel de contribución en cada uno de los materiales producidos.