

Manual

Sistemas agroforestales sucesionales (SAFS) para la restauración ecológica de bosques andinos

JULIO CABEZAS GIMÉNEZ

Con el apoyo del:



Quito, agosto de 2019. Derechos reservados. Se permite la reproducción total o parcial de este documento, siempre que se respete la integridad de la obra, se cite la fuente y no se use con fines comerciales. Este es un documento de trabajo en elaboración; comentarios, sugerencias y colaboraciones son bienvenidas; mayor información y contactos: julioagroforestal@gmail.com. Fotografía de la portada: bosque andino con 20 años de regeneración, sembrado por la Comuna Tola Chica, en el cerro Iitaló.

Contenido

INTRODUCCIÓN	3
PRIMERA PARTE	3
EL CONTEXTO DE LOS BOSQUES MONTAÑOS ANDINOS	3
ANTECEDENTES Y DEFINICIONES.....	5
PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES SUCESIONALES	9
SUCESIÓN NATURAL	10
BIODIVERSIDAD	14
RECICLAJE DE NUTRIENTES.....	15
SEGUNDA PARTE	16
PLANIFICACIÓN AGROFORESTAL.....	16
IMPLEMENTACIÓN DE SAFS	20
PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES DE SIEMBRA Y VIVERO AGROFORESTAL.....	20
SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL ÁREA.....	24
INSTALACIÓN DE LA PARCELA SAFS.....	26
MANEJO AGROECOLÓGICO DE SAFS.....	28
ROZA.....	29
DESHIERBA SELECTIVA	29
PODAS	30
REFERENCIAS.....	32

Introducción

En este pequeño manual presentamos nuestra propuesta metodológica de *restauración ecológica del bosque andino con sistemas agroforestales sucesionales*. Esta propuesta nace de varias experiencias personales y comunitarias en procesos de reforestación y restauración ecológica en diferentes contextos del callejón interandino, sumadas a nuestra formación técnica en agroforestería sucesional, que nos ha permitido conocer de cerca experiencias que han logrado transformar, en muy poco tiempo, ecosistemas muy degradados en sistemas agroforestales biodiversos que recuperan la estructura, funciones y servicios ecosistémicos que proveen los bosques naturales y que, además, nos proveen de alimentos y otros materiales como medicinas, leña o madera.

El documento está dividido en dos partes. En la primera vamos a revisar las bases teóricas y los antecedentes que nos permitirán entender mejor la implementación de este tipo de sistemas. En la segunda parte presentamos todos los detalles prácticos para la implementación de sistemas agroforestales sucesionales en el contexto de la restauración ecológica de los bosques montanos andinos. En la parte final (anexo 1), proponemos un listado de especies potenciales para la restauración ecológica del bosque montano andino.

Este manual tiene un enfoque pragmático y está dirigido a técnicos, profesores y otros profesionales vinculados a procesos de reforestación, restauración ecológica, planificación y ordenamiento territorial, en el contexto del callejón interandino.

Primera parte

El contexto de los bosques montanos andinos

Los Andes ecuatorianos se dividen en dos cordilleras, occidental y oriental, que dividen el territorio continental en tres regiones naturales bien diferenciadas: la costa, la sierra y la Amazonía. El callejón interandino se encuentra entre las dos cordilleras, con altitudes que oscilan entre los 1500 y los 3000 msnm.

El clima y la vegetación de los valles interandinos varía dependiendo de la humedad y de la altitud. Tenemos un *clima ecuatorial mesotérmico seco*, caracterizado por una temperatura que fluctúa entre 18 y 22°C, una pluviosidad anual que no llega a los 500 mm y una humedad relativa entre el 50 y 80%; y un *clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo*, en altitudes menores a los 3000 msnm, con dos estaciones lluviosas marcadas que registran una pluviosidad anual entre los 500 y 2000 mm; con temperaturas medias entre los 10 y 20°C y una humedad relativa entre el 65 y el 85%.

Actualmente el paisaje interandino es un complejo mosaico de asentamientos urbanos dispersos, asociados a actividades agropecuarias y remanentes de algunos ecosistemas naturales como el matorral interandino, los bosques secos y los bosques montanos andinos, sobretodo en las quebradas y áreas montañosas aisladas. De acuerdo a Ulloa y Jørgensen (2004):

Los bosques (montanos) andinos se ubican entre los 2400 y 3000 metros de altitud y se encuentran en las vertientes de ambas cordilleras. Se caracterizan por tener árboles medianos, de hasta 30 metros de alto, con troncos cubiertos por una densa vegetación epífita de musgos, bromelias, orquídeas, helechos, licopodios, líquenes, entre otras. Los géneros más característicos de estos bosques son, entre otros: *Aegiphila*, *Alnus*, *Brunellia*, *Ceroxylon*, *Cinchona*, *Freziera*, *Hedyosmum*, *Ilex*, *Meliosma*, *Miconia*, *Myrcianthes*, *Ocotea*, *Palicourea*, *Sauraia*, *Solanum*, *Tournefortia* y *Weinmannia*.

En los valles interandinos encontramos muy pocos remanentes de estos bosques como por ejemplo en el cerro Ilaló, donde todavía predominan especies como *Ambrosia arborescens*, *Baccharis latifolia*, *Barnadesia arborea*, *Bocconia integrifolia*, *Coriaria ruscifolia*, *Dodonaea viscosa*, *Delostoma integrifolium*, *Euphorbia laurifolia*, *Juglans neotropica*, *Mimosa quitensis*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Myrica pubescens* y *Tecoma stans*, que probablemente predominaron en gran parte del callejón interandino hoy ocupado por cultivos, pastizales y plantaciones de *Eucalyptus globulus*.

Existen evidencias históricas que nos indican que, antes de la conquista, los valles interandinos estaban cubiertos de densos bosques que fueron desapareciendo progresivamente debido a la deforestación, que inició mucho antes de la llegada de los españoles; aunque, con la llegada de los conquistadores se aceleró mucho más la degradación de estos ecosistemas andinos, debido a la demanda de grandes cantidades de madera para la construcción de las nuevas ciudades coloniales y de leña para cocinar y calentar las casas.

Ésto, sumado a las prácticas agrícolas tradicionales como el arado de la tierra, el empleo del fuego, el establecimiento de pastizales para la ganadería y la introducción de especies exóticas maderables fue acabando con la vegetación nativa de los ecosistemas andinos originales. En este sentido y en función de nuestros objetivos de restauración ecológica, es importante tener en cuenta que los matorrales interandinos son ecosistemas boscosos, altamente degradados y alterados por los seres humanos.

La introducción de especies exóticas como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que fue introducido a América en el siglo XIX y se ha convertido en un árbol característico del callejón interandino, es un tema muy controversial hasta el día de hoy. Para unos se trata de un árbol “malo”, “exótico” e “invasivo” que debe ser “eliminado” porque seca y degrada el suelo, porque provoca incendios y no deja crecer a otras especies nativas; y para otros, en cambio, son especies forestales muy útiles que deben ser plantados en monocultivos, porque crecen en zonas altas y muy degradadas, donde no prácticamente no crecería ninguna otra especie forestal y que, además, sirven para revertir la deforestación, absorver CO₂ (mitigación del cambio climático), controlar la erosión y nos proveen de importantes recursos como leña y madera.

Para nosotros, quienes trabajamos en agroforestería sucesional, el problema no es la especie en concreto sino la forma en la que se cultiva. Cualquier otra especie (nativa o exótica) sembrada de la misma forma (en monocultivo) desencadenaría los mismos problemas que el eucalipto.

Las plantaciones de eucalipto en monocultivo, reproducen las dinámicas y estructura de un bosque maduro en etapa de envejecimiento, en el que las copas de los estratos altos se cierran y no permiten la entrada de luz en los estratos bajos, por lo que la vegetación del sotobosque se seca y va desapareciendo. Esto, efectivamente, genera una degradación del suelo y una sequía que, sumada al aumento de la temperatura a nivel del suelo, aumenta considerablemente el riesgo de incendios.

Entonces, no se trata de un problema del árbol sino de nuestra forma de manejarlo. Todos los efectos negativos atribuidos al eucalipto desaparecen cuando los sembramos en consorcio con otras especies, en diferentes estratos. Muchas experiencias, en Brasil y otros lugares, han demostrado que los eucaliptos son especies claves para la regeneración de ecosistemas nativos.

De acuerdo a nuestra clasificación de especies, los eucaliptos son árboles emergentes de rápido crecimiento que se establecen en las primeras fases del bosque secundario y que puede permanecer hasta el bosque maduro si no existe otra especie primaria emergente que lo reemplace. Por eso, cuando trabajamos con la sucesión natural y la aplicamos a la restauración ecológica, podemos aprovechar las bondades de este árbol para crear sistemas agroforestales biodiversos que recuperen la estructura, funciones y los importantes servicios ecosistémicos de los bosques andinos, que algún día cubrieron el callejón interandino.

Antecedentes y definiciones

Durante el verano de 2015 se produjeron una serie de incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito que afectaron a más de 3.000 hectáreas de bosques y páramos. La mayoría de estos incendios tuvieron sus orígenes o estuvieron vinculados con actividades agropecuarias y forestales, como plantaciones forestales de eucalipto sin un manejo adecuado o la quema de pajonales para la ganadería.

Solo en el cerro Ilaló, se quemaron más de 175 hectáreas (ha). La Comuna Tola Chica, asentamiento ancestral ubicado en una franja del Ilaló que va desde los 2.500 msnm hasta la cumbre del cerro (a 3.100 msnm), sufrió graves pérdidas económicas y ecológicas, debido a un incendio originado en una plantación de eucalipto cercana que, en pocas horas, arrasó más de 15 ha de un área de su territorio, donde existía una reforestación con especies nativas de más de 4 años, desarrollada con el esfuerzo de la comunidad, escuelas y colegios del DMQ y con el apoyo del FONAG y la Empresa Eléctrica de Quito.

Además, se quemaron otras 15 ha de un área con cultivos andinos y cercas vivas, que funcionaban como corredores biológicos, conectando los remanentes de vegetación nativa de las quebradas con el bosque alto-andino que protege y conserva la Comuna en la parte alta de su territorio.

Después de la devastación ocasionada por este incendio forestal, en la comisión técnica ambiental de la Comuna Tola Chica, analizamos varios factores que contribuyeron a la

magnitud y proliferación de los incendios durante ese verano y elaboramos una propuesta para la restauración ecológica de las zonas afectadas que sirviera de modelo o referencia para poder ser replicada en otros lugares con condiciones ambientales similares.

En ese momento, la Comuna Tola Chica, tenía más de 15 años de experiencia en procesos de reforestación con diferentes métodos en el llaló. En base a esa experiencia, se llegó a la conclusión que una simple reforestación con especies nativas no era viable, con las condiciones climáticas y ambientales actuales. Para recuperar estas áreas afectadas por los incendios y sumamente erosionadas son necesarias otra clase de medidas que van más allá de una reforestación tradicional.

La restauración ecológica es el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido. Este proceso conlleva actividades intencionadas para iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (SER 2004).

Medidas como el *diseño hidrológico del paisaje* con el que, después de un análisis de la topografía del terreno, se construyen canales o zanjas de infiltración y reservorios para la cosecha del agua de lluvia en ubicaciones estratégicas, que sirven para detener la erosión causada por el agua de escorrentía de la lluvia, infiltrándola en el suelo y rehidratando el paisaje de forma homogénea, además de retener grandes cantidades de sedimentos, nutrientes y materia orgánica, logrando acelerar la regeneración natural del ecosistema.

El diseño hidrológico es un conjunto de saberes y tecnologías -ancestrales y modernas- sobre el manejo del agua de lluvia en zonas montañosas para detener la erosión, rehidratar el paisaje u obtener agua de riego para períodos de sequía, que sirve además para el control y prevención de incendios.

El origen de estas tecnologías es ancestral, ya que por miles de años se han implementado en las zonas montañosas del planeta como estrategia para la disponer de agua para los períodos de sequía y aumentar la humedad en los suelos destinados a usos agrícolas y áreas de pastoreo. Tenemos ejemplos de estas prácticas en todos los continentes y, en los Andes, destacan las *amunas*, en Perú, o las milenarias *albarradas*, en la costa y el sur de Ecuador. Estos sistemas implican un profundo conocimiento del paisaje y una sabiduría característica de las culturas ancestrales que consiste en maximizar los beneficios con la mínima intervención o impacto ambiental (Yapa, 2013).

Con esta estrategia, combinada con la implementación de *sistemas agroforestales sucesionales* en las líneas donde se remueve el suelo para crear los canales y reservorios, se puede acelerar considerablemente la sucesión ecológica y el proceso de regeneración natural de los ecosistemas. A través del manejo intensivo de estos sistemas, a través de la poda de las especies pioneras y de servicio, acumulamos gran cantidad de materia orgánica y nutrientes en barreras vivas que, con el tiempo, se convierten en fértiles terrazas de formación lenta.

Según el *World Agroforestry Center* (1982), un **sistema agroforestal (SAF)** es una combinación de árboles, arbustos y otras especies perennes con cultivos agrícolas y/o animales en la misma unidad de tierra, con diversos arreglos espaciales o secuencias temporales que implican una serie de interacciones ecológicas y económicas entre sus componentes.

Existen muchos tipos de SAF, desde sistemas muy simples, con dos o tres especies que dependen de un elevado uso de insumos y energía (agroquímicos, maquinaria, etc.), como, por ejemplo, un cultivo anual (maíz, trigo) asociado con una especie maderable; hasta sistemas mucho más complejos y sustentables, con una elevada biodiversidad y un manejo intensivo como los *cafetales* o *cacaotales* tradicionales, que combinan la producción de café o cacao con cítricos y otros frutales, bajo una sombra en diferentes estratos de plátano, especies forestales de servicio y árboles nativos y maderables dispersos.

Los **sistemas agroforestales sucesionales (SAFS)**, también conocidos como *sistemas agroforestales multiestrato, bosques análogos o bosques comestibles*, tienen sus raíces en los sistemas de producción ancestrales y tradicionales, desarrollados por los pueblos indígenas en las regiones tropicales del planeta, desde hace al menos 4.500 años. Estos sistemas buscan imitar las dinámicas de la *sucesión natural* en los ecosistemas locales, aplicándolas al cultivo de especies útiles. Se caracterizan por contener una elevada biodiversidad de especies nativas y cultivos en diferentes estratos, imitando la forma y estructura de los bosques nativos del lugar.

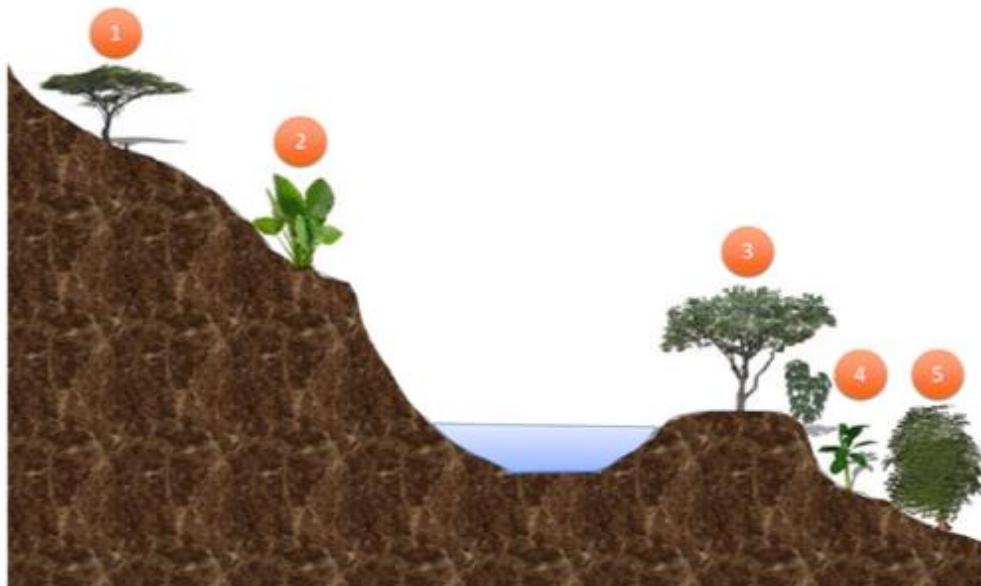
Esta propuesta fue presentada en la comisión ambiental del Concejo Metropolitano de Quito y posteriormente fue aprobada y viabilizada a través de un convenio de cogestión entre la Comuna Tola Chica y la Secretaría del Ambiente del Municipio del DMQ, denominado: “*Recuperación de la cobertura vegetal y rehidratación del paisaje a través del diseño hidrológico y agroforestal*”, con un presupuesto aproximado de USD 30.000, que se desarrollaría entre los años 2016 y 2017.

El objetivo principal de este proyecto pionero era “*establecer un sistema agroforestal sucesional basado en el diseño hidrológico en áreas degradadas (afectadas por los incendios) del territorio de la Comuna Tola Chica, para la recuperación de la cobertura vegetal y generar alternativas de producción sostenible para los integrantes de la Comuna Tola Chica*”. El área de intervención del proyecto fue de aproximadamente 3 hectáreas. Para lograr este objetivo se planteó una estrategia con tres componentes:

1. Diseñar e implementar un sistema de cosecha de agua de lluvia a través de canales y reservorios, que permita la rehidratación del paisaje y la regeneración asistida de los ecosistemas en un área degradada por los incendios y la erosión.
2. Establecer un *sistema agroforestal sucesional* con especies nativas y frutales que contribuya a la recuperación de la cobertura vegetal a través del manejo y los dispersores naturales.
3. Recuperar prácticas y saberes ancestrales sobre el manejo del agua y los recursos naturales, a través de encuentros de intercambio de experiencias entre las comunidades locales y con la participación de expertos internacionales.

Para el primer componente, se realizó un análisis de la topografía del terreno y un levantamiento topográfico para identificar las líneas clave del paisaje (curvas a nivel principales). Luego se desarrolló un plano técnico con la propuesta de ubicación de los reservorios y canales del sistema de cosecha de agua de lluvia. Finalmente se construyó, con maquinaria liviana y a mano, un sistema interconectado de 4 canales y 4 reservorios, con un total de 850 metros lineales.

Para el segundo componente, se realizó un diagnóstico del estado de degradación del ecosistema del área de intervención y un análisis de los ecosistemas naturales cercanos de referencia, presentes en las quebradas más húmedas del Ilaló y en el bosque altoandino que conserva la comuna en la parte alta de su territorio. Luego se prepararon las áreas para las siembras sobre los canales construidos con el sistema hidrológico. Se diseñó un sistema agroforestal compuesto por una amplia gama de plantas nativas pioneras y secundarias, frutales y cultivos anuales andinos, que fue sembrado siguiendo la lógica de la sucesión natural. Finalmente se sembró un total de 60 especies, entre forestales nativas, frutales y cultivos anuales, de acuerdo al siguiente patrón de siembra:



Nota: (1) Líneas de siembra en contorno entre canales; (2) línea retenedora de pasto milín y arbustivas nativas; (3) línea en la cama de siembra; (4) chakra andina lineal; (5) línea en el pie del canal.

Después de la siembra del SAF, se realizaron algunos trabajos de manejo y mantenimiento periódicos (roza, deshierbas, podas, coronación, etc.), además de varias cosechas de los cultivos andinos que fueron incorporados como especies pioneras (maíz, fréjol, habas, chochos, sambos, entre otras), como podemos observar en las siguientes imágenes:



Nota: a la izquierda, SAF recién sembrado (noviembre 2016) y, a la derecha, primer trabajo de manejo del SAF (marzo 2017), en el que se cortaron e incorporaron especies herbáceas pioneras como abono verde.

A 3 años de la implementación del proyecto y sin haber incorporado ningún tipo de abono o fertilizante externo, se ha cosechado maíz, fréjol, habas, chochos, sambos, zapallos, uvillas y algunas de las especies forestales introducidas presentan tasas de crecimiento muy superiores a cualquier reforestación convencional. Existen alisos (*Alnus acumiata*), tilos (*Sambucus nigra*) y capulis (xxxx) de 3 a 4 metros de altura, duraznos en producción y muchas otras especies, sembradas y espontáneas, que siguen mejorando los suelos. Uno de los aspectos más interesantes de este proceso es la cantidad de especies (no sembradas) que aparecen y se dispersan gracias a la regeneración natural del ecosistema, facilitada por los organismos dispersores, como los pájaros.

Esta experiencia, nos ha permitido sistematizar los aciertos y las dificultades durante todo este proceso y generar muchos aprendizajes desde la práctica acerca de la regeneración del bosque montano altoandino, y sobre el desempeño de las especies introducidas y las prácticas más apropiadas para el manejo de estos agroecosistemas. Además se presenta como una alternativa viable y efectiva de bajo costo para la prevención de incendios en la zona interandina, ya que hemos podido comprobar cómo, a través de el sistema hidrológico y agroforestal, se logra mantener la humedad del suelo y de las especies vegetales por más de un mes, desde que termina la época de lluvias.

En este pequeño manual presentamos, de forma resumida, nuestro método de *restauración ecológica del bosque andino con sistemas agroforestales sucesionales*, incorporando todos estos aprendizajes, de forma que se pueda replicar en otros lugares con características ecológicas similares.

Principios de los sistemas agroforestales sucesionales

Los *sistemas agroforestales sucesionales (SAFS)* se basan en algunos principios y conceptos de la ecología, sobretodo en la *sucesión natural* o *sucesión ecológica*, por eso también se conoce a este método como *agroforestería sucesional*, *agrofloresta* o *agricultura sintrópica*. Este método ha sido desarrollado en la práctica, en Latinoamérica, durante los últimos 40 años, por *Ernst Götsch*, un agricultor e

investigador de origen suizo, y por algunos de sus alumnos, investigadores y agricultores, como *Joachim Milz* y *Fabiana Mongeli*, que han continuado con su trabajo y están implementando experiencias, con muy buenos resultados, en diferentes lugares del mundo.

Las primeras descripciones académicas de estos sistemas agroforestales sucesionales o análogos tienen sus orígenes en los estudios de Holdridge (1959), Budowsky (1956), Bene (1977), Hart (1976, 1978), Nair (1985) y Senanayake (1987, 1998), entre otros; aunque, como dicen estos autores, estas prácticas son ancestrales y están presentes en la mayoría de culturas pre-coloniales ubicadas en lugares tropicales boscosos, desde hace al menos 4.500 años.

El insumo más importante que se requiere para implementar y manejar estos sistemas es el *conocimiento* sobre el funcionamiento de los ecosistemas locales y sobre las características y necesidades de las diferentes plantas y árboles del lugar.

Además de una descripción detallada de los ecosistemas naturales de referencia, requerimos de una caracterización botánica y ecofisiológica detallada de todas las especies nativas y cultivadas que queremos introducir. Cuando esta información está disponible, el siguiente paso es encontrar especies similares estructural y funcionalmente a la vegetación del ecosistema natural. La disposición espacial y cronológica de las plantas en el ecosistema natural se utiliza como referente para diseñar los sistemas agroforestales análogos (Hart, 1980).

Sucesión natural

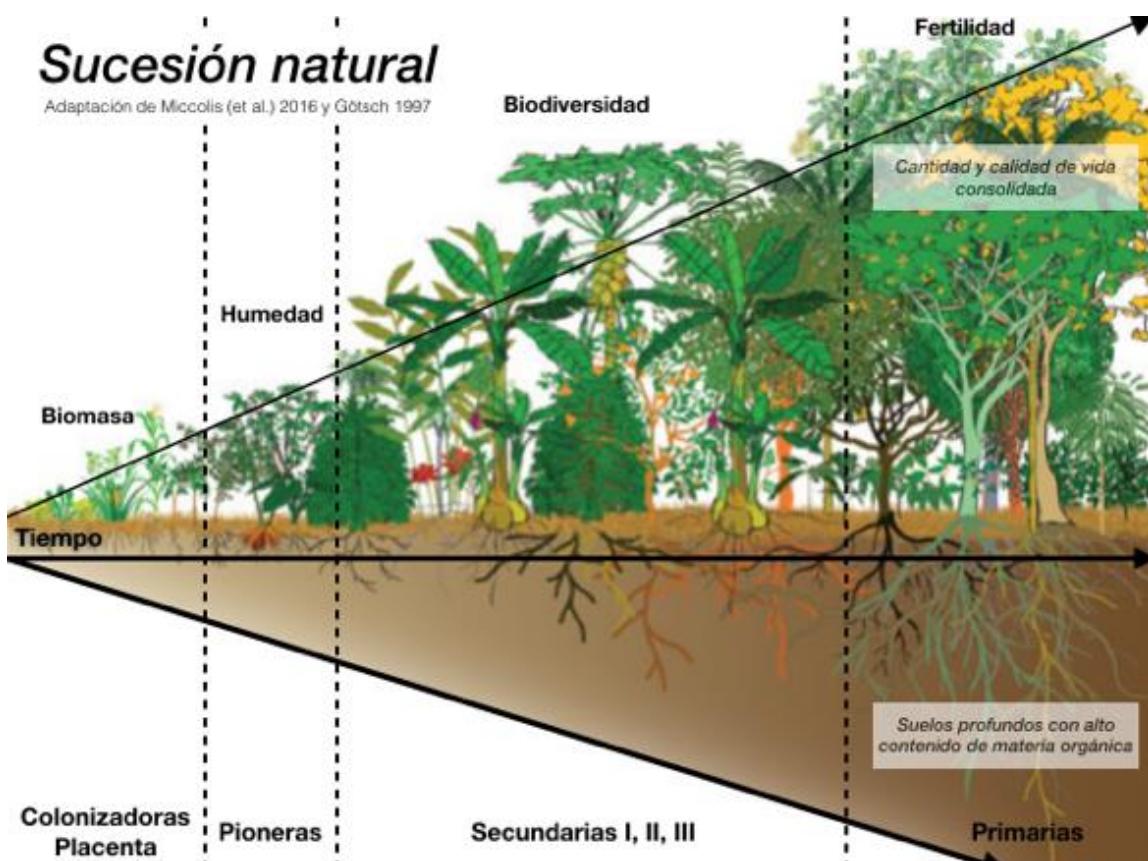
Un bosque no es un simple conglomerado de árboles y plantas, es un sistema dinámico muy complejo, adaptado a las condiciones climáticas y al suelo del lugar en el que se encuentra.

En cada lugar, flora y fauna se organizan en forma de asociaciones o comunidades, en las que cada elemento cumple varias funciones y contribuye mejorando las condiciones ambientales para que esta comunidad prospere y se reproduzca, cumpliendo su ciclo de vida y dando lugar a nuevas comunidades (generalmente) más complejas. Es decir, cada asociación (o consorcio) funciona como un organismo que está determinado por su predecesor y que determina a su sucesor. Este proceso dinámico y evolutivo se denomina *sucesión ecológica* o *sucesión natural de especies*.

A cada conjunto o comunidad de plantas que convive en un ecosistema durante el mismo periodo de tiempo lo llamamos **consorcio**; entonces la **sucesión ecológica** puede resumirse como una serie de consorcios de especies, organizadas en diferentes **estratos**, que progresivamente van creando las condiciones ambientales (estructura y fertilidad del suelo, humedad, luminosidad, etc.) para que surja otro consorcio de especies más complejo y con un ciclo de vida más largo.

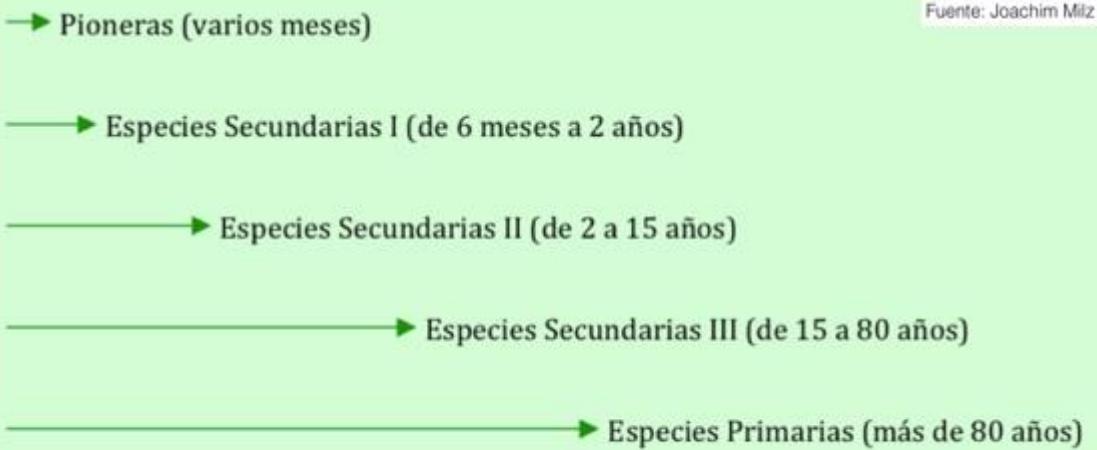
Sucesión natural

Adaptación de Miccolis (et al.) 2016 y Götsch 1997



Este proceso natural, que camina hacia la complejidad, puede verse alterado o interrumpido por eventos inesperados que modifiquen la trayectoria de la sucesión natural hacia otro estado completamente diferente y, dependiendo de la intensidad del disturbio, se puede llegar a un estado de “no retorno” de degradación en el que ya no sea posible regresar a un ecosistema similar al original. Las causas de estos disturbios pueden ser naturales (erupciones volcánicas, inundaciones, deslaves, rayos, etc.) o antrópicas (incendios, deforestación, contaminación, agroquímicos, etc.).

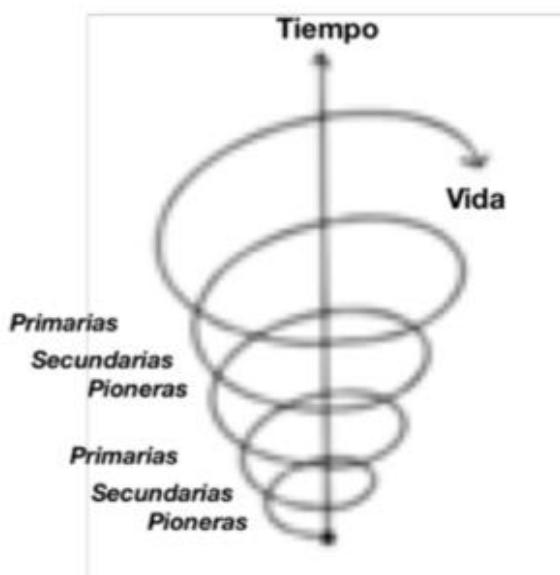
En la naturaleza, algunas especies pioneras son capaces de crecer en suelos muy pobres y erosionados, o en lugares que han sufrido alguno de estos disturbios, como en el caso de los incendios. Estas especies colonizadoras, como algas o líquenes, crean las condiciones para la aparición de otras especies pioneras, generalmente herbáceas anuales como las gramíneas o leguminosas, que siguen mejorando las condiciones ambientales y del suelo para que especies secundarias más resistentes puedan empezar a crecer. Los consorcios de especies del bosque secundario se desarrollan en varias fases, en las que el ciclo de vida de las especies dominantes se va incrementando. Estas especies secundarias, crean las condiciones ambientales y mejoran el suelo, para que puedan crecer las especies del bosque primario, cuyo ciclo de vida es de 100 años en adelante.



Cuadro 9: Clasificación de los consorcios de plantas partiendo de la duración de su ciclo vital y pensando en la implementación de sistemas agroforestales sucesionales (según GÖTSCH)

Pero, ¿qué sucede cuando el bosque llega al clímax o a su madurez? Normalmente predominan los estratos alto y emergente y progresivamente van desapareciendo la mayoría de especies de los estratos inferiores. Esta situación se mantendrá por más o menos tiempo hasta que, por alguna razón, algún árbol grande caiga y se abra un claro en el bosque, reiniciándose el proceso de la sucesión natural de especies, pero está vez con nivel de fertilidad y calidad de suelos mucho mejor que en el anterior ciclo. Por eso algunos expertos prefieren no hablar de clímax para que no pensemos que el objetivo del ecosistema es llegar a esa fase y quedarse ahí para siempre, sino que se trata de una fase de transición hasta que suceda algún evento o disturbio que permita que se reinicie un nuevo ciclo en la sucesión natural de especies.

De esta forma vemos como durante el proceso de la sucesión ecológica se desarrollarán múltiples ciclos de especies pioneras – secundarias – primarias en el tiempo, pero cada vez con mayor cantidad y calidad de vida consolidada, como si fuera un espiral ascendente, como en la siguiente imagen:



Si observamos un bosque maduro, veremos que hay diferentes niveles o estratos de vegetación. Es decir, especies con diferentes alturas y tamaños en relación a las otras plantas con las que conviven. La altura de cada planta no es aleatoria, sino que depende de las necesidades que tiene esa especie de recibir luz solar cuando es adulta. Entonces, para conocer el estrato de una determinada especie debemos fijarnos en una planta madura en su ecosistema natural, ya que durante su ciclo de vida ocupará diferentes estratos hasta alcanzar la altura adecuada en relación a las otras plantas, que le permita captar la luz solar suficiente para desarrollarse plenamente.



Nota: estratos del bosque y de los sistemas agroforestales agroecológicos, adaptado de Miccolis A. (et al.). 2016

Las plantas del *estrato emergente* son aquellas que sobresalen por encima del dosel del bosque, porque son especies que requieren de luz directa durante todo el día, mientras que las plantas del *estrato alto* pueden tolerar sombras ocasionales durante algunos momentos del día. Las plantas del *estrato medio* toleran un poco más de sombra y las del *estrato bajo y rastrero* se desarrollan bien con una sombra más intensa, siendo capaces de realizar la fotosíntesis con la luz filtrada por las plantas de los estratos más altos.

Los porcentajes (%) de la imagen anterior se refieren al área ocupada por las copas de los árboles de cada estrato en los bosques naturales. La razón por la que la suma de los estratos es más del 100% es porque la misma superficie está cubierta por diferentes estratos sobrepujantes, optimizando el uso del espacio y maximizando la producción de materia orgánica ya que, en el mismo espacio, se desarrollan varias plantas con diferentes alturas que realizan la fotosíntesis al mismo tiempo, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Biodiversidad

Otra característica fundamental de los bosques andinos es la enorme biodiversidad que contienen. En estos ecosistemas existen tantas especies animales y vegetales, que apenas conocemos una pequeña parte de ellas. Cada año se descubren nuevas especies de plantas, anfibios, insectos, por no hablar de los hongos, bacterias y otros microorganismos del suelo, de los que apenas se conoce alrededor del 5%.

Cuando hablamos de **biodiversidad** nos referimos a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema.

Cuando se abre un claro en el bosque, existe una gran cantidad de semillas en el suelo de las diferentes plantas que hubo alguna vez en ese lugar, semillas de todas las fases de la sucesión natural, además de otras semillas traídas por los pájaros y otros animales; todas esperando para germinar cuando las condiciones ambientales (luz, humedad, fertilidad, etc.) lo permitan. Estas plantas que aparecen de forma espontánea en los ecosistemas son parte de la *regeneración natural* y, bien manejadas, nos ayudan a mejorar la calidad del suelo y la salud de nuestro agroecosistema.

La agricultura convencional usa herbicidas -como el *glifosato*- para eliminar estas plantas espontáneas que califica como “malas hierbas”, contaminando el suelo y el agua y causando problemas de salud en los agricultores y los consumidores. Luego, como se ha eliminado el mecanismo que tiene la naturaleza para fertilizar y mejorar el suelo, se utilizan costosos fertilizantes químicos u orgánicos para crear unas condiciones artificiales de fertilidad que duran muy poco tiempo, en especial cuando llueve.

En nuestros sistemas agroforestales permitimos el desarrollo de la *regeneración natural* ya que aquellas especies que la naturaleza “planta para nosotros” vienen a completar nuestros consorcios en cada fase de la sucesión natural, llenando nichos ecológicos o estratos que están disponibles en el agroecosistema; contribuyendo así al incremento de la biodiversidad, mejorando el control biológico de plagas y produciendo una mayor cantidad de materia orgánica, lo que se traduce en más salud y fertilidad para nuestras especies cultivadas.

Aprendiendo de esta dinámica de la naturaleza, cuando implementamos nuestros sistemas agroforestales, introducimos una *gran diversidad de especies en alta densidad* para luego ir seleccionando y promoviendo el crecimiento de las que mejor se adapten a cada nicho de nuestro agroecosistema.

La **siembra en alta densidad** de especies y el **manejo de la regeneración natural** son dos estrategias fundamentales para el manejo de la biodiversidad en nuestros sistemas agroforestales, para garantizar una elevada producción de **materia orgánica** que nos permita cubrir todo suelo, para nutrir y dinamizar los procesos biológicos en el suelo.

El suelo del bosque está lleno de vida y la salud, el crecimiento y desarrollo de nuestro *organismo-bosque* depende del equilibrio y de la vitalidad este universo microscópico que tenemos bajo los pies. En un puñado de tierra, existe una enorme biodiversidad de

organismos como *gusanos, moluscos, cien pies, hormigas, escarabajos, larvas, arácnidos y ácaros, nematodos, algas, amebas, hongos, bacterias*, entre otros. Por ejemplo, si recogemos una muestra de suelo con una cucharita de café y la observamos en el microscopio, podemos llegar a observar hasta 50 nematodos, 62.000 algas, 72.000 amebas, 111.000 hongos, 2 millones de actinomicetos y más de 25 millones de bacterias, entre otros organismos.

Al igual que las especies vegetales, todos estos organismos del suelo cumplen funciones muy importantes para el funcionamiento del agroecosistema, como: la aireación y mejoramiento de la estructura del suelo, la descomposición de la materia orgánica, la transformación de nutrientes para que las plantas puedan asimilarlos, entre otras.

Además de los organismos del suelo, existen muchos otros seres vivos que cumplen funciones muy importantes para nuestros agroecosistemas, como **controladores biológicos naturales, polinizadores o dinamizadores de los procesos naturales**. Por eso, a través del manejo de la biodiversidad, creamos ambientes propicios para su desarrollo y evitamos cualquier práctica que pueda perjudicarles.

Reciclaje de nutrientes

Las plantas absorben del suelo los nutrientes que necesitan para crecer y una vez han cumplido su ciclo de vida, devuelven al suelo una parte de los nutrientes que utilizaron a través de sus hojas, ramas y raíces. Toda esta **materia orgánica o biomasa**, depositada en el suelo y en el subsuelo del bosque, sirve de alimento para los diferentes organismos descomponedores que la transforman, disponibilizando nuevamente los nutrientes para que otras plantas puedan aprovecharlos.

La materia orgánica, está compuesta por restos de animales, microorganismos y sus heces, restos de vegetales y sus raíces y se reconoce en el suelo por su color oscuro. Pero, ¿por qué es tan importante la materia orgánica en los suelos tropicales?

La materia orgánica es el alimento y la fuente de energía de todos los organismos que viven interconectados en el suelo. Además, es responsable de la mayoría de procesos y propiedades que definen la calidad y fertilidad del suelo, como: (1) la capacidad de almacenamiento y suministro constante de nutrientes a largo plazo; (2) disminuye las pérdidas por lixiviación y evaporación; (3) regula del pH del suelo, neutralización de suelos ácidos; (4) mejora la capacidad de infiltración y retención de agua (efecto “esponja”); (5) controla la erosión del suelo; (6) mejora la estructura, textura y porosidad del suelo y (7) dinamiza los procesos biológicos del suelo.

A través del manejo de nuestros sistemas agroforestales debemos facilitar y acelerar este proceso de reciclaje de nutrientes para mejorar la calidad del suelo, la salud y el buen desarrollo de nuestras plantas cultivadas. Esto lo logramos a través de la prácticas que ya hemos visto, como la *siembra de diferentes estratos y consorcios en alta densidad* y con el *manejo de la regeneración natural* y de las especies cultivadas, con diferentes técnicas como la *deshierba selectiva* y los diferentes tipos de *podas*.

Nuestro rol principal en el manejo de nuestros sistemas agroforestales es **dinamizar los procesos biológicos** y mantener el **suelo siempre cubierto** con abundante materia orgánica, ya sea con plantas sembradas en alta densidad, abonos verdes, plantas de cobertura o con la materia orgánica que proviene de las deshierbas y las podas.

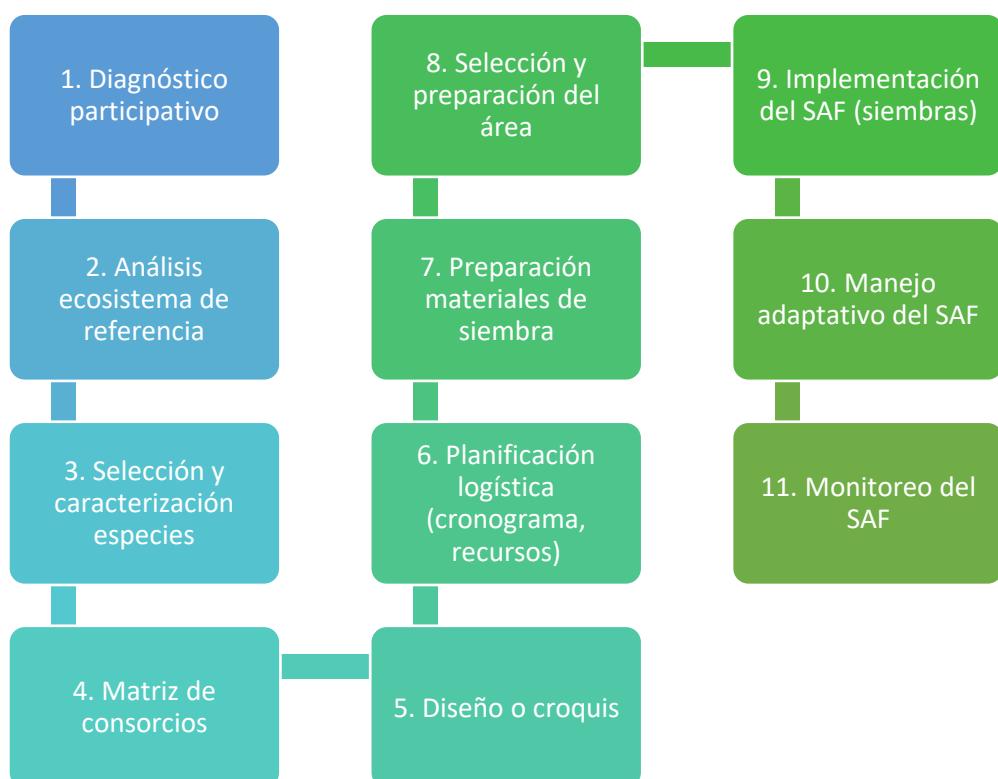
Por otro lado, la presencia en el agroecosistema de árboles y plantas con raíces de diferentes tamaños, ocupando el suelo en diferentes profundidades, permite la extracción y disponibilización de nutrientes que existen en el subsuelo, a diferentes profundidades, para otras plantas. Todas estas plantas tienen diferentes exigencias de nutrientes, humedad, luz, etc. para crecer y, al ser podadas o arrancadas, contribuyen con su materia orgánica que contiene diferentes tipos de nutrientes y con tiempos de descomposición diferentes, garantizando una cobertura del suelo más duradera y la disponibilidad de diversos nutrientes para el desarrollo constante de la vida en el suelo.

Por eso, cuando podamos, además del material vegetal que obtenemos, como las hojas y las ramas, una parte proporcional de raíces también se desprende bajo el suelo, resultando en una incorporación subterránea de materia orgánica, que igualmente será transformada por los organismos descomponedores.

Segunda Parte

Planificación agroforestal

A continuación presentamos un resumen del proceso de *planificación* (del punto 1 al 6), *implementación* (del 7 al 9) y *manejo* de sistemas agroforestales sucesionales (10 y 11) como una alternativa para la restauración ecológica de los bosques montanos andinos:



El primer paso para implementar un sistema agroforestal o para iniciar un proceso de restauración ecológica es delimitar, analizar y entender el contexto en el que vamos a trabajar. Por eso, lo primero que realizamos es un breve *diagnóstico participativo* para averiguar cuáles son los **objetivos** o vocación de las personas que van a participar en el proceso, las **vulnerabilidades** o **riesgos** que les afectan y qué **recursos** están disponibles para la implementación y manejo de los sistemas que vamos a implementar.

Existen varias herramientas y actividades que nos pueden ayudar a construir este *diagnóstico participativo*. Todo depende del contexto en el que vamos a trabajar: si se trata de una familia, una asociación, una empresa o una comunidad y del tiempo y los recursos que disponemos. En general, si hay tiempo y recursos suficientes, recomendamos realizar las siguientes actividades: mapa del lugar, recorrido por el área de intervención y una entrevista o conversación informal con todas las personas implicadas, para recabar la siguiente información:

- Dibujo o mapa del estado actual del área de intervención con sus principales elementos.
- Ubicación y delimitación del área de intervención; coordenadas del lugar, altitud o rango altitudinal.
- Extensión del área y zonificación (definición áreas con diferentes usos)
- Objetivos, sueños y aspiraciones de las personas implicadas
- Objetivos de los SAFS: restauración de áreas degradadas, alimentos para consumo o para comercialización, o una combinación de los anteriores.
- Recursos o talento humano: ¿quién va a trabajar?, de ¿cuánto tiempo disponen?, ¿qué conocimientos, habilidades y formación? tienen, etc.
- Recursos sociales: grado de organización, asociatividad, trabajos colectivos, posibles sinergias entre organizaciones, etc.
- Análisis del paisaje y recursos naturales: clima, precipitación anual, meses de sequía, temperatura promedio, afectación de vientos, calidad y tipo de suelos (si están erosionados, compactados, inundados, contaminados o en buen estado, textura, fertilidad, etc.), existencia de ecosistemas naturales, estado de la vegetación natural, estado de salud o degradación del ecosistema, especies predominantes o indicadoras, especies nativas y cultivadas, fuentes de agua, calidad del agua; si existen fuentes de nutrientes cercanas: ceniza, carbón, estiercol de animales o residuos industriales, etc.
- Recursos físicos: Infraestructuras (bodegas, galpones, viviendas, cabañas, reservorios, piscinas, etc.), equipamientos y herramientas disponibles, servicios básicos (agua potable, luz eléctrica, etc.)
- Recursos financieros: ingresos de las personas implicadas, capacidad de inversión y/o de endeudamiento, acceso a crédito, acceso a mercados locales, canales de comercialización, etc.

El siguiente paso es la identificación y caracterización de los *ecosistemas de referencia*, en nuestro caso, el bosque montano andino. Debemos ubicar los remanentes de estos ecosistemas más cercanos, en las quebradas, cerca de ríos o esteros, parches o áreas de conservación públicas o privadas. Analizar en qué fase sucesional se encuentran en función de su estructura, composición vegetal, especies y familias botánicas

predominantes, condiciones ambientales, tipo y características de los suelos, etc. Cuanto más detallado sea nuestro análisis y conocimiento del ecosistema natural de referencia, tendremos más elementos para realizar un mejor diseño de nuestro sistema agroforestal análogo.

Una vez identificado y caracterizado nuestro ecosistema natural de referencia, el siguiente paso en nuestra planificación agroforestal será elaborar un *listado de especies*, si es posible, con las personas que van a implementar y manejar los sistemas agroforestales y tomando en cuenta las observaciones realizadas durante nuestro diagnóstico. Es decir, debemos priorizar y seleccionar las especies en función de los objetivos planteados: ¿restauración, producción, conservación?, ¿qué especies queremos cultivar?, ¿con qué especies o cultivos tenemos más experiencia?, ¿cuál es el potencial económico y ecológico de estas especies?, ¿cuáles son sus costos de producción y posibles beneficios? y, sobretodo, debemos seleccionar aquellas especies disponibles y mejor adaptadas al clima, altitud y a los suelos del lugar.

Una vez seleccionadas las especies de interés, debemos hacer una caracterización de las mismas, a través de una investigación bibliográfica o consultando a los expertos locales; en esta caracterización de las especies es importante identificar su contexto natural de origen, sus características, necesidades, usos y funciones. A modo de ejemplo, recomendamos recopilar la siguiente información:

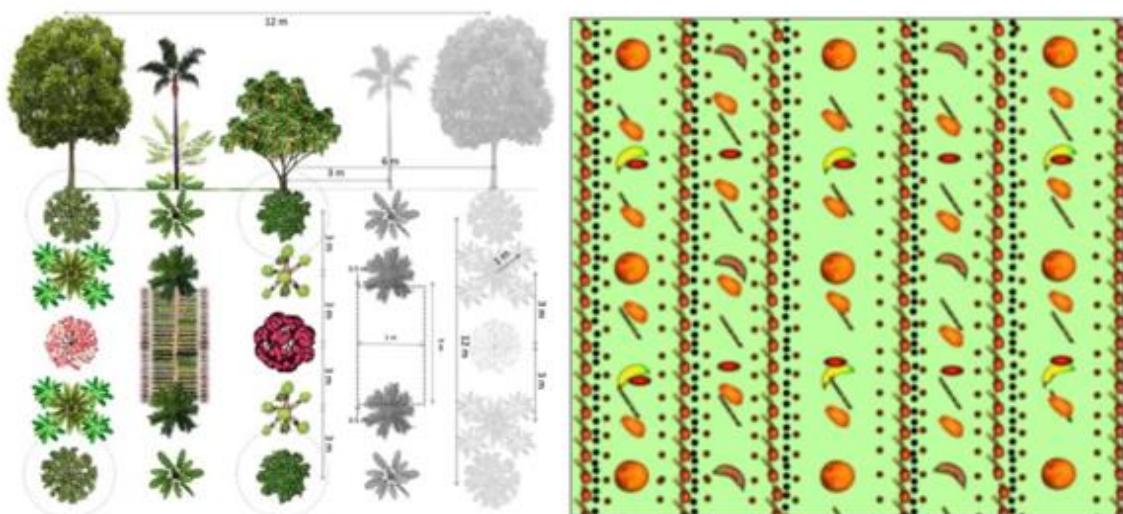
- Familia, nombre botánico y nombres comunes
- Forma, hábito (árbol, arbusto, palma, herbácea, trepadora, rastrera)
- Origen (hábitat y ecosistema de donde proviene)
- Rango altitudinal (en qué rango de altitud se desarrolla naturalmente)
- Descripción y características (raíces, tallo, hojas, frutos, flores)
- Estrato (emergente, alto, medio, bajo, rastrero)
- Grupo sucesional (pionera, secundaria, primaria)
- Ciclo productivo (en qué tiempo y durante cuánto tiempo produce)
- Propagación (por semilla, estaca, planta, hijuelo, etc.)
- Fenología (época de floración, fruto, semilla)
- Requerimientos ambientales (luz, fertilidad, humedad, etc.)
- Usos (alimento, forraje, medicinal, madera, ornamental, cerca viva, etc.)
- Funciones (fija nitrógeno, atrae polinizadores, alimento para dispersores, genera materia orgánica, etc.)

Una vez hemos definido qué especies vamos a incluir en nuestros sistemas agroforestales y sus características, vamos a planificar los diferentes *consorcios de especies* que se van a ir sucediendo en el tiempo, como vimos en el capítulo anterior. Para ello, necesitamos conocer el **estrato** que ocupa cada especie en su consorcio, su **grupo sucesional** y, si es posible, su **ciclo productivo**, es decir, en qué tiempo produce y durante cuánto tiempo. Con esta información ya podemos elaborar nuestra *matriz de consorcios*, como podemos ver en el siguiente ejemplo para un SAFS interandino:

Estratos / tiempo	Pioneras (varios meses)	Secundarias 1 (6 meses a 2 años)	Secundarias 2 (2 a 15 años)	Secundarias 3 (15 a 80 años)	Primarias (+80 años)
Emergente 20%	Maíz	Higuerilla	Eucalipto, capulí	Cedro, palma de cera	Araucaria, ceibo, romerillo
Alto 40%	Yacón, chocho	Quinua, amaranto	Aguacate, chirimoya, guaba	Tochte, Aliso, aguacate, chirimoya	Tochte, cedro
Medio 60%	Avena, trigo	Uvilla, ají, chilca	Durazno, manzana, higo, tilo, portón yalomán, laurel	Pumamaki, quishuar, arrayán	
Bajo 80%	Fréjol, sambo	Trébol, vicia, mimosa	Limón, mandarina	Regeneración natural	

El siguiente paso de nuestra planificación agroforestal consiste en realizar un dibujo o un esquema donde vamos a graficar la composición de nuestro SAFA. Este es un ejercicio creativo fundamental para entender y visualizar cómo vamos a sembrar las especies, a qué distancia, en qué densidad, en qué orden, etc. Es importante que realicemos nuestro croquis a escala, es decir con unas proporciones y distancias más o menos reales.

Existen muchas formas de realizar este *croquis*, desde sofisticados programas de diseño para computadora hasta un simple dibujo con lápices de colores. Recomendamos empezar por lo más simple y dibujar, cuantas veces sea necesario, nuestro croquis en papelotes u hojas de papel, con marcadores, esferos o lápices de colores hasta lograr un buen diseño. A continuación podemos observar algunos ejemplos:



Nota: croquis extraídos de pretaterra.com (izquierda) y de Yana W, Weinert H. (2001)

Una vez definidas las especies y ubicadas en el tiempo y en el espacio, ya podemos calcular la cantidad de plantas y materiales de siembra que vamos a necesitar para implementar nuestro sistema agroforestal.

El último paso de este proceso, previo a la implementación, es la *planificación logística*. Esto implica elaborar un cronograma detallado y valorado de actividades para la recolección, adquisición y organización de los materiales de siembra, preparación del área y suelos, siembras, etc. Esto implica definir tiempos destinados para cada actividad y los recursos necesarios (humanos, financieros, materiales, etc.). Con toda esta información podremos elaborar un presupuesto mucho detallado y realista de nuestra intervención.

Cuando se trata de procesos institucionales o comunitarios de restauración ecológica o de producción asociativa es importante definir e implementar un *sistema de monitoreo*, con diferentes indicadores (verificables) ecológicos, sociales y económicos, así como las metas propuestas, de forma que podamos ir midiendo el desempeño de nuestras acciones y el desarrollo del agroecosistema. Cuando trabajamos en la gestión de recursos naturales es muy importante adoptar el enfoque del *manejo adaptativo*, que consiste en revisar periódicamente los impactos de las acciones implementadas y modificarlas en caso de ser necesario, para obtener mejores resultados (Proaño, R.; Duarte, N. 2018).

Implementación de SAFS

A continuación, vamos a exponer cada uno de los pasos necesarios para la implementación de un área con sistemas agroforestales sucesionales (SAFS) en el contexto de la restauración ecológica de bosques montanos andinos.

Preparación de los materiales de siembra y vivero agroforestal

Como vimos anteriormente, los sistemas agroforestales sucesionales contienen una elevada biodiversidad de especies forestales y cultivadas. Por eso, una de las condiciones para poder implementar estos sistemas es disponer de una gran cantidad y diversidad de materiales de siembra como semillas, plantas, estacas, tubérculos, raíces, etc.

Para asegurar un buen establecimiento y desarrollo del agroecosistema, es necesario disponer, desde el inicio, de la mayor parte de especies que van a formar nuestro organismo-bosque; especialmente de las especies pioneras y secundarias. Las especies primarias, en el caso que no se puedan conseguir desde el inicio, por falta de recursos u otros inconvenientes, podrían ser incorporadas durante los primeros años de desarrollo del agroecosistema.

Una vez completamos nuestra lista de especies y sabemos la cantidad que necesitamos de cada una, es momento de recolectar y conseguir todos los materiales de siembra. Es importante mencionar aquí que solo cuando iniciamos con nuestra primera parcela necesitaremos más tiempo y recursos para poder conseguir y preparar todos los

materiales necesarios. Cuando ya hemos implementado varias parcelas en el mismo lugar, es mucho más sencillo reunir los materiales de siembra, ya que disponemos de las cosechas anteriores y, en el caso de los frutales y las especies forestales, podremos ir seleccionando los individuos que mejor se han adaptado y los más productivos, para seguir reproduciéndolos en las nuevas parcelas. Por eso decimos que nuestras parcelas SAFS son *bancos vivos de semillas*.

Para las primeras parcelas, sin embargo, será necesario identificar plantas matrices (o madres) que tengan buenas condiciones en términos de producción, calidad de frutos, adaptación a las condiciones locales, forma adecuada, crecimiento vigoroso, entre otras características. También es necesario disponer de diversas fuentes de semillas o matrices, para aumentar la variabilidad genética y las posibilidades de generar plantas mejor adaptadas y con mejores características funcionales. Siempre que sea posible, es deseable seleccionar matrices locales, que ya se encuentren adaptadas a las condiciones climáticas y a los suelos del lugar.

Debido a la gran cantidad de especies y plantas que conforman nuestros sistemas agroforestales debemos pensar en estrategias que reduzcan al máximo los costos de implementación y la cantidad de insumos y trabajo inicial. Siempre que podamos, sembraremos la mayor cantidad de especies por semilla, ya que el trabajo es mucho menor y permite que las especies se desarrollen y adapten mejor, llenando todos los nichos verticales y horizontales disponibles.

El trasplante de árboles (de vivero) genera mucho estrés para la planta, retardando mucho su crecimiento, hasta que logra adaptarse a las nuevas condiciones ambientales. En muchos casos, cuando existen condiciones ambientales adversas, como una sequía prolongada, no logran sobrevivir; además de los elevados costos (en insumos y trabajo) que requiere la preparación de las plantas y el manejo de un vivero. Otra ventaja de la *siembra directa* es que, a medida que van creciendo las diferentes especies, vamos realizando podas y raleos periódicos, seleccionando los mejores ejemplares y, al mismo tiempo, generando abundante materia orgánica que nos servirá para cubrir el suelo y dinamizar los procesos biológicos del suelo.

Para la *siembra directa en alta densidad* preparamos diferentes mezclas con semillas forestales y nativas - cuánta más diversidad mejor- mezcladas con hojarasca del bosque, con microorganismos nativos, y un poco de tierra fértil o compost. Normalmente, también añadimos especies anuales o de ciclo corto (como hortalizas, maíz, fréjoles, etc.) a nuestras mezclas, ya que éstas contribuyen a mejorar el desarrollo de las especies secundarias y primarias. Las semillas más grandes, como algunas especies frutales o forestales (como por ejemplo el aguacate o la guava), las colocaremos a parte para sembrarlas individualmente junto con nuestra mezcla de semillas de soporte.

Algunas especies, sobretodo forestales, requieren de tratamientos especiales para germinar como la *escarificación* (romper la cascara dura de la semilla con una lija o cuchillo o hirviendo las semillas por unos segundos) o poner las semillas en remojo en agua tibia por unos días antes de sembrarlas. Estos "trucos" son parte de la investigación que debemos hacer durante la fase de planificación (*caracterización de especies*) con el

fin de conocer en profundidad cada una de las especies que vamos a incluir en nuestra parcela.

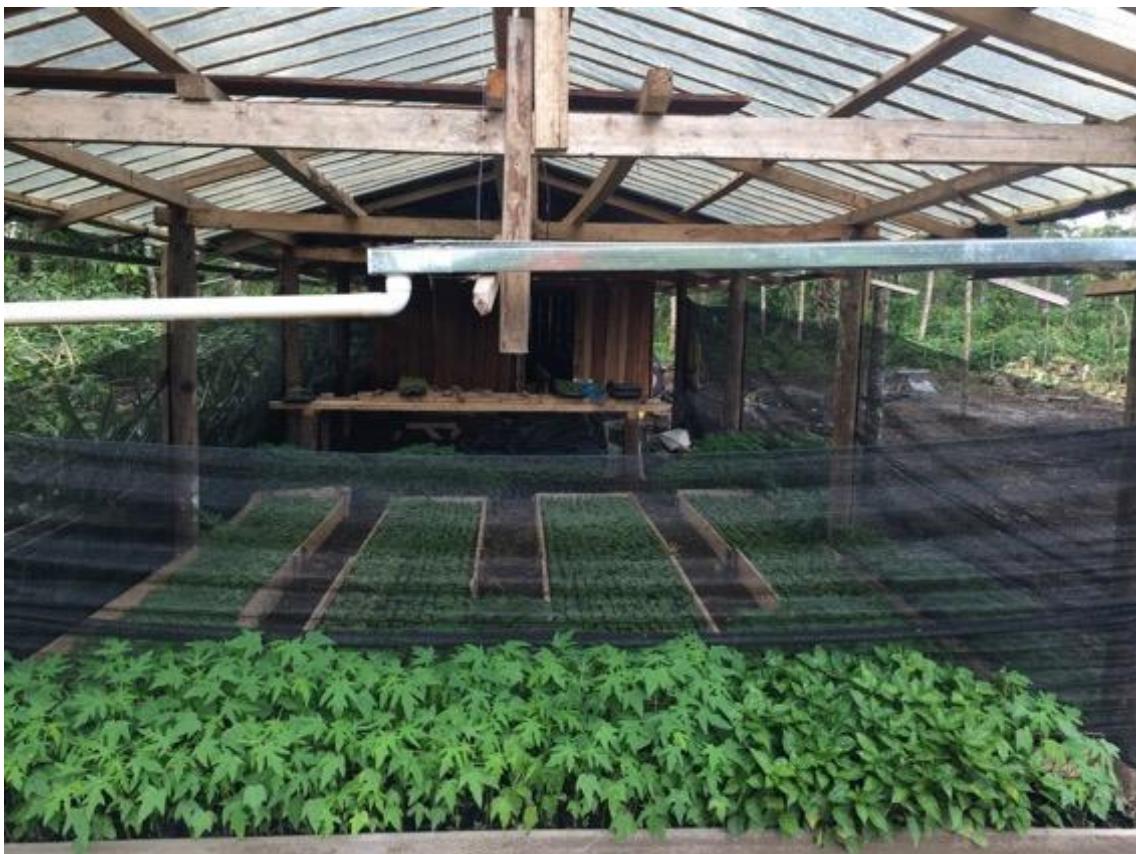
Como podemos ver, en esta fase del proceso de implementación, requerimos, no solo de los materiales o insumos para la siembra (como semillas, plantas, abonos, etc.), sino también de espacios apropiados para la preparación y organización de todos estos materiales. Aunque la mayor parte de los materiales de siembra sean semillas, en muchos casos será necesario disponer de un **vivero agroforestal**, con espacios adecuados para diferentes actividades como la siembra en semilleros, reproducción o propagación, crecimiento, aclimatación, preparación y almacenaje de sustratos y abonos, entre otras.

Para la ubicación de un área apropiada para establecer nuestro vivero agroforestal debemos considerar algunos elementos:

- Disponibilidad de una fuente **agua de riego** (sin cloro) permanente. *Por cada 1000 plantas se requiere de unos 300 litros de agua por semana.* Es importante tener en cuenta que, en todas las áreas cubiertas del vivero, podemos instalar sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia.
- **Espacio suficiente.** El vivero debe tener un tamaño apropiado para trabajar con comodidad y de acuerdo al área de plantación o tamaño del proyecto que vamos a realizar. Normalmente calculamos *20 m² por cada 1000 plantas*, sin contar las áreas cubiertas de bodega o para la preparación de abonos y sustratos.
- **Protección del viento.** En caso de no existir una protección natural de vegetación como cercas vivas o cortinas rompe-vientos, debemos construir algún tipo de estructura externa que proteja a nuestro vivero de los vientos fuertes que, además de secar el ambiente, pueden llegar a dañar la estructura y materiales del vivero (plásticos, mallas, etc.)
- **Protección de animales.** Es importante disponer de un cerramiento adecuado del vivero para evitar el ingreso de animales domésticos o salvajes que, en muy poco tiempo, pueden destruir gran cantidad de plantas y perder mucho trabajo y recursos invertidos.
- El vivero debe estar en un lugar libre de inundaciones, con buenos drenajes y sin sombra de árboles u otras estructuras cercanas. Una parte del vivero (ombráculo) puede estar bajo la sombra de un árbol, como veremos más adelante.
- El vivero debe estar cerca del área donde vamos a sembrar, para evitar traslados innecesarios y que se dañen las plantas durante el transporte.
- Acceso a materiales y herramientas necesarias. Es importante disponer de bodegas apropiadas para almacenar nuestras semillas, herramientas, etc. y de áreas cubiertas para la preparación y mezcla de sustratos y abonos, cerca o en áreas adosadas al vivero.

Nuestro vivero agroforestal deberá tener, al menos, los siguientes espacios interiores y exteriores:

- **Semilleros o almácigos.** Pueden ser camas elevadas en el suelo o bandejas de germinación (colocadas sobre mesas). Dependiendo de los requerimientos de las plantas podemos tener camas o bandejas a pleno sol (bajo plástico de invernadero) o en media sombra. Para este espacio necesitamos una superficie de al menos *0,5 m² por cada 1000 plántulas*. Para garantizar una buena germinación de las plantas, necesitamos disponer de sustratos bien preparados y mantener una humedad adecuada de forma permanente. En este caso, lo mejor es disponer de un sistema de riego automático por nebulización aérea.
- **Área de crecimiento.** Este es un espacio más amplio que puede estar a nivel de suelo, en hileras o en camas, donde vamos a ir colocando las fundas o bandejas con tubos o en mesas elevadas, lo cual facilita bastante el manejo y la comodidad de los trabajadores. Dependiendo de las especies y del clima local, se requiere de un área a pleno sol (con plástico de invernadero), sobretodo durante las primeras semanas desde el repicado (primer trasplante del semillero a la funda), y otra áreas con media sombra (con malla sarán). Para mantener la humedad constante en estas áreas lo ideal es disponer de un sistema de riego automático por nebulización aérea o, en su defecto, se puede regar de forma manual con una manguera con un riego fino y disperso, tipo ducha.
- **Áreas de aclimatación.** Estos son espacios exteriores, lo más cercano posible al área donde van a ser sembradas las plantas definitivamente, donde vamos a ir colocando las plantas más grandes (con más de un año) para que se “acostumbren” a las condiciones ambientales y climáticas que van tener después de su trasplante definitivo.
- **Bodega de semillas.** En este espacio necesitamos disponer de mesas de trabajo, armarios o estanterías donde ir colocando los frascos (de plástico o vidrio) con las semillas que vamos a ir recolectando para germinar en el vivero o para la siembra directa. Debemos tener a la mano materiales como estiquetas, marcadores, etc. para ir organizando nuestra colección de semillas.
- **Bodega de herramientas y materiales.** Este es un espacio imprescindible para guardar nuestras herramientas de trabajo (azadones, rastrillos, palas, carretillas, tijeras, etc.) y materiales (fundas, bandejas, tubos, etc.) de forma ordenada y accesible.
- **Área de sustratos y abonos.** Esta puede ser un área externa y cubierta, adosada o próxima al vivero, donde vamos a preparar nuestros sustratos para los semilleros, fundas o tubos y nuestros abonos o fertilizantes naturales. Debemos tener en cuenta que necesitamos espacios diferenciados para recibir los materiales necesarios para preparar los sustratos y abonos (arena, tierra negra, cascarilla de arroz, cascajo, etc.) y otra área para preparar las mezclas, teniendo en cuenta que los abonos tipo compost o bocashi requieren del doble de espacio de su tamaño para darles la vuelta periódicamente. También es importante considerar que este espacio debe tener acceso vehicular grande, para poder descargar los materiales con camiones, volquetas, camionetas, etc.



Nota: en esta imagen podemos observar algunos de los espacios del vivero, en primer plano un área de crecimiento de plantas enfundadas, en segundo término 4 camas elevadas que funcionan como semilleros, más al fondo podemos observar una mesa para bandejas de germinación y al fondo se puede observar la bodega de semillas y herramientas.

Selección y preparación del área

Para escoger un área adecuada para la implementación de una parcela con SAFS existen ciertos criterios y prioridades que debemos tener en cuenta:

- Áreas de **importancia ecológica** a escala de paisaje: áreas importantes para la concetividad de remanentes de ecosistemas naturales, áreas de importancia hídrica (alrededor de cursos o fuentes de agua, cabeceras de microcuencas hidrográficas, etc.)
- De preferencia escoger **áreas ya intervenidas y degradadas**, como pastizales abandonados, plantaciones forestales sin manejo o parcelas cultivadas anteriormente y con suelos degradados, etc.
- **Áreas con abundante vegetación y suelos cubiertos**, si es posible con presencia pastos, arbustos y arboles, mejor, para disponer de suficiente materia orgánica para la implementación del sistema.
- **Áreas cercanas a infraestructuras**, como una vivienda, vivero o bodega donde podamos guardar los materiales necesarios como plantas, semillas, abonos, herramientas, etc. y procesar los productos que vamos cosechando sin necesidad de recorrer largas distancias.
- **Protección de animales.** Es importante escoger una ubicación que se encuentre protegida de animales domésticos (vacas, gallinas, chanchos, etc.) y otros

animales silvestres que puedan dañar o afectar a las plantas recién sembradas. En algunos casos será necesario realizar algún tipo de cerramiento para proteger la parcela en su primera fase de establecimiento.

- **Proximidad de áreas de bosque natural.** Esto nos ayudará bastante en diferentes aspectos como en el control biológico de plagas, como protección natural de los vientos, en acelerar la regeneración natural de la parcela agroforestal por las semillas traídas por la fauna silvestre, en la disponibilidad de materia orgánica en los bordes que podemos incorporar a la parcela, etc.
- **Recorrido del sol.** Debemos observar la dirección del sol respecto a la ubicación de las líneas de nuestro SAFA, de forma que las especies que necesitan más luz no queden sombreadas por otras especies o áreas de bosque natural cercanas.
- **Analizar los flujos de agua.** Observar por donde circula el agua cuando llueve, si hay signos claros de erosión o inundación. Si es necesario construir canales o zanjas de infiltración (en zonas secas) o de drenaje (en zonas muy húmedas). En lugares con una estación seca prolongada, debemos considerar si existen fuentes de agua permanente cercanas o si es necesaria la construcción de infraestructuras para almacenar agua de la lluvia (reservorios, cisternas, estanques, etc.) para poder regar durante la época seca.
- **Analizar las pendientes del terreno.** De preferencia escogeremos áreas más planas o con ligeras pendientes (hasta un 15%) para facilitar los trabajos de manejo, cosechas, etc. Para pendientes superiores al 20% se puede considerar la siembra en curvas a nivel o en línea clave (líneas paralelas a una curva a nivel); y para pendientes mayores tal vez sea necesario el establecimiento del cultivo en terrazas. En cualquier caso, cuando existe una pendiente considerable es importante colocar toda la materia orgánica leñosa (troncos, ramas) de forma perpendicular a la pendiente (en curvas a nivel) para retener la mayor cantidad posible de agua y nutrientes.
- **Condiciones del suelo.** Es importante observar las características del suelo: su textura, si es más arenoso o arcilloso; los contenidos de materia orgánica (si es más oscuro o más claro); observar plantas indicadoras de acidez o alcalinidad; si está compactado o suelto, podemos hacer un hueco o arrancar algunas plantas de raíz para observar la profundidad que alcanzan las raíces, si crecen rectas o viradas, etc. Existen muchas técnicas para el diagnóstico rápido de suelos en el campo, todo depende, como siempre, del tiempo y los recursos disponibles.
- **Viento.** Observar de qué lado vienen los vientos predominantes, si son fuertes, si hay árboles grandes caídos o virados, etc. En algunos casos, será necesario considerar el establecimiento de barreras vivas y cortinas rompe-vientos para proteger nuestra parcela, considerando que el viento también puede traer insectos ("plagas") y muchas semillas de especies no deseadas.
- **Fuego.** En áreas con estaciones secas prolongadas también es importante considerar el riesgo de incendios, averiguar si los hubo anteriormente, ¿cuál fue la causa? ¿de dónde vinieron? (muy relacionado con los vientos y las pendientes). En estos casos, será mejor buscar áreas con protecciones naturales contra incendios como esteros, ríos o incluso carreteras y, si no existen, tal vez será necesario construir algunas infraestructuras como canales o reservorios que acumulen humedad, así como barreras vivas con varios estratos de especies resistentes al fuego.

Una vez hemos identificado el área adecuada para la implementación de nuestra parcela de restauración ecológica, vamos a proceder a limpiar y marcar los linderos. Para ésto, mediremos el área con una cinta métrica larga y limpiaremos al menos 1 metro de ancho de vegetación a lo largo del lindero, para poder colocar estacas de madera resistente o varillas de metal donde luego templaremos una piola resistente para delimitar nuestra área de intervención.

Instalación de la parcela SAFS

Existen diferentes métodos y técnicas para implementar sistemas agroforestales sucesionales, dependiendo de la disponibilidad de recursos, tiempo, herramientas, maquinaria, extensión del área y uso del suelo anterior del área de intervención. Cuando se trata de áreas pequeñas (hasta 1 hectárea), es viable hacerlo de forma manual, con la ayuda de herramientas y maquinarias pequeñas como motosierras, motoguadañas, motoazadas o motocultores. Para extensiones más grandes se requiere de otro tipo de maquinaria como tractores con subsoladores, sembradoras y otros implementos acoplados.

Sin duda, uno de los factores más importantes a la hora de instalar nuestra parcela es el uso del suelo anterior del área. Utilizaremos diferentes métodos y técnicas para instalar una parcela en un potrero degradado, en un matorral andino, en un plantación forestal o en un área en barbecho, donde antes se sembraron monocultivos anuales (como maíz o alverja). También se puede convertir un cultivo permanente ya sembrado de forma convencional (por ejemplo, de cítricos, tomate de árbol o aguacate) en un sistema agroforestal biodiverso y sucesional.

En este manual, nos centramos en la transformación de un área donde existe una plantación de eucalipto sin manejo a un sistema agroforestal biodiverso con especies nativas y frutales. Normalmente seguiremos el siguiente proceso de instalación:

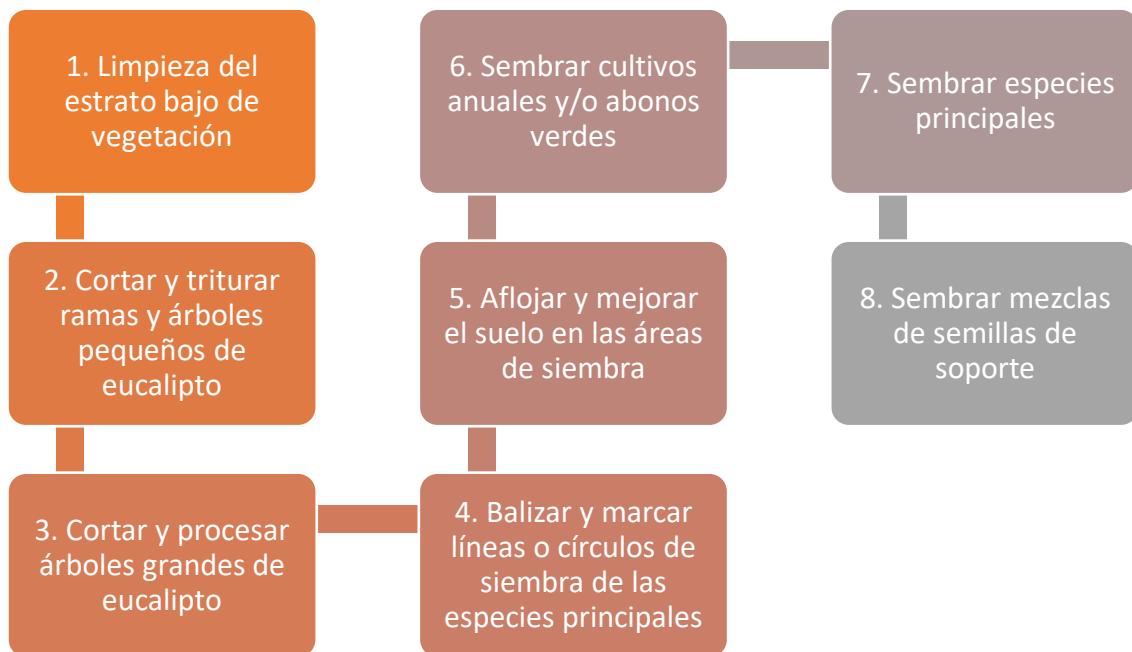
1. *Limpieza del sotobosque o estrato bajo de vegetación.* Con la ayuda de machetes, rastrillos y una desbrozadora cortaremos y picaremos lo más pequeño posible toda la vegetación herbácea y arbustiva del estrato bajo del sotobosque de la plantación de eucalipto, que incluye *moras silvestres*, *chilcas*, *espinos amarillos*, *izo*, *mimosa*, entre otras especies que, en su mayoría, volverán a rebotrar en poco tiempo. En esta fase puede ser muy útil una picadora o trituradora de materiales de poda. A medida que vamos picando todo el material lo vamos a ir distribuyendo de forma homogénea por todo el terreno. En caso de que existan algunas especies secundarias o primarias nativas de interés (por ejemplo, guabas, casanto, pumamaki o arrayán, las dejaremos sólo desbrozando a su alrededor. En este fase del proceso también es posible introducir animales hervívoros como vacas, borregos, chivos o camélidos andinos, de forma controlada, para que nos ayuden a desbrozar el terreno y, al mismo tiempo, a fertilizarlo con su estiércol.
2. El siguiente paso será *ralear o cortar todos los árboles de eucalipto pequeños* (menores a 10 cm de diámetro), lo más cerca posible del suelo. Podemos aprovechar toda esta madera para hacer postes de un cerramiento, para construir infraestructuras o como leña. Si disponemos de una chipeadora o

trituradora de ramas y material de poda, podemos ir triturando toda la madera de las ramas y troncos pequeños y distribuyéndola de forma homogénea para cubrir todo el suelo. Algunos estudios (Lemieux, G. & Lapointe, R. A. 1989) y muchas experiencias en Canadá y Brasil han demostrado los múltiples beneficios ecológicos y aumentos considerables de la productividad y rendimientos en los cultivos donde se aplicó este material forestal triturado.

3. A continuación *cortaremos los árboles de eucalipto más grandes* y los prepararemos para los diferentes usos que queramos darles como construcción, leña, etc.
4. Luego procedemos a *balizar o marcar las líneas o círculos de siembra*, con la ayuda estacas resistentes vamos a ir marcando el patrón de siembras de acuerdo al diseño preestablecido. Por ejemplo, si vamos a sembrar una línea de frutales con aguacates y cítricos (limón y mandarina) intercalados a 8 x 4 m, marcaremos los aguacates (estrato medio) con una estaca larga (2 m) y los cítricos (estrato bajo) con una estaca pequeña. Entre cada línea de frutales, podemos sembrar una línea de soporte donde vamos a colocar nuestra mezcla de semillas de soporte y, por ejemplo, un aliso o guaba, cada dos metros. En este caso, marcaremos con estacas cada dos metros como referencia para la siembra de los alisos y guabas.
5. Dependiendo del estado de degradación del suelo, el siguiente paso será *aflojar el suelo* de las líneas o círculos de siembra (al menos 1 metro de ancho) y *fertilizarlo con abonos naturales*. En esta etapa será muy útil disponer de un análisis de suelo de laboratorio que nos de más información sobre el estado del mismo. Con la ayuda de un azadón vamos a ir aflojando el suelo, sin virar los horizontes del suelo, es decir manteniendo la misma estructura del suelo. A continuación vamos a “mejorar” el suelo, en función de sus características, aplicando abonos naturales como cal agrícola, cal dolomita, polvo de rocas, compost o abonos fermentados tipo bocashi, etc. Para facilitar el trabajo de incorporación superficial de estos materiales, cuando el suelo está bastante suelto, podemos usar un motocultor con “rotavator” o motoazada para realizar un arado superficial (no más de 20 cm), si no disponemos de estos equipos lo haremos de forma manual, con la ayuda de azadones, palas y rastrillos. Finalmente cubriremos las líneas o círculos de siembra con abundante materia orgánica triturada.
6. A continuación vamos a *sembrar nuestros cultivos anuales* (maíz, fréjol, sambo, zapallo, chochos, habas, alverja, etc.) y/o *abonos verdes* en las líneas o círculos de siembra. Si el suelo del área se encuentra en buenas condiciones podemos sembrar toda la parcela como si se tratara de un cultivo convencional, para obtener unas buenas cosechas de ciclo corto e incorporar toda la materia orgánica como abono verde, que contribuirá a mejorar las condiciones del suelo para el desarrollo de las especies secundarias de nuestro agroecosistema.
7. Luego vamos a *sembrar las especies principales del sistema* (frutales, nativas, etc.) que hemos balizado previamente. Cuando sembramos plantas de vivero, realizaremos huecos de al menos el doble o el triple del tamaño de las raíces de la planta que vamos a sembrar e incorporaremos una dosis extra de abonos naturales como compost, ceniza, polvo de roca, harina de hueso o de pescado, si disponemos de ellos, para “mimar” un poco a estas especies más delicadas.

- Finalmente vamos a *sembrar nuestra mezcla de semillas de soporte* o especies forestales y nativas de servicio, en función de nuestro diseño agroforestal, con el fin de incorporar la mayor densidad y biodiversidad posible en nuestro agroecosistema. Estas mezclas deben contener especies nativas o útiles adaptadas al lugar de todos los estratos posibles y de todas las fases sucesionales posibles (pioneras, secundarias y primarias). Por ejemplo, podemos sembrar un puñado de esta mezcla cada 0,3 o 0,5 metros.

Veamos, a continuación, el resumen esquemático de este proceso en 8 pasos para la transformación de una plantación de eucalipto a un sistema agroforestal sucesional:



Manejo agroecológico de SAFS

Una vez implementado nuestro sistema agroforestal, comienza nuestro trabajo de manejo del agroecosistema. Si seguimos las recomendaciones del capítulo anterior, la naturaleza y la biodiversidad se encargarán de la mayor parte del trabajo, aunque nuestro rol como dinamizadores del procesos ecológicos es fundamental. Como vimos anteriormente, con un buen manejo agroecológico aceleramos la sucesión y la regeneración natural, el reciclaje de nutrientes y aumentamos la productividad del sistema.

Las principales técnicas que utilizamos en el manejo agroecológico de los sistemas agroforestales sucesionales son: (1) roza, (2) deshierba selectiva y diferentes tipos de (3) podas.

Para llevar a cabo estas prácticas de manejo es esencial disponer de herramientas adecuadas para cada tarea y en buen estado de mantenimiento. Para realizar un trabajo de calidad y de forma eficiente debemos aprender a manejar cada herramienta de forma correcta y a realizar un riguroso mantenimiento, antes y después de cada uso. Por

ejemplo, un machete mal afilado (o mal usado) puede hacer que un trabajo de poda se demore más del doble del tiempo necesario y además perjudicamos al árbol, dificultando el proceso de rebrote, facilitando la entrada de enfermedades (como hongos o bacterias) y atrayendo insectos que pueden causar daños a la planta.

Normalmente, las herramientas, maquinaria y equipos más utilizados para el manejo de nuestros sistemas agroforestales son: machete, sierra manual de poda, tijeras de poda, escaleras, motosierra pequeña, motoguadaña o desbrozadora, picadora de pasto o trituradora de material de poda y, en sistemas más maduros, equipos de seguridad y protección personal como cascos, guantes, botas, gafas, cuerdas, arneses, mosquetones, etc.

Roza

En la agricultura convencional, entendemos “rozar” como sinónimo de desbrozar, es decir, cortar toda la vegetación herbácea y arbustiva que se encuentra por debajo de nuestros cultivos permanentes o cuando eliminamos toda la vegetación de los estratos bajos de un lugar para implementar un cultivo de ciclo corto o anual. Esta tarea puede realizarse de forma manual con machete o guadaña o con maquinaria liviana como la desbrozadora o motoguadaña.

En nuestro contexto, nos referimos a cortar un pasto u otras plantas herbáceas de soporte como coberturas y abonos verdes (fréjoles, gramíneas, etc.). Esto, normalmente, se realiza cuando vamos a implementar una parcela en un área con pastizales o con cultivos anuales o, en sistemas más avanzados, cuando sembramos pastos u otras especies de soporte (abonos verdes) en el estrato bajo para ser rozados periódicamente, incorporando la materia orgánica resultante en las líneas de nuestros cultivos principales.

Deshierba selectiva

Existen muchos métodos de *deshierba* en la agricultura tradicional y convencional. Desde la tradicional quema controlada, pasando por el uso de herbicidas como el glifosato, hasta el uso de quemadores o sopletes que se está usando bastante en la agricultura orgánica. Todos estos métodos tienen impactos negativos en el suelo y en todo el ecosistema, por no hablar de los riesgos para la salud humana.

También hay otras prácticas tradicionales menos “agresivas” como raspar el suelo con el azadón o con el machete, para “limpiar” todas las “malezas” de nuestras parcelas. Estas prácticas implican mucho trabajo y tiempo y son una lucha constante *contra* el poder de regeneración de la naturaleza, en la que siempre terminamos perdiendo, sobretodo en los climas tropicales.

Todos los espacios o nichos que no hemos ocupado con plantas cultivadas, la naturaleza se encarga de ocuparlos con estas especies, mal llamadas “malezas” o “malas hierbas”, que no son tan malas como parece porque contribuyen a mejorar las condiciones de vida del lugar y la calidad del suelo.

Si nos fijamos en los ecosistemas naturales, observamos que la naturaleza nunca deja el suelo descubierto y, cuando nosotros lo hacemos, rápidamente aparecen las especies pioneras, normalmente gramíneas y otras herbáceas, para llenar estos nichos vacíos.

Entonces, cuando aparecen estas “malezas” en nuestros cultivos, quiere decir que no hemos sembrado suficientes especies para llenar todos los nichos disponibles en el sistema y que no estamos aprovechando bien el espacio. Ahí comprendemos que las “malas” no son las hierbas, sino que existe una falta de manejo de nuestra parte. En realidad, es muy difícil que logremos llenar todos los nichos y espacios disponibles en el agroecosistema, por eso siempre tratamos de cubrir todo el suelo con material vegetal y realizamos *deshierbas selectivas* cada cierto tiempo.

En la **deshierba selectiva** arrancamos de raíz solamente las gramíneas y otras herbáceas o plantas invasoras (que se expanden muy rápidamente) cuando llegan a su estado de floración, antes de que aparezcan las semillas. Esta actividad acelera la sucesión natural y favorece el desarrollo del resto de árboles y cultivos.

Podas

El manejo de los diferentes tipos de poda en los sistemas agroforestales sucesionales es quizás uno de los elementos más importantes que diferencia a este sistema de producción de otros métodos agroforestales o de la agricultura ecológica.

Las podas permiten la entrada de luz solar para que puedan desarrollarse los diferentes estratos de vegetación. Eliminando los individuos que ya han cumplido su función en el agroecosistema y podando periodicamente las especies de soporte y nuestros cultivos permanentes, logramos dinamizar todo el agroecosistema, acelerando los procesos de sucesión natural, regeneración natural y el reciclaje de nutrientes.

A través de la incorporación continua de la materia orgánica que obtenemos de las podas y las deshierbas al suelo, aceleramos el flujo de carbono y aportamos nutrientes al suelo, mejorando su estructura y fertilidad. Esto, además, provoca un estímulo positivo de crecimiento para todas las plantas que se encuentran alrededor y para el sistema en su conjunto.

En el caso de los eucaliptos, entre otras especies que seguirán rebrotando cada vez que las cortemos, realizamos un *raleo* (corte selectivo) cada año en el que vamos seleccionando los individuos más vigorosos y saludables, cortando los demás en la base, a ras de suelo. Como vimos en la estratificación recomendada para las especies emergentes, nuestro objetivo es que la densidad de los eucaliptos no supere el 20% del área. En la poda de raleo, normalmente eliminamos árboles y arbustos que presentan malformaciones o crecen inclinados, con copas muy anchas o superpuestas, que no se están desarrollando bien o están enfermos.

Para las especies frutales y de servicio normalmente realizamos *podas de formación, podas sanitarias, podas de producción y de estratificación*, entre otras.

La poda es un arte milenario y cada especie tiene sus secretos, que tendremos que ir aprendiendo a base de mucha práctica y experimentación. No existen recetas o reglas estrictas para las podas, depende de muchos factores ambientales, del desarrollo de cada especie, del momento de la sucesión, la época del año o de los objetivos de nuestra intervención. Normalmente utilizamos una motosierra pequeña para las ramas grandes, y la sierra manual, tijeras de poda y un machete bien afilado para las más delgadas.

Referencias

- Ulloa, C. y P. M. Jørgensen (2004) "Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador" http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=201
- SER (2004) *The SER primer on ecological restoration*. Society for Ecological Restoration, Science & Policy Working Group). <http://www.ser.org/>
- Yapa, K. (2013). *Prácticas ancestrales de crianza de agua. Una guía de campo*. Quito: PNUD / BCPR / SNGR.
- Aguilar-Garavito, M., & Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Gras, E. (2012). *Cosecha de Agua y Tierra. Diseño con permacultura*. Teruel: EcoHabitar
- Senanayake, R., 1987. *Analog Forestry as a conservation tool*. FAO, Bangkok. Tiger Paper 14(2): 25-29;
- Hart, R.D., 1980. *Natural Ecosystem Analog Approach to the design of a successional crop system for tropical forest environments*, in Tropical succession pp.73-82.
- Miccolis A. (et al.). 2016. *Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: ISP/ICRAF
- Proaño, R.; Duarte, N. 2018. *Planificación para la implementación de prácticas de restauración a escala local*. En: Proaño, R.; Duarte, N.; Cuesta, F.; Maldonado, G. (Eds.). 2018. Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. CONDESAN. Quito-Ecuador.
- Götsch E. 1992. Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery. Piraí do Norte, Fazenda Três Colinas, 19 p. (no publicado)
- Yana W, Weinert H. 2001. *Técnicas de sistemas agroforestales multiestrato. Manual práctico*. Sapecho: PIAF - El Ceibo
- Milz J. 1997. *Guía para el Establecimiento de Sistemas Agroforestales*. La Paz: DED Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica
- Lemieux, G. & Lapointe, R. A. (1989) "La régénération forestière et les bois raméaux fragmentés: observations et hypothèses". Département des Sciences Forestières de l'Université Laval, Québec, 223 pages. Publication no. ER89-1276.